

Tommi Karhinen

# HYÖDYT YHTENÄISESTÄ TUOTANNONOH- JAUSJÄRJESTELMÄSTÄ TALOTYÖMAILLA

Diplomityö  
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta  
Marraskuu 2020

# TIIVISTELMÄ

Tommi Karhinen: Hyödyt yhtenäisestä tuotannonohjausjärjestelmästä talotyömailla  
Diplomityö  
Tampereen yliopisto  
Tuotantotalous  
Marraskuu 2020

---

Tässä työssä tutkittiin yhtenäisen digitaalisen tuotannonohjausjärjestelmän käytöstä havaittavia hyötyjä talotuoannossa. Näiden hyötyjen selvittämisellä tiedetään paremmin, miten merkittävä vaikutus aikataulusuunnittelu- ja tuotannonohjausprosessin yhdistävällä ja selkeyttävällä järjestelmällä on rakennushankkeiden onnistumisen kannalta. Vastaavia lyhyenaikavälin suunnitteluun ja ohjaukseen keskittyvää tuotannonohjausjärjestelmiä ei vielä ole juurikaan ollut käytössä, eikä niiden käytännön toimivuudesta ole riittävästi näyttöä. Tämä tutkimus vastaakin kysymykseen: Miten digitaalinen tuotannonohjausjärjestelmä edistää työmaiden johtamista, tiedonvälitystä sekä suunnitelmallisuutta? Samalla saadaan lisätietoa siitä, miten uusi järjestelmä sopii työmaiden käytäntöihin ja mitä ongelmia sen hyödyntämisessä voi olla. Lopuksi näiden laadullisten hyötyjen merkityksen ymmärtämiseksi havaittuja vaikutuksia arvioitiin rakentamisen tuottavuuden sekä kerääntyvien kustannusten kannalta.

Tutkimuksessa tarkasteltiin järjestelmän käyttöä poikittaistutkimuksena yhdeksällä eri rakennustyömaalla haastatteleamalla niiden työnjohtoa. Näiden haastattelutulosten yleistettävyyden tukemiseksi suoritettiin myös kyselytutkimus työmailla, joissa suurimmalla osalla ei järjestelmä vielä ollut käytössä. Kyselyssä selvitettiin työmaiden digitaalisia valmiuksia sekä järjestelmän ratkaisemien ongelmien merkitystä tuotannonohjauksessa, tiedonhallinnassa sekä työnjohdon ajankäytössä. Empiiristä dataa kerättiin 11 haastattelusta sekä 27 kyselyvastauksesta, joihin osallistui työnjohtajia, vastaavia työnjohtajia sekä työmaainsinöörejä. Tämä pääosin laadullinen aineisto analysoitiin eri työmailta esille nousevien yhtenevyyksien ja eroavaisuuksien löytämiseksi. Lopuksi muuttujia vertailtiin kirjallisuuteen, minkä perusteella muodostettiin kokonaiskuva järjestelmän tuottamista hyödyistä ja niiden merkityksestä.

Tutkimuksen tulosten perusteella työssä osoitetaan, että tarkastelu järjestelmä toimii käytännössä ja, että sillä pystytään vaikuttamaan tuotannonohjausprosessin toimivuuteen merkittävässä määrin. Tämä näkyy tuotannosuunnittelun tarkkuuden, tiedonhallinnan sekä työnjohdon ajankäytön tehostumisena. Näistä oli puolestaan havaittavissa vaikutuksia rakentamisen tuottavuuteen sekä kerääntyviin kustannuksiin. Työn teoreettisen kontribuutiona on ensimmäiseksi se, että tehdyn selvityksen avulla tiedetään paremmin, missä määrin vastaavilla järjestelmillä pystytään ratkaisemaan talotyömailla yleisesti havaittavia ongelmia. Tämän avulla saatiin varmistettua kirjallisuudessa esitettyjen pohdintojen toimivuutta sekä merkitystä käytännön tilanteisissa. Toiseksi työssä saatiin nostettua esille työmaiden toimintamalleihin liittyviä ongelmia sekä osittain selvennettyä työmaiden edellytyksiä uusien järjestelmien käyttöönotolle. Tämän avulla tiedetään paremmin, missä talotyömaiden digitalisaatiossa ollaan menossa ja mitkä olisivat ne toimenpiteet, joilla kehitystä saataisiin vietyä eteenpäin. Kolmanneksi työ rakentaa vielä pohjaa yhtenäisemmän tuotannonohjauksen tutkimiselle ja kehittämiselle jatkossa sekä esittää siihen liittyviä jatkotutkimus tarpeita.

Avainsanat: Tuotannonohjaus, Talotuoantanto, Tuotannonohjausjärjestelmä, Digitalisaatio, Tiedonhallinta, Tilannekuva, Tuottavuus, Rakennuskustannukset.

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

# ABSTRACT

Tommi Karhinen: The benefits of a unified production management system in building construction  
Master's Thesis  
Tampere University  
Industrial Engineering and Management  
November 2020

---

This thesis examines the benefits of a unified digital production management system in building construction. By exploring the different benefits and their significance we can assess the impact of the process unifying system that clarifies the scheduling and production management processes on the success of construction projects. There have been only a few reasonably similar systems in use previously and there is insufficient evidence of their functionality in practice. Thus, this study responds to the question: How does the digital production management system promote site management, communication, and systematic planning? Simultaneously, more information will be provided on how the new system integrates into the site practices and what problems may occur from the system introduction. Finally, to understand the significance of these qualitative benefits, the observed impacts were assessed in terms of construction productivity as well as accrued costs.

This cross-sectional study researched the usage and the benefits of the system at nine construction sites by interviewing site management. To support the generalizability of these interview results, a survey was also conducted at different construction sites of which only a few had the system in use. The survey explored the digital capabilities of those construction sites and the significance of identified problems observed in production control, information management and the time usage of site managers. Empirical data were collected from 11 interviews and 27 survey responses involving site managers, responsible site managers and construction engineers. This mainly qualitative data was analyzed to identify similarities and differences observed on different construction sites. Finally, the variables were compared with literature to form an overall understanding of the benefits provided by the system.

The results show that the system works in practice and that it can significantly improve the functionality of production management process. This is seen as improvements in production planning, information management and time usage of site management. These, in turn, had a noticeable effect on construction productivity and thus, accrued costs. The theoretical contribution of this study is, firstly, that the study provides a better understanding of the extent to which similar systems can solve problems that are commonly observed on construction sites. This clarifies the functionality of previous reflections presented in literature and their implication in practical situations. Secondly, the study highlights some core problems related to the construction site operating models, as well as partially clarifies the preconditions for construction sites for the introduction of new production management systems. This provides a better understanding of the digitalization in building construction and what the next steps are to take development forward. Third, the study lays groundwork and identifies possibilities for further research and development of production management systems and operating models.

Keywords: Production control, Building construction, Production control system, Digitalization, Information management, Situation Picture, Productivity, Construction costs.

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

# ALKUSANAT

Tämän tutkimuksen toimeksiantajana toimi Fluent Progress RT Oy ja se tehtiin osana tuotantotalouden diplomi-insinöörin tutkintoa vuoden 2020 huhti- ja marraskuun välisenä aikana.

Tutkimus oli hyvin opettavainen kokemus, sillä se mahdollisti syventymisen rakennusalan hyvin omanlaiseensa tuotantoympäristöön. Tuotantotalouden pohjilta tässä oli rakennustekniikan taustaopiskeltavaa melkoisesti, eikä vallinnut koronatilanne helpottanut asiaa juurikaan. Mielenkiintoinen tutkimusaihe rakentamisen tuottavuusloikan aikaansaamisessa motivoi kuitenkin hyvin, jolloin hankaluuksien yli päästiin nopeasti. Tässä haluan kiittää työni ohjaajia Teemu Lainetta sekä Kalle Vaismaata, jotka antoivat arvokasta palautetta työn suorituksesta, sisällöstä sekä rakenteesta. Näiden neuvojen avulla työn tekemiseen sai tietyn itsevarmuuden, jonka avulla pystyi tekemään oikeita päätöksiä työn edetessä.

Heidän lisäksi suuri kiitos kuuluu työn toimeksiantajan päädyssä Timo Kohtamäelle mielenkiintoisesta aiheesta sekä avusta työn empirian mahdollistamisessa, Ville Widgrénille, joka otti loistavasti koppia työn eteenpäin viemisessä omien kiireidensä keskellä sekä Jesse Tulilahdelle ja muulle Fluentin väelle panoksestanne työn tekemisessä.

Lopuksi haluan vielä kiittää kaikkia tutkimukseen osallistuneita sekä kohdeyritysten vastuhenkilöitä, jotka mahdollistivat tämän työn tekemisen.

Tästä on hyvä jatkaa eteenpäin,

Heinolassa, 16.11.2020.

Tommi Karhinen

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
1.1 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset .....	3
1.2 Tutkimusasetelma, rakenne ja rajaukset .....	4
2. RAKENTAMISEN KUSTANNUKSET JA TUOTTAVUUS .....	6
2.1 Kustannukset .....	7
2.1.1 Rakennustehtävän suorat kustannukset .....	7
2.1.2 Välilliset aikasidonnaiset kustannukset .....	8
2.1.3 Hankkeen aikaisten kustannushyötyjen mittaaminen .....	9
2.1.4 Aikatauluun sidotut sopimusperusteiset kustannukset .....	10
2.2 Rakentamisen tuottavuus .....	12
3. TUOTANNONOHJAUS TALOTUOTANNOSSA .....	15
3.1 Lean-rakentaminen .....	15
3.1.1 Tuotannon vaihtelu .....	17
3.1.2 Hukka rakennustyömailla .....	19
3.1.3 Viat ja uudelleen tekeminen .....	20
3.1.4 Työvoiman käyttö .....	22
3.1.5 Materiaalien ohjaus .....	23
3.1.6 Hukkaan vaikuttaminen rakennustyömailla .....	24
3.1.7 Rakennustyömaiden hukkatyyppiin yhteenveto .....	25
3.2 Rakennustyömaiden tuotannonohjauksen käytäntöjä .....	26
3.2.1 Last Planner System .....	27
3.2.2 Tuotannonsuunnittelu käytännössä .....	30
3.2.3 Tuotannonohjaus työmaalla .....	32
3.2.4 Last Planner -menetelmän käytännön ongelmia .....	34
3.2.5 Last Planner -menetelmän hyötyjä .....	35
3.2.6 Kehityksen vaikutuksia projektikustannuksiin .....	36
3.3 Tiedonhallinta tuotannonohjauksessa .....	39
3.3.1 Tilannekuva työmaalla .....	41
3.3.2 Projektin onnistumisen seuranta .....	43
3.3.3 Organisaation oppiminen .....	44
3.3.4 Digitaalisten työvälineiden hyödyntäminen .....	45
3.3.5 Tiedon keräys .....	47
3.3.6 Tiedon hyödyntäminen .....	47
3.3.7 Digitaalisen tuotannonohjauksen haasteita .....	48
3.4 Työnjohdon työnkuva .....	49
3.5 Tutkimuksen teoreettisen viitekehyksen yhteenveto .....	52
3.5.1 Tuotannonohjauksen merkitys kirjallisuudessa .....	52
3.5.2 Tutkimuksen teoreettinen kontribuutio .....	53
4. TUTKIMUSMETODOLOGIA .....	55
4.1 Fluent Construction .....	56
4.1.1 Fluent Planner .....	56
4.1.2 Fluent Go! .....	57
4.2 Tutkimusmenetelmät .....	57
4.2.1 Haastattelurungon luominen .....	58

4.2.2	Haastatteluiden toteutus .....	61
4.2.3	Haastatteluiden analysointi .....	63
4.2.4	Kyselyn luominen .....	63
4.2.5	Kyselyn toteutus .....	65
4.2.6	Kyselyvastausten analysointi .....	66
4.3	Tutkimukseen osallistuneet .....	67
4.3.1	Haastattelut .....	67
4.3.2	Kyselytutkimus .....	69
5.	TULOKSET JÄRJESTLEMÄN KÄYTÖSTÄ .....	71
5.1	Vaikutuksia tuotannonohjausprosessiin .....	71
5.1.1	Valmisteleva suunnittelu .....	72
5.1.2	Viikkosuunnittelu .....	73
5.1.3	Toteutumisen seuranta .....	75
5.1.4	Dokumentointi .....	77
5.1.5	Hankkeista oppiminen .....	78
5.1.6	Järjestelmän käyttöönotto .....	80
5.2	Havaittujen hyötyjen vaikutukset tutkimuskysymysten kannalta .....	81
5.2.1	Tuotannonsuunnittelun tarkkuus .....	81
5.2.2	Tiedon jakaminen sekä tilannekuvan ylläpito .....	84
5.2.3	Ajankäyttö tuotannonsuunnittelussa .....	87
6.	JÄRJESTELMÄN POTENTIAALI TYÖMAILLA .....	89
6.1	Työnjohdon näkemyksiä työmaiden tuotannonohjauksesta .....	89
6.1.1	Tuotannonohjauksen toimivuus .....	89
6.1.2	Työmaan tiedonvälitys .....	91
6.1.3	Tuotannonohjauksen digitaalisuus .....	93
6.1.4	Ajankäyttö lyhyenaikavälin suunnittelussa .....	95
6.2	Digitaalisen tuotannonohjauksen kustannusvaikutuksia .....	98
6.2.1	Vertailua kirjallisuuteen .....	99
7.	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	102
7.1	Tulosten yhteenveto .....	103
7.2	Tulosten pohdinta .....	106
7.2.1	Vaikutuksia tuotannonohjauksen tarkentumiseen .....	107
7.2.2	Vaikutuksia tiedonhallintaan .....	110
7.2.3	Vaikutuksia ajankäyttöön lyhyenaikavälin suunnittelussa .....	112
7.2.4	Vaikutuksia rakentamisen tuottavuuteen .....	114
7.2.5	Vaikutuksia rakentamisen kustannuksiin .....	117
7.2.6	Edellytykset järjestelmän hyödyntämiselle .....	119
7.2.7	Tutkimuksen kontribuutio kirjallisuuteen sekä toimeksiantajalle .....	121
7.2.8	Tulosten luotettavuus .....	122
7.3	Johtopäätökset .....	124
7.3.1	Jatkotutkimus ehdotukset .....	125
LÄHDELUETTELO .....		127
LIITE A: HAASTATTELURUNKO .....		136

# KUVALUETTELO

<i>Kuva 1. Arvonlisäykseen perustuva työn tuottavuus toimialoittain</i>	1
<i>Kuva 2. Tutkimusmenetelmät</i>	5
<i>Kuva 3. Talonrakennusprojektin kustannusten määräytyminen ja kertyminen</i>	6
<i>Kuva 4. Kustannushyötyjen syntyminen</i>	9
<i>Kuva 5. Aikatauluun sidottu kannustinjärjestely</i>	11
<i>Kuva 6. Tuottavuuteen vaikuttavia muuttujia tilastollisessa tärkeysjärjestyksessä</i>	14
<i>Kuva 7. Rakennustyömaan hyvän virtauksen ehdot PPO -mallin mukaisesti</i>	16
<i>Kuva 8. Rakennustehtävän tavanomaiset edellytykset</i>	17
<i>Kuva 9. Hukkaan reagoinnin kierto työmailla</i>	25
<i>Kuva 10. Last Planner -menetelmä</i>	28
<i>Kuva 11. Rakentamisen ongelmien vaikutus suunnittelun tarkkuuteen</i>	32
<i>Kuva 12. Last Planner -menetelmästä havaittuja hyötyjä</i>	36
<i>Kuva 13. Tiedon kierto rakennushankkeessa</i>	40
<i>Kuva 14. Konseptimalli tilannekuvan luomisesta talotuotannossa</i>	42
<i>Kuva 15. Vastaavien työnjohtajien &amp; työnjohtajien ajankäyttö tehtävissään</i>	50
<i>Kuva 16. Tutkimuksen viitekehys</i>	54
<i>Kuva 17. Fluent Construction -sovellusperhe</i>	55
<i>Kuva 18. Kyselyn vastaajat</i>	70
<i>Kuva 19. Työnjohdon näkemys tuotannonohjauksesta</i>	90
<i>Kuva 20. Työnjohdon näkemys työmaan tiedonvälityksestä</i>	92
<i>Kuva 21. Työnjohdon näkemys tuotannonohjauksen digitaalisuudesta</i>	94
<i>Kuva 22. Työnjohdon ajankäyttö viikoittaisessa suunnittelussa</i>	95

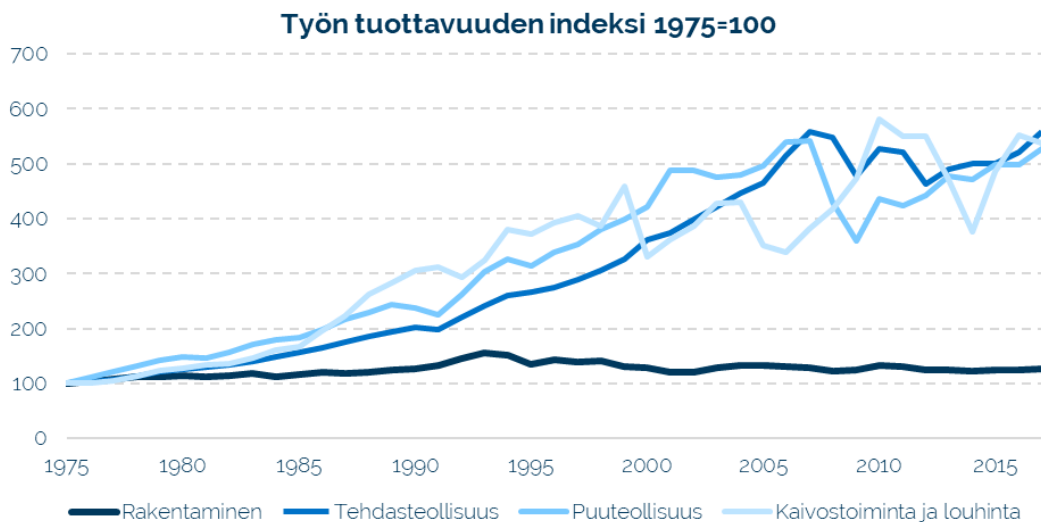
# LYHENTEET

BIM	Building Information Model, rakennuksen tietomalli
IT	Informaatiotekniikka
KVA	Käännetty vaihe aikataulu -menetelmä
LPS	Last Planner System
PCR	Percent Constraint Removal, edellytysten varmistus prosentti
SPI	Schedule Performance Index, aikataulun toteutumisen indeksi
TFV	Transformation-Flow-Value -tuotantoteoria
TPS	Toyota Production System, Toyotan tuotantotapa
TTP	Tehtävien toteutusprosentti



# 1. JOHDANTO

Rakennusteollisuus on yksi suurimpia teollisuudenaloja Suomessa. Talonrakennustoimialalla vallitsee kuitenkin yleinen alhainen tuottavuus, joka ei ole juurikaan kehittynyt 80-luvun jälkeen (kuva 1). Tämä on merkittävä ongelma, sillä nykyisellään suuri osa rakentamiseen käytetystä ajasta kuluu ylimääräisen arvoa tuottamattomaan toimintaan eli hukkaan (Koskela 1992; Josephson & Saukkoriipi 2007; Hwang et al. 2009; Kalsaas 2010; Viana et al. 2012; Formoso et al. 2015). Hukan vaikutus on merkittävä sillä hyvin työntekijä painotteisena alana, rakennustuotannon kustannuksista suuri osa muodostuu työntekijäresurssien hyödyntämisestä (Hanna et al. 2008; Koskenvesa et al. 2010). Täten tuottavuuden kehityksellä on suuret vaikutukset rakennusprojektien toteutukseen sekä koko toimialan kannattavuuteen.



**Kuva 1.** Arvonlisäykseen perustuva työn tuottavuus toimialoittain (Mukailtu lähteestä Suomen virallinen tilasto 2020).

Tätä tuottavuuden ongelmaa on pyritty ratkaisemaan tehokkaammalla tuotannonohjauksella. Tuotannonohjausta varten on kehitetty erilaisia toimintatapoja, joista keskeisimpänä on Koskelan (1992) esittämä Lean rakentamisen ajattelumalli. Sen avulla pystytään vähentämään rakentamisen hukkaa kuten odottamista ja uudelleen tekemistä sekä yhdistämään erilliset tuotantotehtävät selväksi kokonaisuudeksi virtausajattelun avulla. Lean rakentamisella sekä sen pohjalta kehitetyllä Ballardin (2000) Last Planner -mene-

telmällä on pystytty saavuttamaan merkittäviä parannuksia projektikohtaisissa tuottavuuksissa (e.g. Andersen et al. 2012; Fernandez-Solis et al. 2013; Umstot et al. 2014; Hackett et al. 2019; Ryan et al. 2019).

Näiden toimintamallien kokonaisvaltainen hyödyntäminen ei ole kuitenkaan levinnyt kunnolla talotutantoon (Lantelme & Formoso 2000; Fernandez-Solis et al. 2013; Daniel et al. 2015; Rotimi & Zaeri 2016; Lagos et al. 2017). Yhdeksi syyksi vähäiselle kehitykselle on rakennusosalalle tyypilliset kertaluontoiset ja kompleksiset projektit, joissa eri toimijat työskentelevät eri tehtävien parissa (Koskela & Koskenvesa 2003; Dave & Koskela 2009). Toiseksi merkittäväksi syyksi on havaittu rakennusalan vaikea sopeutuminen uusien menetelmien ja työkalujen käyttöön sekä taustalla vaikuttava suoranaisten muutosvistarinta (e.g. Lines et al. 2015). Usein hankkeiden tavoitteellinen tuotannonohjaus poikkeaaakin käytännön työmaasta, toimintamallien painottuessa yksilöiden näkemyksiin ja päätöksiin (Lantelme & Formoso 2000; Soibelman et al. 2008; Dave et al. 2015).

Tehokkaampaa tuotannonohjausta on myös ollut mahdollistamassa työmailla hyödynnettävät tietokoneet ja älylaitteet. Tätä korostavat esimerkiksi Lagos et al. (2017) argumentoimalla, että nykyaikaisten IT (Information Technology) järjestelmien avulla on mahdollista hallita tarvittavaa tietoa selvästi tehokkaammin kuin ennen. Tietotekniikan merkitys vaihtelee kuitenkin rakennushankkeen eri osapuolien ja rakennusvaiheiden välillä. Useat kehitetyt kokonaisvaltaiset IT järjestelmät ovat myös jääneet monimutkaisiksi ohjelmistojen tilkkutäkeiksi, jotka eivät ole toimineet kunnolla käytännössä (Dave et al. 2010). Tämä näkyy erityisesti rakentamisen aikana työmailla, joissa perinteisten paperisten sekä yksinkertaisten ja irrallisten Excel ratkaisujen hyödyntäminen on vielä arkipäivää (Sacks 2010; Chen & Kamara 2011; Dave et al. 2015; Rotimi & Zaeri 2016; Lagos et al. 2017). Ongelmaksi muodostuukin eri suunnittelutasojen yhteen liittymisen puutteellisuus (Dave et al. 2015). Tämä on merkittävä ongelma, sillä esimerkiksi Naoum (2016) tutkimuksessa havaittiin, että rakennushankkeiden tuottavuuteen negatiivisesti vaikuttavista tekijöistä, suuri osa liittyy puutteelliseen tiedonvälitykseen ja sekä tiedon hyödyntämiseen suunnittelu- ja ohjausprosessien aikana.

Tämä havaittu puutteellinen tiedonhallinta vaikuttaa negatiivisesti tuotannonohjaukseen, kun suunnittelussa ja seurannassa tarvittavaa tietoa ei välttämättä ole (Soibelman & Kim 2002), se on hajanaisena eri henkilöillä ja dokumenteissa (Soibelman et al. 2008) ja se saattaa olla vanhentunutta sekä puutteellista (Hari et al. 2004; Carrillo et al. 2013). Tästä aiheutuu, ettei työnjohdolla, saati pääkonttorilla ole välttämättä tietoa, mitä työmaalla tapahtuu eikä siten myöskään tiedetä mitä seuraavaksi pystytään tekemään (e.g. Dave et

al. 2014). Tästä seuraa puolestaan, että työmaalla tapahtuu väärinymmärryksiä, epäoptimaalista työskentelyä sekä ylimääräisiä keskeytyksiä, jotka häiritsevät aikataulussa ja budjetissa pysymistä (Love et al. 1999; Lantelme & Formoso 2000; Soibelman & Kim 2002; Sacks et al. 2010; Dave et al. 2014; Dave et al. 2015; Anysz 2019). Samalla jätetään myös paljon arvokasta tietoa keräämättä, kun ongelmat ja niiden juurisyyt unohtuvat havaittujen oireiden ratkettua (Love et al. 1999; Carrillo & Chinowsky 2006; Dave & Koskela 2009; Lehtovaara et al. 2019).

Rakennusalalla on siten paljon hukkaa, jota on pyritty poistamaan paremmalla tuotannon suunnittelulla sekä IT järjestelmillä. Nämä eivät ole kuitenkaan vielä juurtuneet rakentamisen arkeen riittävästi, jolloin rakennusalan tuottavuus on jäänyt selvästi jälkeen useista muista toimialoista. Tätä tilannetta pyritään nyt helpottamaan uudella digitaalisella tuotannonohjausjärjestelmällä, joka tuo Last Planner -menetelmän tyyppisen tuotannonohjausmallin yksinkertaisessa ja helppokäyttöisessä muodossa talotyömaille.

## 1.1 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksen kohteena on yhtenäisen digitaalisen tuotannonohjauksen hyödyllisyys talotyömaille. Siinä selvitetään miten ja mitä rakentamisen tehottomuutta voidaan parantaa paremmalla digitaalisella ohjauksella. Tämän tutkimuksen merkitys korostuu siinä, että uusien järjestelmien ja toimintamallien kehitystä on pohdittuna ratkaisuksi työmaille havaittuihin ongelmiin. Vastaavia järjestelmiä ei kuitenkaan ole juurikaan käytössä, eikä niiden hyödyllisyydestä ole selkeää näyttöä kirjallisuudessa. Tällöin tämän tutkimuksen avulla pystytään osoittamaan, miten digitaalinen järjestelmä toimii käytännössä, mitä hyötyä siitä on ja mitä mahdollisia ongelmia sen käyttöön voi liittyä.

Työn tutkimuskysymyksenä on:

- Minkälaisia hyötyjä digitaalisella lyhyen aikavälin tuotannonohjauksella voidaan saavuttaa?

Tämän pääkysymyksen tarkentamiseksi on asetettu neljä alakysymystä:

1. Miten digitaalinen tuotannonohjaus on nähtävissä tuotannosuunnittelun tarkkuudessa?
2. Miten digitaalinen tuotannonohjaus vaikuttaa työmaiden tiedon jakamiseen sekä tilannekuvan ylläpitämiseen?
3. Miten digitaalinen tuotannonohjaus vaikuttaa ajankäyttöön työnjohdon lyhyen aikavälin suunnittelussa?
4. Miten nämä mahdolliset hyödyt vaikuttavat tuottavuuteen ja rakennuskustannuksiin?

Tutkimuskysymyksessä korostuu se, ettei tällä hetkellä ole olemassa tietoa vastaavan järjestelmän tuottamista hyödyistä. Tällöin korostuu termi minkälaisia, kun ei ole tietoa, mihin kaikkeen järjestelmä vaikuttaa käytännön työmailla. Rajaus lyhyen aikavälin tuotannonohjaukseen johtuu järjestelmän käyttötarkoituksesta, joka painottuu viikkosuunnittelutasolle. Alakysymyksen 1 taustalla on aikaisemmissa tutkimuksissa tehdyt havainnot siitä, että työnjohtajat käyttävät aikansa työmailla sellaisien tulipalojen sammuttamiseen, jotka olisivat ehkäistävissä paremmalla suunnittelulla (Koskela & Koskenvesa 2003; Marjasalo 2011). Tällöin yhtenäinen ja selkeä järjestelmä edistäisi suunnittelun tekemistä, lisäten niiden paikkansapitävyyttä. Alakysymysten 2 ja 3 taustalla on Tulilahden (2020, Solution Specialist, Fluent Progress Oy) haastattelu, jossa nämä nousivat keskeisimmiksi tekijöiksi heidän järjestelmäänsä käyttävillä työmailla. Taustahypoteesina oli, että digitaalisessa tuotannonohjauksessa tietoa kerätään suoraan yhteen järjestelmään, jolloin vähennetään tiedon pirstaleisuutta sekä lisätään hyödynnettävyyttä. Viimeisen alatutkimuskysymyksen taustalla on se, että näiden mahdollisten hyötyjen merkitystä voi olla vaikea hahmottaa, ellei niitä arvioida hankkeiden onnistumisen kannalta.

## **1.2 Tutkimusasetelma, rakenne ja rajaukset**

Tutkimusstrategiaksi tähän tutkimukseen valikoitui usean tapauksen tapaustutkimus, joka tehtiin poikittaistutkimuksena. Tämä perustuu siihen, että jokainen rakennustyömaa on omanlaisensa, jolloin niistä ei voida tehdä täydellistä yleistystä muihin työmaihin tai projekteihin. Niistä voitiin kuitenkin määrittää avain muuttujia ja yhtenevyyksiä, joiden avulla voitiin luoda kuva järjestelmän tuottamista hyödyistä. Tutkimuksen lähestymistapana nojaututtiin abduktiiviseen järjelyyn soveltamalla olemassa olevaa teoriaa käytännön tilanteeseen, samalla luoden riittävän hyvä ja luotettava kuva tutkimuksen kohteesta havaintojen perusteella.

Tutkimuskysymyksiin vastaamiseen tarvittavan tiedon keräämiseen käytettiin kolmea tutkimusmenetelmää (kuva 2). Ensimmäisenä tehtiin kirjallisuuskatsaus. Aluksi siinä keskitytään rakentamisen kustannuksiin ja tuottavuuteen, minkä jälkeen analysoidaan tuotannonohjauksen nykytilaa ja lopuksi tarkastellaan talotyömaiden digitalisaatiota. Tällä muodostettiin tutkimuksen teoreettinen viitekehys, jonka pohjalta lähdettiin työn empiiristä osuutta suorittamaan. Työn empiirisessä osiossa tehtiin teemahaastattelututkimus tutkittavana järjestelmän toimineen Fluent Construction -sovellusperheen havaituista hyödyistä rakennustyömailla. Näistä muodostettiin aihealue kohtaiset kokonaisuuDET havaituista hyödyistä sekä niihin vaikuttavista tekijöistä. Samalla suoritettiin kyselytutkimus, jolla selvitettiin työmaiden tarpeita digitaaliselta tuotannonohjaukselta. Tällä py-

rittiin selvittämään järjestelmällä ratkaistavien ongelmien yleistettävyyttä talotuotannossa sekä työmaiden valmiuksia järjestelmän käyttämiseen. Lopuksi tutkimuksen tuloksia verrattiin kirjallisuuteen muodostaen kokonaiskuvan digitaalisen tuotannonohjauksen hyödyistä ja ongelmista talotuotannossa.



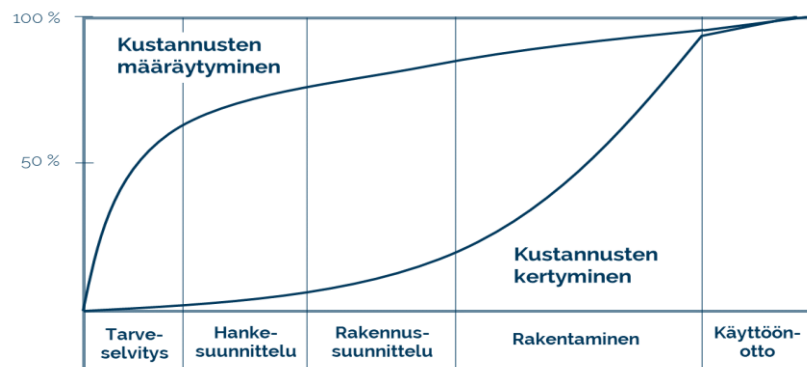
**Kuva 2.** Tutkimusmenetelmät

Työssä hyödynnettiin siten useiden eri tietolähteiden ja menetelmien yhdistämistä eli triangulaatiota (Tuomi & Sarajärvi 2018). Näiden valintaperusteista on tarkemmin luvussa 4.2. Triangulaation avulla pystyttiin lisäämään saatavien tulosten luotettavuutta havainnoimalla eri menetelmistä saatavien tulosten yhtenevyyksiä sekä mahdollisissa ristiriitoja. Rakennustyömaiden vaihtelevan ja tilannekohtaisen luonteen takia ei tarkastelluille ilmiöille ollut kuitenkaan vain yhtä oikeaa selitystä. Tästä syystä tutkimuksessa päädyttiin hyödyntämään hyvin pitkälti pragmaattista ajattelumallia, hyväksyen havainnot tosiksi siinä määrin, kuin niitä pidettiin järkeenkäyppinä ja toimivina. Tällöin saatiin muodostettua se konteksti, jossa tutkimusaineistoa saatiin tulkittua riittävän yksikäsitteisesti ja tarkoituksenmukaisesti.

Työn rajauksena on keskittyminen vain varsinaiseen rakentamisvaiheeseen rakennusvaihe- ja viikkosuunnittelutasolla. Tutkimuksen ulkopuolelle rajautuvat myös pientalo ja teollisuuden rakennushankkeet. Työssä ei myöskään eritellä eri toteutusratkaisujen ominaispiirteitä, jolloin keskitytään yleiskuvan muodostamiseen digitaalisen tuotannonohjauksen potentiaalista.

## 2. RAKENTAMISEN KUSTANNUKSET JA TUOTAVUUS

Rakennushankkeiden kustannukset noudattavat projekteille tyypillistä 80/20 jakaumaa (Junnonen & Kankainen 2017, 57). Kustannuksista määräytyy siten tavallisesti noin 80 % ennen varsinaista toteutusta (kuva 3). Kokonaiskustannuksiin on siten hankala vaikuttaa rakentamisen aloittamisen jälkeen. Tämä kuvaa kuitenkin vain projektin laajuutta, eikä sinällään ota kantaa varsinaisen projektin toteutukseen. Kustannukset realisoituvatkin siten suurimmilta osin vasta rakentamisen aikana, jolloin toteutuksella on suuri merkitys suunnitelluissa kustannuksissa pysymiselle.



**Kuva 3.** Talonrakennusprojektin kustannusten määräytyminen ja kertyminen (Mukailtu lähteestä Junnonen & Kankainen 2017, s. 58).

Rakentamisen toteutuksen suuren merkityksen takia on ongelmallista, että rakennushankkeet toteutuvat vain harvoin suunnitelmien mukaisesti (e.g. Lakka 2004; Doloï 2013). Tämä johtaa puolestaan ylimääräisiin kustannuksiin sekä aikataulujen venymisiin. Ongelma näkyi esimerkiksi Lakan (2004) tutkimuksessa, jossa tarkastellun 48 asuinkerrostalotyömaan toteutuneet kustannukset vaihtelivat noin 92.5 % ja 113.5 % välillä suunnitelluista. Nämä ennustettavuuden ongelmat korostuvat vielä monimutkaisissa ja laajoissa rakennushankkeissa, sillä hankkeiden kompleksisuus korreloi vahvan negatiivisesti projektien onnistumisen kanssa (Luo et al. 2017). Tämän epäselvyyden takia Doloï (2013) pyrki selvittämään Australiassa tehdyssä tutkimuksessaan, mitkä tahot ja vaiheet rakennushankkeissa olivat merkittävimpiä kustannusylitysten aiheuttajia. He muodostivat kirjallisuuden perusteella 73 kustannusvaikutuksellista kokonaisuutta, joiden merki-

tyksiä he selvittivät laajalla kyselyllä. Vastaaajina oli joukko tilaajia, konsultteja sekä urakoitsijoita. Tuloksena oli, että viisi kustannusylitysten kannalta merkityksellisintä kokonaisuutta sisälsivät järjestyksessä:

- Projektin täsmällisen suunnittelun ja seurannan,
- rakennuksen suunnittelun,
- toimivan työmaan johtamisen,
- viestinnän sekä
- pääurakoitsijan suoriutumisen.

Nämä olisivat siten tärkeimpiä kehityskohteita, joilla voidaan kasvattaa todennäköisyyttä, että rakennushankkeiden kustannukset pysyvät suunnitelmien mukaisina. Tuloksista nähdään, että suurin vaikutus rakennushankkeiden kustannuksiin on ennen varsinaista totutusta tehtävällä suunnittelulla. Työmaan johtaminen ja sekä työmaan toiminta nousevat kuitenkin myös merkitykselliseen asemaan kustannustavoitteisiin pääsemässä. Näiden rakentamisen aikaisten vaikutusten tarkastelemiseksi on kuitenkin mentävä tarkemmalle tasolle, tarkastelemaan, mistä rakentamisen kustannukset muodostuvat.

## **2.1 Kustannukset**

Rakennushankkeen rakennustehtävien suorat kustannukset jakautuvat työ- materiaali- ja kalustokustannuksiin (Koskenvesa & Soila 2018, s. 83). Nämä kustannukset kohdistuvat puolestaan omasuoritteiseen rakentamiseen sekä alihankintaan. Suorien kustannusten lisäksi rakennusvaiheen toteutus vaikuttaa myös kerääntyviin yleiskustannuksiin sekä muun muassa urakan sopimusperusteiseen palkitsemiseen, mahdollisiin sanktioihin sekä rahoituskustannuksiin (Lahdenperä & Koppinen 2003). Näistä työmaan yleiskustannukset jakautuvat Koskenvesa & Soila (2018, s. 70) mukaan työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin, jotka ovat myös omina pääryhminään Talo 80 rakentamisnimikkeistössä. Työmaan käyttökustannuksiin kuuluvat työmaatehtävät sekä työmaatekniikka, kuten työmaanrakennukset, suojauskalusto sekä nosturit. Yhteiskustannuksiin kuuluvat puolestaan esimerkiksi työnjohdon palkat, talvilisäkustannukset sekä rakennusalueen vuokrat. Tämän tutkimuksen rajausten puitteissa, työmaan kustannuksista huomioidaan lähinnä aikatauluun sidotut suorat kustannukset, selkeät aikasidonnaiset välilliset kustannukset sekä sopimusperusteiset kustannukset.

### **2.1.1 Rakennustehtävän suorat kustannukset**

Ensimmäisenä työkustannukset, jotka kuvaavat tehtävien suoritukseen käytettävien työntekijöiden työajan eli kokonaistyömenekin (työntekijätunnit, tth) sekä työvoiman tunnihinnan tuloa (Koskenvesa & Soila 2018, s. 84). Työkustannusten muuttujia ovat siten

työntekijöiden määrä, työn kesto sekä työntekijäkohtaiset palkka- ja oheiskustannukset. Hintakomponentin osalta työtehtäväkohtaisissa tuntihinnoissa on vaihtelua, mutta rakennusalan työehtosopimus määrittelee eri palkkatasoja sekä mahdollisen ylityön kriteerit ja korvaukset. Yleistävää arviota voidaan kuitenkin tehdä hankkeen keston sekä työn kokonaiskustannusten avulla. Työkustannusten merkitys korostuu Pelin (2011, s. 106) mukaan siinä, että projektibudjetin ylitykset voivat johtua pitkälti kalliista lisäresursseista sekä käytetyistä ylityötunneista, joita on tarvittu aikatauluviiveen kiinni kirimiseen.

Toisena suorana aikasidonnaisena kustannuksena ovat kalustokustannukset. Ne muodostuvat kaluston vuokrausajan sekä vuokraushintojen tulona (Koskenvesa & Soila 2018, s. 84). Tällöin tuotannosuunnitelulla ja rakennusvaiheiden kestoilla on vaikutusta kalustokustannuksiin. Kalustokustannusten muuttujina on siten kaluston määrä, kaluston käyttöaika ja käyttö hinnat. Tutkimuksen rajausten takia kalustokustannuksissa keskitytään käyttöajan ja siten kokonaiskalustokustannuksiin yhdessä muun työmaatekniikan kanssa.

## **2.1.2 Välilliset aikasidonnaiset kustannukset**

Välillisiä kustannuksia ei luonteensa omaisesti pystytä kohdistamaan yhdelle tehtävälle, jolloin ne jaetaan yleiskustannuksina aiheuttamisperiaatteen mukaisesti. Näistä aikasidonnaiset kustannukset riippuvat hankkeen kestosta, eivätkä tuotannon määrästä, kuten suorat kustannukset. Tällöin rakennusvaiheista syntyviin kustannuksiin on pyrittävä kohdistamaan myös sen keston aiheutuvat välilliset työmaatekniset kustannukset. Näiden kustannusten kohdistamisessa on kuitenkin huomioitava, että tarkastellaan koko hankkeen kestoja, jolloin yksittäisen rakennusvaiheen toteutuksen lyheneminen ei välttämättä vaikuta syntyviin kustannuksiin (Kiviniemi 1996).

Näiden yleiskustannusten määrittämisessä on myös omat haasteensa johtuen useista erilaisista käytetyistä nimikkeistöistä sekä sisältöjaoista (Koskenvesa & Soila 2018, s. 69). Merkittävimiksi he nostavat kuitenkin rakentamisen johtotehtävät sekä työmaatehtävät. Johtotehtävät jaetaan Talo 2000 -nimikkeistössä rakentamisen yleisjohtoon ja hallintoon sekä työmaan johtotehtäviin. Työmaatehtäviin kuuluvat puolestaan työmaapalvelut sekä työmaakalusto. (Talo 2000 -nimikkeistö 2008, s. 65 – 68.) Vielä yleisimmin käytössä olevassa Talo 80 -nimikkeistössä nämä kuuluvat puolestaan työmaan käyttö- ja yhteiskustannusten alle. Näistä käytetään myös yhteisnimikettä työmaatekniikka.

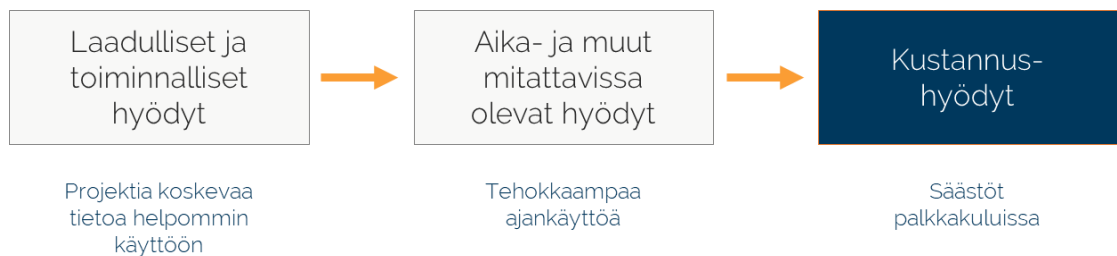
Näiden käyttö- ja yhteiskustannusten osuus talonrakennushankkeiden kokonaiskustannuksista on Suomessa ollut noin 13 – 30 %, riippuen rakennushankkeen laajuudesta,



kestosta sekä työmaaolosuhteista (Kiviniemi 1996; Helin 2013; Tyrni 2015; Salminen 2016; Niskanen 2017). Näiden lähteiden perusteella keskimääräisissä talonrakennushankkeissa kustannukset asettuvat kuitenkin yleensä 15 – 18 % paikkeille. Tässä tulee kuitenkin huomioida nimikkeistö epäselvyyksien lisäksi myös se, että näiden käyttö- ja yhteiskustannusten laskeminen on hankalaa, jolloin joidenkin litteroiden on havaittu perustuvan käytännössä lähinnä kokemuserusteisiin arvauksiin (e.g. Salminen 2016). Joka tapauksessa näistä yleiskustannuksista aikasidonnaisia ovat keskimäärin noin 90 % (Niskanen 2017). Näistä keskeisimpinä välittöminä kustannuksina ovat Koskenvesa & Sahlstedt (2011, s. 64) mukaan johdon palkat, konevuokrat, kalusto sekä työmaan ja rakennuksen ylläpito.

### 2.1.3 Hankkeen aikaisten kustannushyötyjen mittaus

Kustannushyötyjen arvioimiseksi on ensin tunnettava niiden taustalla olevat vaikutukset. Hyödyt jakaantuvatkin Sulakivi et al. (2002 s.53) mukaan vaikeasti mitattaviin laadullisiin sekä määrällisiin, mitattaviin, hyötyihin. Mitattavat hyödyt he ovat jakaneet edelleen kustannushyötyihin sekä muihin mitattaviin hyötyihin, kuten aikaan. Nämä muodostavat kokonaisuuden, jossa havaittavista vaikutuksista muodostuu syysseuraus ketju tarkasteltavaan muuttujaan asti (kuva 4).



**Kuva 4.** Kustannushyötyjen syntyminen (Mukailtu lähteestä Sulakivi et al. 2002 s.53).

He korostavat kuitenkin myös, etteivät syysseuraus suhteet ole näin selkeitä todellisuudessa. Tämän taustalla on tapahtumien monet vuorovaikutussuhteet, jossa välittömien suorien kustannusten lisäksi seuraa usein monia välillisiä kustannuksia. Tästä seuraa se, että vain pieni osa mahdollisista kustannusvaikutuksista pystytään luotettavasti arvioimaan hankekohtaisissa tutkimuksissa.

Esimerkkinä rakennustyömaille tyypillinen työn viivästyminen. Työn viivästyminen urakoitsijalle aiheuttamat kustannukset jakautuvat Anysz (2019) mukaan viivästymishetkellä jo syntyneisiin kustannuksiin sekä vielä syntyviin kustannuksiin. Jo syntyneitä kustan-

nuksia ovat vaaditut ylimääräiset työ- ja kalustokustannukset tehtävän valmiiksi saattamiseksi. Näihin ei yleensä enää pystytä vaikuttamaan viivästymisen jälkeen. Havaitsemisen jälkeen vielä syntyviä kustannuksia voivat olla:

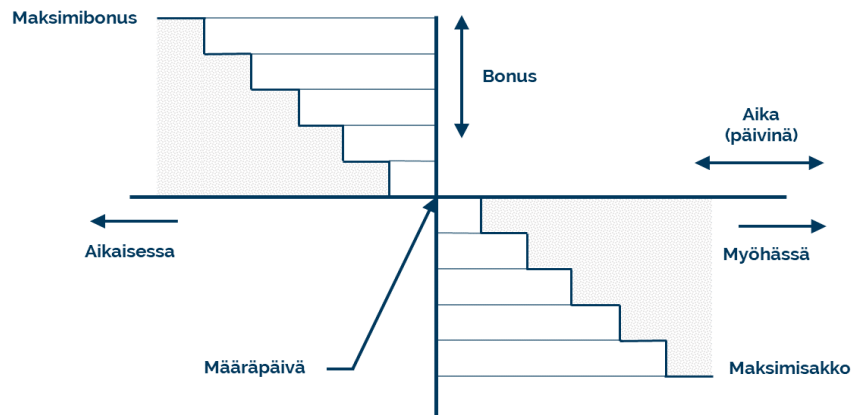
- Kustannukset tuottavuuden saattamiseksi takaisin suunnitelman mukaiseksi,
- kustannukset seuraavien vaiheiden suunnittelusta ja kirisestä,
- kustannukset epäsuorista työmaakustannuksista,
- kustannukset mahdollisista sopimusvelvoitteista.

Tätä on tukemassa esimerkiksi Chester & Hendrickson (2005) analyysi rakentamisessa esiintyvien ongelmien kustannus- ja aikatauluvaikutuksista. Heidän skenaariossaan kyseessä oli 9,300 m<sup>2</sup> (\$9,884,900) toimistorakennuksen rakentaminen, jossa työnjohtajan virheellisestä päätöksestä aiheutui merkittäviä haasteita perustusurakoitsijalle. Arvioituna lopputuloksena oli, että perustukset viivästyivät neljä viikkoa samalla tarvitun lisätyövoimaa työn loppuun saattamiseksi. Viivästys rakentamisen kriittisessä vaiheessa aiheutti myös sen, että koko projektin kesto venyi 28 päivällä. Tämän yhden virheen lopulliseksi hinnaksi he saivat arvionsa mukaan \$561,000 eli noin 5.7% korotusta projektin kokonaiskustannuksiin. Tämän lisäksi he arvioivat, että ongelmasta voisi seurata myös vahingonkorvauksia aliurakoitsijan suunnalta sekä vaikutuksia urakasta saataviin kannustinpalkkioihin tai mahdollisiin viivästyssakkoihin. Tästä nähdäänkin, että väärässä paikassa tapahtuvasta viivästymisestä voi kumuloitua suuriakin kustannuksia, mikäli se häiritsee merkittävästi hankkeen etenemistä.

#### **2.1.4 Aikatauluun sidotut sopimusperusteiset kustannukset**

Sopimusperusteiset kustannukset riippuvat hyvin pitkälti rakennushankkeesta, sovitusta urakkamuodosta sekä sen maksuperusteista. Tämän tutkimuksen puitteissa keskitytään hyvin pelkistettyyn tilanteeseen rakennushankkeen aikataulullisen onnistumisen vaikutuksista. Ajallisella onnistumisella tarkoitetaan sitä, että rakennus saadaan tilaajan käyttöön sovitussa ajankohdassa (Lahdenperä & Koppinen 2003). Näiden aikataulutavoitteiden saavuttamiseksi hankkeissa sovitaan usein erillisistä kannustinjärjestelyistä.

Nämä kannustimet jakautuvat usein miten edellä mainittuihin kannustinpalkkioihin sekä viivästyssakkoihin (Lahdenperä & Koppinen 2003). Urakoitsijalle maksetaan siten aikataulualituksista sovitun suuruinen bonus ja ylityksestä annetaan vastaavasti sakkoa (kuva 5).



**Kuva 5.** Aikatauluun sidottu kannustinjärjestely (Mukailtu lähteestä Lahdenperä & Koppinen 2003).

Tämän kaltaisessa järjestelyssä tilaajan tulee selkeästi määrittellä yhden seurattavan aikayksikön arvo. Tämä määräytyy yleisesti sen hyödyn mukaan, jonka tilaaja arvioi saavansa käyttöön otetusta rakennuksesta sen valmistuttua. Tällöin bonuksen ja vastaavasti sakon suuruus määräytyy aikayksikön arvon ja aikataulullisen poikkeaman tulona. Tässä he käyttävät esimerkkinä valmiista rakennuksesta saatavia hyötyjä, joiden kuvitteellisen tilaajan määrittämä yhden päivän arvo olisi 4 000 €/päivä. Tällöin esimerkiksi 20 päivän aikataulun alitus tarkoittaisi, että tilaajalle syntyisi potentiaalista hyötyä kokonaisuudessaan 80 000 €. Kannustinjärjestely voidaan vastaavasti sopia myös siten, että myöhästymisestä seuraa erillinen määritelty sakko ja tämän päälle voi sopimusten mukaan alkaa kerääntyä tulonmenetyksestä kertyvää korvausta. Pelin (2011, s. 105) mainitseekin, että viikoittaiset 0.5 % myöhästymissakot kauppahinnasta ovat yleisiä projekteissa ja, että kriittisissä osaprojekteissa kertasakko voi nousta jopa yli 10 %.

Aikataululliset tavoitteet voidaan myös sopia prosentuaaliseksi osaksi bonusjärjestelmää, jossa kokonaisbonus voi perustua esimerkiksi toteutuneisiin kustannuksiin, aikatauluun ja laatuun. Tästä Lahdenperä & Koppinen (2003) käyttivät esimerkissään 20 M€ rakennushanketta, jossa hintarajan alitukseen 1.25 kertoimella sidotusta bonuksesta 30 % kohdistettiin aikataulun alitukselle. Tässä esimerkissä hanke valmistui 40 päivää ennen määräpäivää ja 2 M€ alle sovitun hintarajan. Maksimi aikataulubonukselle oli asetettu 60 päivän kohdalle. Tällöin bonuksesta 2.5 M€ aikatauluun sidotun maksimibonuksen 30 % osuus on 0.75 M€. Tästä maksetaan suhteessa aikataulun alitukseen 40/60 eli 0.5 M€. Tässä tilanteessa yhden päivän arvoksi muodostui siten 12 500 €. Vastaavasti Pelin (2011, s. 106) esimerkissä 25 miljoonan euron teollisuuslaitoksen rakentamisessa päivän arvoksi tuli puolestaan 20 000 €.

Nämä kannustimet voivatkin vaikuttaa merkittävästi projektin lopulliseen kannattavuuteen, riippuen rakennuksen tuotto-odotuksesta. Tällöin pääurakoitsijalla on suuret intressit saada kohde luovutettua sovittuna ajankohtana. Tässä korostuu Pelin (2011, s. 106) mukaan se, että projektin aikataulu on toteutettavissa ja siten realistinen. Se ei saa kuitenkaan olla liian löysä, etteivät hankkeen rahoituskustannukset paisu rakentamisen keston mukana liian suuriksi. Kilpailukykyisillä aikatauluilla on hän mukaansa myös vaikutuksia saavutettavaan markkinaetuun kilpailijoihin nähden. Samalla aikatauluissa pysymisellä voi olla suurikin imagovaikutus, mikä voi vaikuttaa osaltaan mahdollisiin tuleviin sopimuksiin. Näiden moninaisten suorien ja välillisten vaikutusten takia rakentaminen tulee saada suoritettua tehokkaasti. Tästä päästääkin tarkastelemaan rakentamisen tuottavuutta ja siinä ilmeneviä yleisiä ongelmia.

## 2.2 Rakentamisen tuottavuus

Tuottavuudella tarkoitetaan yleisesti tuotosten ja niiden aikaan saamiseksi käytettyjen panosten suhdetta. Tuottavuudelle ei ole kuitenkaan selvää yhteistä määritelmää rakennusalalla (Crawford & Vogl 2006; Naoum 2016). Sille on kuitenkin monia eri käyttökohteita ja siihen käytetyt muuttujat ovat tilannekohtaisia. Talonrakentamisessa tuottavuuden mittarina käytetään yleisesti työn tuottavuutta sekä kokonais-/monitekijätuottavuutta riippuen tarkasteltavien muuttujien suhteellisista merkityksistä (Crawford & Vogl 2006). Naoum (2016) korostaa kuitenkin, että selvän yhteisesti hyväksytyyn määritelmän puutteessa tuottavuuden mittaus on jäänyt osittain hajanaiseksi kirjallisuudessa ja vain harva rakennusyrittäjä seuraa järjestelmällisesti projektikohtaista tuottavuutta.

Tämän epäselvyyden takia on suoritettu erinäisiä tutkimuksia, joissa on pyritty selvittämään rakentamisen tuottavuutta. Esimerkkinä Lakan 2004 tutkimus, jossa tuottavuuden mittarina on käytetty tuotettua hyötypinta-alaa suhteutettuna rakennuskustannuksiin sekä toteutuneen katteen suhdetta katetavoitteeseen. Hän havaitsi tutkimuksessaan 50:stä suhteellisen vertailukelpoisesta suomalaisesta asuinkerrostalotyömaasta, että tuottavuuden hajonta oli kohtalaisen suuri, vaikka työmailla oli käytössä hyvin samankaltaiset resurssit. Tästä hän nosti esimerkiksi kaksi noin 3,5 miljoonan euron rakennushanketta, joista yhdessä saatiin aikaan 2200 m<sup>2</sup> huoneistoalaa ja toisessa 3500 m<sup>2</sup> huoneistoalaa. Tuottavuuden vaihtelu voi siten olla hyvinkin merkittävää. Näiden eroavaisuuksien syyksi Lakka pohti parhaiden käytäntöjen hyödyntämistä, muttei kuitenkaan pystynyt tunnistamaan niitä tai selvittämään niiden vaikutusten osuutta kokonaiskustannuksista. Johtopäätelmissä hän toteaaakin, etteivät projektitason mittarit riitä työmaan toiminnan tuottavuuden tarkasteluun. Tarvitaan työmaan osaprosesseja kuvaavia mittareita, jotta pystytään seuraamaan käytännön toiminnan eroavaisuuksia.

Tuotannosuunnittelussa tuottavuuden tunnuslukuna käytetäänkin yleisesti yhden suoriteyksikön tuottamiseen käytettyä työaikaa eli työmenekkiä tai tämän käänteislukua eli työntekijätunnilla saavutetun tuotoksen määrää eli työsaavutusta (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, s. 78). Laskennassa käytettävän työnteon ajankäytön käsitteet jaetaan vielä edelleen työn perusaikaan (T1), menetelmä aikaan (T2), teholliseen aikaan (T3) sekä kokonaisaikaan (T4) (Koskenvesa & Soila 2018, s. 109). Näistä tärkeimpinä T4 ja T3 ajat, joita käytetään aikataulu- ja kustannussuunnittelussa. Työkokonais- eli vaiheaika T4 kuvaa kaikki työhön kuluvat tunnit, sisältäen myös yli tunnin mittaiset keskeytykset. T4 aikoja käytetään muun muassa yleisaikataulun sekä kustannusarvioiden luomiseen. Tehollinen aika T3 kuvaa puolestaan tavoitteellisia menekkejä ilman yli tunnin mittaisia keskeytyksiä. Sitä käytetään yleisesti kaikissa yleisaikataulua tarkemmissa suunnitelmissa. Tehollista aikaa käytettäessä on kuitenkin huomioitava työvaiheen lisäaika TL3 eli nämä yli tunnin keskeytykset. Niihin varaudutaan pelivarjoilla. Pelivarjoja huomioidaan pelivarakertoimella, joka on 1.0 - 1.3 työlajista riippuen (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, s. 63). Tällöin T3 ajoilla mitoitettuihin tehtäväkokonaisuuksiin voidaan lisätä yhteinen häiriöpelivara työvaiheen loppuun mahdollistaen töiden tarkemman aikataulutuksen.

Nämä arvioitavat pelivarat ovat tärkeitä sillä varsinaiset työsuoritukset ovat hyvin tilannekohtaista, johtuen erilaisista olosuhteista, työntekijöistä, materiaaleista ja suunnitelmista (Crawford & Vogl 2006). Työn lisäaikaan ja siten tuottavuuteen vaikuttavat myös yleinen toisarvoinen tekeminen, odottelu ja näihin liittyvä työmotivaation puute (Naoum 2016). Käytetystä työajasta kuluu siten osa ylimääräiseen toimintaan, joka ei lisää prosessin tuotoksia. Näiden lisäksi tuottavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat työvuorojen pituus, työntekijöiden määrä sekä vuorotöiden teettäminen (Hanna et al. 2008). Tuottavuus ei siten kasva samassa suhteessa resurssien käytön kanssa, johtuen työntekijöiden jaksamisesta, koordinointi ongelmista ja tungoksesta.

Olosuhteiden osalta Suomessa työmaan tuottavuuteen vaikuttaa talvi. Talven olosuhteet lisäävät Koskenvesa & Sahlstedt (2011, s. 70) mukaan työmenekkiä sekä rakentamismateriaalien kulutusta lähes poikkeuksetta. Tämä johtuu pakkasista, lumisateesta sekä kosteudesta, mitkä häiritsevät rakennustöiden suorittamista, aiheuttaen epäoptimaalista työskentelyä sekä keskeytyksiä. Nämä vaativat myös lisätöitä, kuten lumenluomista, jotka vaativat ylimääräisten resurssien käyttöä. Talven onkin mitattu kasvattavan kokonaistyömenekkiä jopa 7 %, kun verrataan kesäarvoihin (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, s. 70, viitaten Saarikiven ja Kankaisen 1989 tutkimukseen vuodenaikojen kustannusvaikutuksista). Voimakkaasti muuttuviin olosuhteisiin tuleekin varautua jo aikaisessa vaiheessa rakennushankkeen suunnittelua.

Työntekijöiden työnteon tehokkuuteen keskittyminen ei siten riittäkään kokonaistuottavuuden kehittämiseksi. Tätä osoittaa muun muassa Naoum (2016) tutkimus, jossa hän selvitti rakentamisen tuottavuuteen negatiivisesti vaikuttavia tekijöitä suorittamalla kyselyn 36 urakointiyritykseen Yhdistyneessä kuningaskunnassa. Saaduista vastauksista ilmeni, että 10 merkittävimmästä tuottavuuteen negatiivisesti vaikuttavasta tekijästä kolme liittyi rakentamisen puutteelliseen suunnitteluun sekä neljä tiedonjakamiseen ja johtamiseen (kuva 6).

### Tuottavuuden alentajia

---

- 1 Projektin puutteellinen suunnittelu
- 2 Suunnitteluvirheistä tai muutoksesta johtuvat viivästykset
- 3 Puutteellinen viestintäjärjestelmä
- 4 Työympäristö
- 5 Esteet työn kunnolliselle tekemiselle
- 6 Rakennuksen malliin ja rakennettavuuteen liittyvät ongelmat
- 7 Projektin johtaminen
- 8 Hankintojen järjestäminen
- 9 Tiedonhallinnan puutteellinen integrointi
- 10 Materiaalien hallinta

**Kuva 6.** Tuottavuuteen vaikuttavia muuttujia tilastollisessa tärkeysjärjestyksessä (Mukailtu lähteestä Naoum 2016).

Näiden lisäksi tältä yhteensä 46 muuttujan listalta löytyy erikseen mainittuna 13. sijalta työmaiden ohjausjärjestelmät sekä työryhmien koordinointi sijalta 14. Hän korostaakin, että negatiivisten vaikutteiden yhteiseksi tekijäksi nousee suunnitelmallisuuden sekä tiedonhallinnan puutteellisuus ennen varsinaista rakentamista sekä sen aikana. Tämä aiheuttaa sen, että työmaan tekeminen muuttuu reaktiiviseksi lyhyenaikavälin ongelmien ratkomiseksi. Näitä tuloksia tukeekin Ballard (2005) painotus siitä, että työn virtauksen luotettavuudella on paljon suurempi vaikutus työn tuottavuuteen, kuin varsinaisten työntekijöiden työtehokkuudella. Tämä onkin yksi Lean rakentamisen tausta-ajatuksista.

## 3. TUOTANNONOHJAUS TALOTUOTANNOSSA

Tässä osiossa käydään läpi rakentamisen tuotannonohjauksen taustatekijöitä ja niiden merkityksiä verraten teoriaa ja käytännön havaintoja toisiinsa. Ensin käsitellään Lean rakentamisen filosofiaa ja rakennustyömaiden hukkatyyppejä. Toiseksi perehdytään tuotannonohjauksen käytäntöihin ja menetelmiin. Kolmanneksi tarkastellaan tiedonhallintaa ja sen merkitystä tuotannonohjauksessa. Lopuksi käydään vielä läpi työnjohdon työnkuva sekä ajankäyttöä heidän työtehtävissään.

### 3.1 Lean-rakentaminen

Lean-rakentamisella tarkoitetaan rakentamisessa käytettyä toimintamallia, jossa keskittään asiakasarvon maksimointiin keskittymällä prosessien virtaustehokkuuteen sekä jatkuvaan kehitykseen (Koskela 1992; Womack & Jones 1996; Koskela 2000; Koskenvesa & Sahlstedt 2011, s.13). Tämä pohjautuu alun perin Toyotan tuotannonohjausjärjestelmään, Toyota Production System (TPS). Sen keskiössä on tasainen asiakkaalle arvoa luova tuotanto, jossa toiminta tapahtuu oikeaan aikaan ja oikeilla menetelmillä, keskittyen samalla jatkuvaan toiminnan ja laadun parantamiseen. Asiakkaalle lisäarvoa tuottamaton toiminta on puolestaan Lean-ajattelumallin mukaisesti hukkaa. Toiminnan tarkoituksena on Koskelan (2000) mukaan asiakkaan tarpeiden määrittely sekä sitä kautta prosesseissa olevan hukan tunnistaminen ja poistaminen. Asiakasarvon lisäämiseksi Lean-rakentamisessa pyritään yhdistämään projektien eri vaiheet sekä osapuolet luoden koko prosessille yhtenäinen tavoite asiakasarvon luomisesta.

Lean-rakentamiseen liittyy siten oleellisesti rakentamisen tuotantoteorian uudelleen määrittely. Tätä varten Koskela (2000) kehitti tuotannon Transformation-Flow-Value (TFV) teorian. Siinä hän esitti tuotannon kolme eri ulottuvuutta eli nimen mukaisesti, muutoksen, virtauksen ja arvon. Rakennusprosessi on siten saman aikaisesti joukko-tehtäviä omilla syötteillä ja tuotoksilla, ajassa virtaavia väliaikaisia toimintoja sekä asiakas arvon lisäämistä (Koskela et al. 2007). Koskela (2000) mukaan rakentaminen muodostaa siten jatkumon, jossa asiakkaalle arvoa tuottavien prosessien välillä on arvoa tuottamattomia tehtäviä sekä jatkuva kysymys siitä, tehdäänkö oikeita asioita?

Tässä projektikonaisuudessa raakamateriaaleista ja työstä muodostetaan lopullinen tuote eli rakennus. Tätä rakennuksen polkua eri rakentamisvaiheiden läpi kutsutaan virtaukseksi (Koskela 2000; Sacks 2016). Tämä virtauksen käsite poikkeaa Sacks (2016)

mukaansa muusta teollisuudesta sillä, että tuotteen liikkeen sijasta rakennustuotannossa työryhmät liikkuvat työmaalla eri työpisteiden välillä. Tätä kutsutaan puolestaan työn virtaukseksi. Lean-rakentamisessa työn virtaus on siten työpakettien eli työntekijöiden, materiaalin, työvälineiden ja tiedon virtausta. Seppänen et al. (2014) ehdottavat, että rakentamisen virtaus voidaan käsittää myös sijaintien virtauksena. Tällöin tuote eli sijainnit virtaavat eri työvaiheiden läpi, jolloin virtauksen olemus poikkeaa työn virtauksesta.

Näiden erilaisten Lean-ajatusmallien pohjalta Sacks (2016) on kehittänyt rakennustuotannon virtauksen yhdistelmä mallin PPO (Portfolio, Process & Operations model). Tämän kehitetyn mallin mukaan hyvä rakennustyömaan tuotannon virtaus koostuu sekä tuotteen eli sijainnin, että työn virtauksesta (kuva 7). Näiden ehtojen täyttämiseen pyrkiminen tehostaa rakentamisen virtaustehokkuutta ja sitä kautta maksimoidaan asiakkaalle tuotettava arvo.

#### Prosessin ehdot (sijainnin virtaus)

---

- 1 Työvaiheiden tahtiajan vaihtelu on nolla.
- 2 Yksi työryhmä varaa vain yhden työalueen.
- 3 Aikapuskurit tehtävien välillä on nolla
- 4 Suoritettavien tehtävien määrä on minimissään.
- 5 Työ tehdään kerralla valmiiksi, eikä siihen palata myöhemmin.
- 6 Työtä ei korjata tai tehdä uudelleen.
- 7 Työn virtaus on luotettavaa ja vain työn edellytykset täyttävät tehtävät siirretään tuotantoon.
- 8 Keskeneräisten työalueiden määrä vastaa työryhmien määrää.

#### Toimintojen ehdot (työn virtaus)

---

- 1 Tasaiset tuotantonopeudet, tehtävien tahtiaikojen ero on nolla.
- 2 Tehtävien kestosta on poistettu kaikki ylimääräinen arvoa tuottamaton toiminta.

**Kuva 7.** Rakennustyömaan hyvän virtauksen ehdot PPO -mallin mukaisesti (Mukailtu lähteestä Sacks 2016).

Tämän virtauksen käytännön merkitystä on tutkinut muun muassa Min et al. (2011) tutkimuksessaan työn virtauksen vaihtelun ja työn tuottavuuden yhteydestä. Heidän tutkimuskohteenaan oli merkittävän öljynjalostamon laajennus Yhdysvalloissa. Tutkimuksen



tuloksiksi saatiin, että suunnitelman mukainen tehtävien toteutusprosentti (TTP) korreloi positiivisesti tuottavuuden suhdeluvun kanssa, seitsemän toisiaan vastaavan työmaan korrelaation ollessa 0.318 (sig 0.01). Regressioanalyysin avulla tilastollisesti merkitseväksi tulokseksi saatiin puolestaan, että 10.1 % tuottavuuden vaihtelusta on selitettävissä suunnitelman mukaisella tehtävien toteutumisella. He argumentoivat myös, että suunnitelmanmukaisen toteutumisen ja tuottavuuden korrelaatio on todennäköisesti tätä vielä korkeampi kohteissa, joissa tapahtuu työkohteen luovutuksia eri ammatteihin kuuluvien työryhmien välillä. Nämä Min et al. (2011) tapaustutkimuksen tulokset tukevat siten Koskelan (2000; 2007) sekä Sacks (2016) argumentointia virtauksen merkityksestä rakentamisessa.

### 3.1.1 Tuotannon vaihtelu

Tuotannon virtauksen tehostamiseen liittyy olennaisesti tehtäväkohtaisen vaihtelun vähentäminen (Ballard & Howell 1998; Koskela 2000). Vaihtelu on ongelma sillä se vaikeuttaa tehtävien toteutumisen ennustamista ja siten tuotannon aikatauluttamista ja tasan virtauksen ylläpitoa (Lindhard et al. 2019). Tämä johtaa heidän mukaansa keskeytyksiin sekä ylimääräisiin tyhjiin väleihin tuotantoprosessissa. Nämä poikkeamat vaikuttavat myös seuraaviin vaiheisiin, jolloin tuotannosuunnittelun epätarkkuus kasvaa tehtävien määrän mukana (Wambeke et al. 2011). Tästä syntyy puolestaan hukkaa pidentäen turhaan rakentamisen kestoa sekä lisäten rakentamisen kustannuksia (Ballard & Howell 1998; Koskela 2000; Lindhard et al. 2019).

Vaihtelun vähentämiseksi Howell & Ballard (1998) korostavat riittävän aikataulusuunnittelun tärkeyttä. Suunnitelmissa on heidän mukaansa varmistettava, että töihin tarvittavat resurssit ovat käytettävissä ja suunnitellut kestot realistisia. Resurssien lisäksi on huomioitava myös muut tehtävien aloituksen edellytykset, jotka vaikuttavat töiden suorittamiseen (kuva 8) (Ballard 2000).



**Kuva 8.** Rakennustehtävän tavanomaiset edellytykset (Mukailtu lähteestä Koskela et al. 2009, s. 19).

Näiden seitsemän yleisen edellytyksen lisäksi Ballard (2000) nostaa esille urakkasopimukset, mahdolliset tarvittavat luvat sekä vastuuhenkilöiden kirjalliset hyväksynnit. Lisäksi on myös huomioitava muita käytännön tekemiseen vaikuttavia tekijöitä, kuten työvälineiden kunto, valvonnan järjestäminen sekä työntekijöiden osaaminen (Lindhard et al. 2019).

Suunnittelun lisäksi kriittisten tehtävien välille on usein tarvetta lisätä aikapuskureita, jotka tasoittavat syntyvien poikkeamien vaikutuksia projektin suunniteltuun kulkuun (Park & Peña-Mora 2004). Puskureita käyttämällä joudutaan kuitenkin myöntymään alhaisempaan tuottavuuteen, eivätkä ne korjaa ongelmien taustalla olevia juurisyitä. Vaihtelun vähentämisen on kuitenkin havaittu olevan haastavaa rakennusalalla, johtuen alalle tyypillisestä projektien ainutlaatuisuudesta, jolloin puskurien käyttö on lähes pakollista ennustettavien tuotantosuunnitelmien luomiseksi (Ballard & Howell 1998; Lindhard et al. 2019). Ballard & Howell (1998) huomauttavat kuitenkin, että usein aikataulupuskurit mitoitetaan summittaisesti ilman, että oikeasti arvioitaisiin tehtävien toteuttamiseen liittyvää epävarmuutta. Heidän tutkimuksissaan puskurit ovatkin olleet projektin lopputuleman kannalta väärin mitoitettuja sekä suunnitelmaan väärin sijoitettuja. He havaitsivat myös, että puskureiden syynä oli usein vain varman päälle pelaaminen sekä politikointi eri rakentamiseen osallistuvien tahojen välillä. Park & Peña-Mora (2004) ovat huomanneet vastaavaa omissa tutkimuksissaan ja mainitsevat, että tuotantosuunnitelmissa on näkynyt usein puskureita, jotka aiheuttavat ainoastaan ylimääräistä luppoaikaa resursseille.

Näiden ylimääräisten puskureiden taustalla on vaikuttamassa Park & Peña-Mora (2004) mukaan monikerroksiset puskurit. Tällä he tarkoittavat esimerkiksi tilannetta, jossa aliorakoitsijat varaavat arvioituihin tehtävien suoritusaikoihinsa ylimääräistä tuotannon poikkeamien varalle, minkä jälkeen pääurakoitsijan edustaja yhdistelee aliorakoitsijoiden arvioista suunnitelman, johon tämä lisää vielä omat puskurinsa suunnitelmien paikkansapitävyyden varmistamiseksi. Tällöin tehtävien suorittamiseen syntyy nopeasti luppoaikaa sekä tyhjiä päiviä, mitkä pidentävät turhaan rakennusvaiheisiin käytettävää aikaa. Golden (2012) tukee tätä ja huomauttaa, että tämä ylimääräinen aika johtaa myös usein siihen, että työn tuottavuus laskee. Tekeminen myös monesti lykkäytyy viimeisille minuuteille. Nämä ylimääräiset puskurit ja niiden taustalla oleva tuotannon puutteellinen suunnittelu aiheuttavat siten ylimääräistä hukkaa rakennushankkeisiin. Tämä on kuitenkin vain pieni osa rakennustyömailla ilmenevästä hukasta.

### 3.1.2 Hukka rakennustyömailla

Rakentamisvaiheen hukka on paljon tutkittu aihe. Hukan merkityksestä tai määrittelystä ei kuitenkaan olla yksimielisiä yrityksissä, eikä tiedeyhteisössä, rakennusalalle tyypillisen suuren tilannekohtaisuuden takia (Josephson & Saukkoriipi 2007; Viana et al. 2012). Bølviken et al. (2014) ovat pyrkineet määrittelemään hukan tarvittavaa suurempana resurssien käyttönä sekä tarvitsemattoman tuotoksen tuottamisena. He jatkavat, että hukka vaihtelee myös tuotantoteorian näkökulmasta. Hukka voidaan TFV-teorian mukaisesti nähdä muodonmuutoksen (transformation) näkökulmasta materiaalien lopputuotteeksi muuntamiseen tarvittavien resurssien käytön ylityksenä. Virtauksen näkökulmasta hukka nähdään puolestaan muutokseen tarvittavan ajankäytön ylityksenä. Arvon näkökulmasta hukkaa on puolestaan kaikki, tuotokseen liittyvä, mikä ei tuota arvoa asiakkaalle. Tämä sisältää, laatupoikkeamat, käyttötarkoituksen puutteen, rakentamisen aikaiset päästöt sekä muun muassa tapaturmat. (Bølviken et al. 2014.)

Hukka voidaan jakaa myös staattiseen hukkaan sekä dynaamiseen hukan leviämiseen (Formoso et al. 2015). Staattinen hukka on heidän määritelmän mukaisesti pistemäistä samalla tavalla toistuvaa hukkaa, jonka taustalla on tuotannon ja tehtävien puutteellinen suunnittelu. Dynaaminen hukan leviäminen on puolestaan tehtävien kestoihin sekä työn virtauksen vaihteluun liittyvää hukkaa. Tätä ovat siten muun muassa tehtävien aikaiset keskeytykset sekä tuotannon poikkeaminen aikataulusta. Dynaamisen hukan luonteeneseen kuuluu, että hukka luo itsessään lisää hukkaa, jolloin se kumuloituu hankkeen edetessä muodostaen hukkaketjuja (Koskela et al. 2013; Formoso et al. 2015). Formoso et al. (2015) jatkavat, että hukkaketjut voivat myös muodostaa hukan kierron, jolloin hukka kokonaisuudet vaikuttavat vastavuoroisesti sekä ydin-, että seuraushukan syntymiseen. Nämä hukkaketjut ja kierrot voivat puolestaan muodostaa yhteisvaikutuksesta hukan verkon, jonka taustasyitä voi olla hyvin vaikea määrittää.

Näiden määritelmien perusteella rakentamisessa on siten paljon ylimääräistä, joka voidaan tulkita hukaksi. Osa hukalta vaikuttavasta toiminnasta voi kuitenkin olla rakennusvaiheelle välttämätöntä toimintaa riippuen tutkijan käyttämän määrittelyn sekä kaiken toiminnan taustalla olevien asiakkaan tarpeiden näkökulmasta. Joka tapauksessa hukka on merkittävä osa rakentamista, sillä monissa tutkimuksissa on osoitettu, että hukka muodostaa suuren osan rakentamisen kustannuksista (e.g. Formoso et al. 1999; Hwang et al. 2009; Viana et al. 2012).

Hukan jaottelu on tehty perinteisesti Womack & Jones (1996) mukaan seitsemään luokkaan alkuperäisen Toyota Production System mukaisesti:

- Tarpeettomat kuljetukset ja siirtelyt
- Ylimääräinen varasto
- Ylimääräinen liike
- Odotus
- Yliprosessointi
- Ylituotanto
- Viat

Näiden lisäksi hukka tyypeiksi on ehdotettu myös tuotteet, jotka eivät vastaa asiakkaan tarpeita (Womack & Jones 1996), make-do hukka (Koskela 2004) sekä työntekijöiden ja heidän osaamisensa hyödyntämisen puutteellisuus (Macomber & Howell 2004). Rakennustuotannon osalta Josephson & Saukkoriipi (2007) nostavat merkityksellisiksi hukan lähteiksi muun muassa viat ja uudelleen tekemisen sekä puutteellisen resurssien käytön.

### 3.1.3 Viat ja uudelleen tekeminen

Vikojen osalta Josephson & Hammarlund (1999) tutkivat seitsemää talonrakennustyömaata kuuden kuukauden ajan. Tuona aikana he havaitsivat 2879 virhettä tai vikaa. Näistä pelkkien selvästi havaittavien vikojen kustannukset nousivat 2.3 % – 9.4 %:iin hankkeiden kustannuksista. He havaitsivat myös, että jopa 21 % havaituista vioista tai puutteista jäi korjaamatta laatutavoitteiden mukaiseksi. Vikoja sekä uudelleen tekemistä on tutkineet myös Love & Li (2000), joidenka analysoimassa asuinrakennushankkeessa uudelleen tekeminen vastasi 3.15 % urakan arvosta. Love (2002b) tutkimuksessa suorat uudelleen tekemisen kustannukset olivat puolestaan jopa 6.4 % sekä välilliset 5.6 %. Fayek et al. (2003) saivat kustannushaarukaksi puolestaan 2 – 12 %. Näiden lisäksi Love & Edwards (2004) havaitsivat Australiassa tehdyssä selvityksessään, että uudelleen tekeminen muodosti 52 % rakennusprojektien kustannusylityksistä. Viat ja uudelleen tekeminen aiheuttavat siten merkittäviä lisäkustannuksia rakennushankkeissa, muodostaen yhden selkeimmistä hukan lähteistä.

Suorien uudelleentekemisen kustannusten lisäksi Josephson & Saukkoriipi (2007) korostavat epäsuorien kustannusten sekä ajankäytön merkitystä. Epäsuorien kustannusten osalta Love (2002a) arvioi, että uudelleen tekemiseen liittyvien epäsuorien kustannusten osuus voi nousta jopa viisinkertaisiksi suoriin korjauskustannuksiin nähden. Tähän liittyy korjattavan kohteen dokumentointia, pääurakoitsijan sekä aliurakoitsijan välistä neuvottelua sekä töiden uudelleen järjestelyä ja suunnittelua. Muutosten tai virheiden kokonaisvaikutuksia voi siten olla vaikea arvioida. Kaikkia vikoja ei myöskään aina huomata, jolloin ne saattavat aiheuttaa ongelmia vielä pitkän ajan kuluttua rakennuksen luovutuksen jälkeen.

Uudelleen tekemisen kustannusvaikutuksiltaan suurimmat lähteet ovat kuitenkin Hwang et al. (2009) tutkimuksen mukaan suunnittelu virheet sekä tilaajan haluamat muutokset. Tällöin tuotannonohjauksen kehityksellä ei pystytäkään vaikuttamaan kaikkeen uudelleen tekemiseen. Urakoitsijan virheet sekä puutteet rakentamismenetelmissä nousivat kuitenkin myös merkitykselliseksi kustannusten lähteeksi heidän tekemässä analyysissään. Tässä oli kuitenkin selvä ero tilaajien raportoimien ja urakoitsijoiden raportoimien hankkeiden väleillä. Tilaajilta kysyessä uudelleen tekemisen syynä oli urakoitsijan ongelmat, kun taas urakoitsijoilta kysyessä ongelmana oli virheet suunnitelmissa.

Urakoitsijan toiminnan merkityksen selvittämiseksi Love et al. (2018) ovat jakaneet uudelleen tekemisen kustannukset projekti uudelleen tekemiseen sekä rakentamisen uudelleen tekemiseen. Tällöin pystytään pois sulkemaan suunnittelu- ja muutospäätökset, joihin ei pystytä vaikuttamaan työmaalla. Tällöin nähdään, että työmaakohtaisen uudelleen tekemisen kustannukset ovat huomattavasti maltillisempia, kuin mitä edellä olevissa tutkimuksissa on esitetty. Heidän suorittamassaan 6 vuoden ajanjaksoa sekä 98 rakennushanketta (AU\$8.65 B) tarkemmin analysoineessa pitkittäistutkimuksessa osoitettiin, että urakoitsijalle kertyvät uudelleen tekemisen suorat kustannukset olivat keskimäärin 0.39 % urakkasopimusten arvosta. Kyseessä olleelle urakoitsijalle tämä tarkoitti 28 % lovea keskimääräisessä vuotuisessa voitossa.

Näiden mahdollisten muutosten, virheiden sekä yleisen laadun vaihtelun takia työn jälkeen joudutaan seuraamaan aktiivisesti. Tämä on myös hukkaa, sillä jos työ tehtäisiin ensimmäisellä kerralla oikein, ei työn jäljen seurannalle olisi tarvetta. Josephson & Saukoriani (2007) huomauttavat myös, että usein samat asiat tarkistetaan monien eri toimijoiden toimesta hankkeen elinkaaren aikana. Työtehtävien tarkistamiseen kuluu siten ylimääräistä aikaa, joka voitaisiin käyttää paremmin muuhun tekemiseen. Toisaalta voidaan perustella, että niin kauan, kuin työtä tekevät ihmiset, inhimillisiä virheitä voi sattua, vaikka muuten toimittaisiinkin esimerkillisesti. Seuranta ja tarkistukset voidaan siten mieltää hyödyllisen toiminnan ja hukan rajamaastoon.

Seurannan tarpeellisuutta voidaan perustella myös tiedonjakamisen puutteiden kautta. Tiedonjanon puutteellisuudesta johtuvia virheitä ovat havainneet muun muassa Love et al. (1999). Heidän tutkimuksessaan vajavainen sekä epäjohdonmukainen tieto aiheutti rakennustyömailla väärinkäsityksiä, kalliita korjaustoimenpiteitä ja näistä seuraavia konflikteja työmaan eri osapuolien välille. Samaa ovat tutkineet myös Macomber & Howell (2004), joidenka mukaan puhumatta ja kuuntelematta jättäminen aiheuttavat suhteessa merkittävästi hukkaa rakennushankkeissa. Vastaava tiedonjaon puutteellisuus on näky-

vissä edelleen nykypäivänä. Esimerkiksi Gamil & Rahman (2018) havaitsivat selvityksessään, että tietokatkoksia tapahtuu työmailla tasaiseen tahtiin, eikä rakennushankkeissa panosteta riittävästi tiedonjohtamisen tai viestintäkanaviin. Tiedonjaon puutteellisuus on siten merkittävä hukan aiheuttaja, kun kaikki tarvittava tieto ei välttämättä liiku riittävän tehokkaasti työntekijöiden, työnjohtajien ja suunnittelijoiden välillä.

### 3.1.4 Työvoiman käyttö

Työvoiman käytön osalta Josephson & Saukkoriipi (2007) seurasivat rakennustyöläisten toimintaa ja havaitsivat, että noin 17.5 % työajasta käytettiin arvoa tuottavaan toimintaan. Arvoa tuottavien toimien välttämättömiin valmisteluihin käytettiin 45.4 % työajasta. Täysin rakentamista edistämätöntä toimintaa eli hukkaa oli heidän havaintojensa mukaan 33.4 %. Hukasta noin 23 % oli odottelua ja liikettä työpisteiden välillä ja loput 10 % muuta ylimääräistä liikettä sekä keskeytyksiä.

Tämän yleisen hukan lisäksi he havaitsivat, että työn tekeminen on hyvin pirstaleista. Keskimäärin työntekijän suorite muuttui taukoja huomioimatta 156 kertaa kahdeksan tunnin työvuoron aikana. Työn pirstaleisuus nousi esille myös Kalsaas (2010) Norjassa tekemässään tutkimuksessa, jossa etenkin kirvesmiesten työssä oli nähtävissä työn katkonaisuutta. Syyksi määritettiin materiaalin ja työvälineiden puutteellisuus sekä mestojen käytön esteet. Hän huomasi myös selviä eroja eri alan työntekijöiden kohdalla ja esimerkiksi sähköaliurakoitsijoiden tehtävissä oli havaittavissa vain vähän hukkaa. Työntekijöiden lisäksi hukkaa on tutkittu myös työnjohtajien ajankäytössä. Esimerkiksi Marjasalon (2011) tutkimuksessa seurattiin 27 työnjohtoon kuuluvan henkilön toimintaa kuukauden ajan rakennustyömailla. Siinä havaittiin, että työnjohtajien ajasta suuri osa kului työntekijöiden ylimääräiseen ohjaukseen ja valvontaan. Tämän syyksi hän esitti making-do hukkaa, joka johtui ainakin osittain tehtävien puutteellisesta suunnittelusta.

Making-do termillä tarkoitetaan työvaiheen aloittamista ilman, että työvaiheen aloittamisen edellytykset ovat täyttyneet (Koskela 2004). Tämä tarkoittaa sitä, että työtä tehdään epäoptimaalisissa olosuhteissa, esimerkiksi puutteellisilla materiaaleilla tai henkilöstöllä, mikä johtaa työtahdin hidastumiseen sekä lisääntyneisiin keskeytyksiin ja virheisiin. Making-do hukan taustalla on, että työmailla pyritään tehokkaaseen toimintaan pitämällä resurssien käyttöaste korkeana. Tässä on usein syynä suunnitelmien ja käytännön tilanteiden ristiriidat. Tällöin työt esimerkiksi aloitetaan suunnitelman mukaisesti, vaikka sen hetken tilanne ei enää suunniteltua vastaisikaan.

Making-do hukan merkittävyys korostuu muun muassa Ballard'in (2000) tutkimuksessa, jossa hän osoitti, että vain noin puolet viikoille suunnitelluista tehtävistä toteutuivat suunnitelmien mukaisesti. Toteutumattomista tehtävistä suuri osa oli jäänyt kesken tai suoritus oli kestänyt merkittävästi pidempään puutteellisten työn edellytysten takia. Koskela (2004) huomautti vielä, että rakennusprojekteille tyypillisesti nämä keskeytykset ja hidastukset aiheuttavat puolestaan sen, ettei seuraavienkaan vaiheiden aloittamisen edellytykset täyty. Tämä voi puolestaan aiheuttaa ketjureaktion, jossa jäädytään aikataulusta yhä enemmän kiireen tuodessa epätarkkuutta tehtävien suorittamiseen.

Making-do hukan rinnalla on myös havaittu hukkaa ohjeiden odottamisessa. Alwi et al. (2002) havaitsivat australialaisia rakennushankkeita koskeneessa tutkimuksessaan, että ohjeiden odottaminen nousi toistuvuuden sekä vaikutusten kautta merkittäväksi hukan aiheuttajaksi työmailla. Tätä esiintyi urakoitsijan henkilöstön sekä eri projektin eri osapuolten välillä. Jatkohaastatteluissa selvisi, että syynä oli usein puutteellinen dokumentointi sekä yleinen puutteellinen tiedonjakaminen.

Tätä tekemisen epäselvyyttä ja tiedonjaon puutteellisuutta vahvistaa myös Josephson & Saukkoriipi (2007), jotka havaitsivat, että työmailla dokumentoidaan valtavasti asiaa, mutta usein niiden käyttötarkoitus sekä käytännön hyödyntäminen olivat hämärän peitossa. Rakennushankkeissa jaettiin myös paljon turhaa tietoa, mikä hidasti oikeasti tarpeellisen tiedon löytämistä. Osa haastatelluista työnjohtajista myönsivät myös, etteivät usein ehtineet perehtymään aineistoon, eivätkä he aina tienneet, mistä tarvittava tieto löytyisi. Vaikuttaisikin siltä, että työmailla käytetään paljon aikaa tiedon keräämiseen ja dokumentointiin ilman, että se edistäisi työn tekemistä, saati asiakkaalle tuotettavaa arvoa.

### **3.1.5 Materiaalien ohjaus**

Materiaalien käsittelystä ja siirtelystä syntyy työntekijöiden ajankäytöllistä hukkaa (Thomas et al. 1989; Womack & Jones 1996; Josephson & Saukkoriipi 2007). Josephson & Saukkoriipi (2007) selvityksessä työajasta kului 13.9 % materiaalien käsittelyyn. Materiaalien käsittelyssä ylimääräistä aikaa kuluu materiaalin ja tuoteosien siirtelyyn vastaanottoalueen, välivaraston sekä työpisteiden välillä (Thomas et al. 1989; Lee et al. 1999). Materiaaleja myös varastoidaan satunnaisesti vapaisiin tiloihin, jolloin sitä joudutaan jälleen siirtämään työvaiheen aloittamiseksi (Pasila 2019). Siirtelyn lisäksi materiaalia joudutaan myös käsittelemään työmaalla (mittaamaan, merkitsemään, leikkaamaan, poraamaan ja tasoittamaan), jolloin materiaalia saatetaan siirrellä ja käsitellä useita kertoja

ennen varsinaista hyödyntämistä. Aikaa kuluu myös materiaalien ja työvälineiden etsiskelyyn (Kalsaas 2010; Pasila 2019). He korostavatkin, että ylimääräistä liikettä voidaan vähentää merkittävästi siirtämällä kerralla tarpeellinen määrä tarvittavaa materiaalia asennuskohteeseen. Tällöin tuotannon- ja hankintojen paremmalla suunnittelulla voidaan lisätä todennäköisyyttä, että tarvittavat materiaalit ovat oikeassa paikassa oikeaan aikaan.

Materiaalin käsittelyn merkitystä tukee esimerkiksi Thomas et al. (1989) tapaustutkimus kahdesta samanlaisesta rakennushankkeesta, joissa vain toisessa oli käytössä selvät ennalta määritellyt materiaalienhallinnan käytännöt. Tarkkailujakso keskittyi rakennuksen teräsrungon rakentamiseen 37 päivän yli. Tuloksena oli, että heikommin hallitussa hankkeessa käytettiin yhteensä 200.6 ylimääräistä työntekijätuntia materiaalien käsittelyyn. Tämä vastasi pelkästään työmaalla käytettyjen työntekijöiden palkoissa sekä nosturin vuokrassa \$8,942 kuluerää. Tämä säästö saatiin pääasiassa aikaiseksi sillä, että paremmin hoidetussa hankkeessa teräs tuotiin suoraan työkohteeseen työvuoron alussa ja, että varastoitavat materiaalit säilöttiin niille ennalta määritetyillä paikoilla siistissä järjestyksessä. Rakennustyömailla voidaan siten säästää suuriakin summia tiedostamalla työmaalla olevat hukan aiheuttajat sekä reagoimalla niihin.

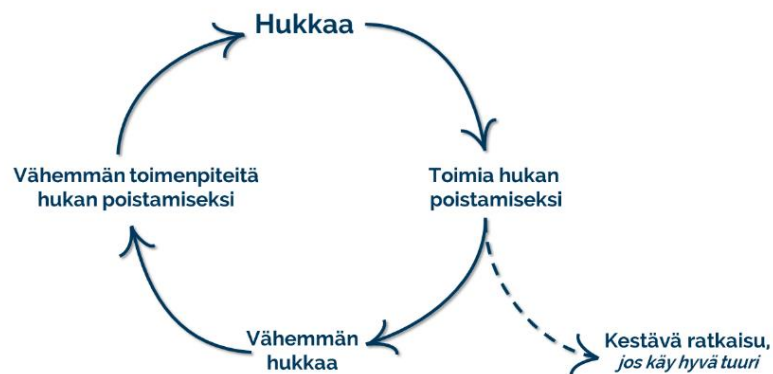
### **3.1.6 Hukkaan vaikuttaminen rakennustyömailla**

Lean-periaatteiden mukaisesti näitä edellä mainittuja hukan aiheuttajia pyritään eliminoidaan rakennushankkeissa. Tässä on kuitenkin ongelmana se, ettei työmailla välttämättä tunneta havaitun hukan juurisyitä, eikä sitä osata etsiä (Emiliani 1998). Tällöin keskitytään vain niin sanottujen oireiden, kuten tehtyjen virheiden korjaamiseen, jolloin samat virheet toistetaan turhaan moneen kertaan. Vastaavaa on havainnut myös Lee et al. (1999) tutkimuksessa, jossa havaittiin, että kohteena olevat rakennuspäälliköt epäonnistuivat usein hukan taustasyiden selvittämisessä. Tämä on toistunut myös Hamzeh et al. (2011) kyselytutkimuksessa, jossa havaittiin, että rakennustyömailla kyllä seurattiin selviä ongelmia, kuten materiaalin puutosta, mutta sen juurisyitä ei analysoitu, eikä työmailla tehty konkreettisia toimenpiteitä vastaavien ongelmien ehkäisemiseksi. Tämän ongelmallisuuden merkitystä tukevat Koskela et al. (2013) korostaen hukan ketjuuntumisen merkitystä. Mikäli pystytään poistamaan hukan ketjureaktion taustalla olevan ydin hukan juurisyitä, voidaan parhaassa tapauksessa estää koko ketjureaktion syntyminen.

Hukan syyn löytyminen ei kuitenkaan aina tarkoita, etteikö hukka uusiutuisi. Mikäli hukan aiheuttajaa ei dokumentoida ja käydä selvästi läpi saattaa hukan aiheuttaja sekä mahdollinen ratkaisu jäädä muutaman osallisen työntekijän tai työnjohtajan muistin varaan ja



unohtua (Fernandez & Sune 2009). Tämä on merkittävä ongelma, sillä rakennusalalle tyypillisesti projektit, projektiorganisaatiot sekä työryhmät vaihtuvat hankkeiden välillä. Tällöin on suuri mahdollisuus, että samat virheet toistuvat seuraavissa hankkeissa. Virheet voivat toistua myös sen takia, että dokumentoitu tieto on vaikeasti hyödynnettävissä muodossa tai heikosti saatavilla (Hari et al. 2004) Toisaalta mikäli hukkaa saadaan vähennettyä, sen merkitys laskee, jolloin siihen kiinnitetään vähemmän huomiota, jolloin hukan määrä pääsee jälleen kasvamaan (kuva 9).



**Kuva 9.** Hukkaan reagoinnin kierto työmaillo (Mukailtu lähteestä Mossman 2009).

Tämän kaltaisen kierron estämiseksi kirjallisuudessa korostetaan organisaation oppimisen merkitystä. Organisaation oppimisen apuvälineiksi on esitetty benchmarking vertailua (Park et al. 2005) sekä systemaattista palautteen keräämistä ja projektien loppukatsauksia (Vilasini et al. 2011). Love et al. (2000) täydentää tähän, että organisaatioiden tulee luoda selvä yhteinen järjestelmä tiedon keräämistä ja hyödyntämistä varten. Tällöin tieto saadaan liikkeelle yksittäisiltä työmaillo, jolloin on mahdollista ehkäistä vastaavan tapahtumista tulevaisuudessa hankkeissa.

### 3.1.7 Rakennustyömaiden hukkatyyppien yhteenveto

Rakennustyömaillo on monenlaista toimintaan liittyvää hukkaa, jotka vaikuttavat hankkeiden tuottavuuteen ja sitä kautta kannattavuuteen (taulukko 1). Näiden lisäksi talotutannon hukkaan liittyviä käsitteitä ovat muun muassa aika- ja materiaalipuskurit, kesken-eräiset tehtävät sekä laitteiden, työvälineiden ja energian epäoptimaalinen käyttö (e.g. Bølviken et al. 2014). Nämä kuitenkin sisältyvät hyvin pitkälti taulukoituihin kokonaisuuksiin.

**Taulukko 1 Rakennustyömaan hukkatyyppien kokonaisuuksia.**

Hukka	Selitys	Tutkijoita
Viat, uudelleen tekeminen ja seuranta	Vaaditun korjaustyön sekä vaaditun seurannan aiheuttama resurssien kulutus.	Josephson & Hammarlund (1999); Love & Edwards (2004); Macomber & Howell (2004); Josephson & Saukkoriipi (2007);
Odottaminen	Työntekijöiden, työvälineiden, sijainnin sekä työvaiheen etenemättömyydestä aiheutuva resurssien kulutus.	Alwi et al. (2002); Koskela (2004); Josephson & Saukkoriipi (2007); Kalsaas (2010); Marjasalo (2010)
Ylimääräinen liike	Työntekijöiden arvoa tuottamattoman liikkumisen aiheuttama resurssien kulutus.	Womack & Jones (1996); Josephson & Saukkoriipi (2007); Marjasalo (2010); Pasila (2019);
Tarpeettomat siirrot ja kuljetukset	Materiaalien, työvälineiden sekä tiedon liikuttamista, joka ei edistä projektin kulkua.	Thomas et al. (1989); Womack & Jones (1996); Lee et al. (1999); Josephson & Saukkoriipi (2007); Pasila (2019);
Making-do ja tehoton työskentely	Työtehtävän suorittaminen ilman, että sen aloituksen edellytykset ovat täyttyneet, käytetään väärä menetelmiä tai työskennellään muuten heikolla työtahdilla.	Ronen (1992); Ballard (2000); Koskela (2004); Naoum (2016)
Puutteellinen tiedonjako	Tietoa joutuu etsimään, sitä ei ole, se on virheellistä tai vanhentunutta ja se aiheuttaa väärin päätösten tekemistä.	Love et al. (1999); Macomber & Howell (2004) Josephson & Saukkoriipi (2007); Gamil & Rahman (2018)

Näistä monen hukan syntymiseen pystyttiin tutkimusten mukaan vaikuttamaan paremmalla suunnittelulla sekä tiedonjaolla. Täten voidaan tehdä oletus, että näitä ongelmia ratkaisevilla tuotannonohjauksen työkaluilla voidaan parantaa työn tuottavuutta sekä tehdä merkittäviä kustannussäästöjä talotuotannossa.

### 3.2 Rakennustyömaiden tuotannonohjauksen käytäntöjä

Vastuu työmaiden tuotannonohjauksesta kuuluu pääurakoitsijalle. Tätä varten valitulla vastaavalla työnjohtajalla tulee olla ajantasainen tilannekuva eli tieto projektin suunnitelluista tavoitteista, tehtävistä työvaiheista, olosuhteista sekä käytettävissä olevista resursseista (Henrich & Koskela 2005). Näiden tietojen avulla pystytään hallitsemaan rakentamisen laatua, nopeutta, luotettavuutta, joustavuutta sekä syntyviä kustannuksia. Nämä muuttujat ovat kuitenkin usein ristiriidassa toistensa kanssa, jolloin on pyrittävä parhaiten hankkeen kustannus-, laatu- ja aikataulutavoitteita palvelemaan tasapainoon. Tämän tasapainon löytäminen sekä toteuttaminen on tuotannonohjauksen päämäärä (Ballard & Howell 1998; Henrich & Koskela 2005).

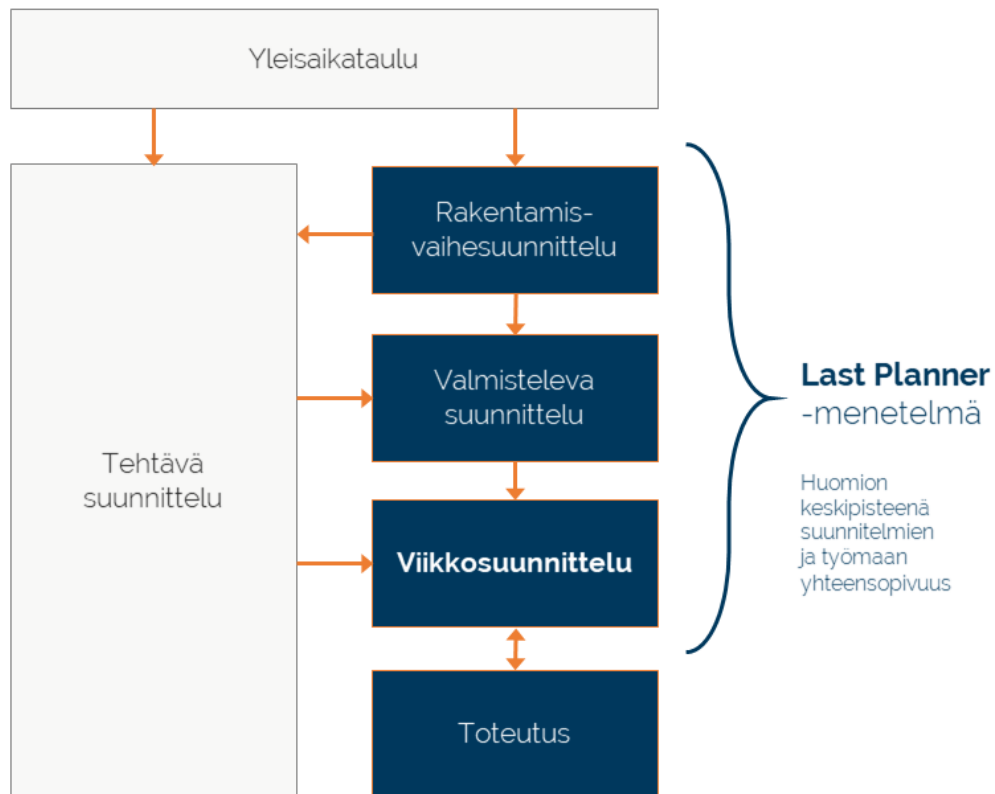
Varsinaisen tuotannonohjauksen tavoitteet määräytyvät rakennussuunnitelmissa. Asiakkaan tarpeita vastaavan rakennuksen suunnittelussa tehdään monia oletuksia rakentamisvaiheiden suorituksesta. Etukäteen voi olla hankala tietää, mitä resursseja on käytettävissä, mitkä menetelmät sopivat parhaiten suunniteltavaan vaiheeseen sekä, miten edellisten vaiheiden tilanne vaikuttaa niitä seuraaviin (e.g. Gonzàles et al. 2008). Ongelmaksi nousee se, ettei suunnittelussa käytettyjen oletusten paikkansapitävyyttä aina varmisteta tai dokumentoida ennen rakentamisen aloitusta, jolloin tehdyt oletukset vaikuttavat merkittävästi työsuorituksen onnistumiseen. (Gonzàles et al. 2008; Gao 2014; Naoum 2016). Virheellisesti tehdyt oletukset voivat aiheuttaa esimerkiksi, ettei tehtävää päästä aloittamaan, se keskeytyy tai vaatii uudelleen tekemistä jälkikäteen. Rakentamishankkeiden puutteellinen suunnittelu ja suunnitteluvirheet ovatkin usein hankkeiden aikataulu- ja kustannustavoitteiden rikkoutumisen taustalla (Doloi 2008).

Näiden epäselvyyksien vaikutusten minimoimiseksi tuotanto tulee suunnitella ja ohjata siten, että ennalta ehkäistään mahdollisten poikkeamien syntyminen sekä varaudutaan niiden aiheuttamiin vaikutuksiin. Perinteisenä tavoitteena onkin, että tuotanto suoritetaan suunnitelmien mukaisesti ja mikäli poikkeamia syntyy, toiminta palautetaan raiteilleen mahdollisimman nopeasti (Ballard & Howell 1998). Toimivan suunnitelman tekemiseksi on myös pyrittävä ennustamaan rakentamisvaiheiden ja olosuhteiden kehittyminen projektin edetessä. Ongelmana on kuitenkin se, että mitä tarkempi ja mitä pidemmän aikavälin ennuste tehdään, sitä varmemmin todellisuus poikkeaa ennustetusta (Hamzeh et al. 2011). Tehty suunnitelmat eivät takaakaan sitä, että suunniteltu resurssi olisi oikeasti käytettävissä suunnitellulla hetkellä. Suunnittelussa on siten myös varmistuttava, että tehtävien edellytykset ovat oikeasti täytettyinä oikealla hetkellä. Tämänkaltaisten käytännön ongelmien huomioimiseksi sekä tuotannon virtauksen tehostamiseksi on kehitetty tuotannonohjausjärjestelmä Last Planner System.

### **3.2.1 Last Planner System**

Last Planner System (LPS) on yksi merkittävämpiä Lean-rakentamisen tuotannonohjaus menetelmiä. Siinä pyritään tehostamaan tuotantoa vähentämällä työtehtävien suorituksen vaihtelua panostamalla lyhyenaikavälin suunnitteluun ja ohjaukseen (Ballard 2000; Hamzeh et al. 2011). Tämän keskiössä on tehtävien edellytysten suunnittelu ja varmistaminen ennen työn aloittamista. Tämä poikkeaa perinteisestä tuotannosuunnittelusta siten, että suunnittelun painopiste siirtyy yleisaikataulun noudattamisesta rakentamisvaihe- ja viikkosuunnittelutasolle. Koskela et al. (2009, s. 9) tarkentavat tähän, että Last Planner -menetelmässä huomioidaan työtehtävien suorittamiseen liittyvä luontainen

vaihtelevuus, mitä ei ole erikseen huomioitu perinteisessä tuotannonohjauksessa. Tämän lisääntyneen ohjaustarpeen takia Last Planner -menetelmän hyödyntäminen edellyttää järjestelmällistä suunnittelua (kuva 10). Nämä vaiheet muodostavat menetelmän mukaisen suunnittelun neljä tasoa järjestyksessä: pitäisi tehdä, voidaan tehdä, tehdään ja tehtiin (Ballard 2000).



**Kuva 10.** Last Planner -menetelmä (Mukailtu lähteestä Koskela et al. 2009, s. 13).

Tämän prosessin aikana tuotanto saadaan suunniteltua riittävän tarkalle tasolle käytännön toteuttamista ja seuranta varten. Samalla aikataulut tarkentuvat, kuukausitasolta viikkotasolle ja edelleen päivätasolle asti suunnittelun edetessä.

Menetelmän rakentamisvaihesuunnittelussa määritetään tarvittavat työt, niiden oikea aikainen suoritus sekä tarvittavat resurssit. Tähän kuuluu, että suunnittelu pyritään toteuttamaan yhteistyössä töiden vastuuhenkilöiden kanssa (Ballard & Howell 2003; Hamzeh et al. 2011). Suunnittelussa vastuuhenkilöt hahmotellevat rakentamisvaiheen toteuttamiseksi tarvittavat tehtävät imuperiaatteella eli käänteisenä vaiheaikatauluna (KVA) rakentamisvaiheen lopputilanteesta alkua kohden. Samalla asettaen yleissuunnitelman

mukaiset välitavoitteet suunnitelmaan. Ballard & Tommelein (2016) jatkavat, että välitavoitteiden saavuttamiselle tulee asettaa selvät, yhteisesti tiedossa olevat kriteerit imusuunnittelun onnistumiseksi. Valmiin vaiheikataulun tulee yhdistyä projektin keskeiseksi kartaksi ja siten vaikuttaa rakennuksen suunnitteluun sekä hankintoihin (Ballard & Howell 2003). Vaiheikataulussa on heidän mukaansa kiinnitettävä erityistä huomiota tehtävien välisiin luovutuksiin, sillä ne toimivat tehtävien vastuuhenkilöiden eli Last Plannerien tuotannonohjauksellisina tavoitteina.

Vaiheikataulun suunnittelun jälkeen tehdään valmistelevaa suunnittelua. Valmistele- vassa suunnittelussa rakentamisvaiheet jaetaan erillisiksi tehtäväkokonaisuuksikseen, joille määritetään niiden aloitusten edellytykset. Tämän jälkeen sovitaan mitä tehtäviä tehdään missäkin järjestyksessä, kuka töistä vastaa ja mitä resursseja missäkin työtehtävän vaiheessa tarvitaan. Valmistelevan suunnittelun tulisi ylittää rakentamisvaiheen aloitus päivämäärästä 3 – 12 viikkoa eteenpäin riippuen suunniteltujen tehtävien aloitus- ten edellytysten varmistamisen todennäköisestä kestosta. (Ballard & Tommelein 2016.)

Viikkosuunnittelussa päätetään viikolla suoritettavat tehtävät sekä varmistetaan tehtä- vien edellytysten olemassaolo tehtävän aloitushetkellä. Samalla varmistetaan, että työ- maan tilanne ja olosuhteet vastaavat suunniteltua (Koskela et al. 2009, s. 21). Lopuksi vain ne tehtävät, joille löytyy suorituksen onnistumisen luotettavasti lupaava vastuuhenkilö, hyväksytään ja sisällytetään viikkosuunnitelmaan (Ballard & Tommelein 2016).

Rakentamisen alkaessa valmiiden viikkosuunnitelmien toteutumista seurataan viikoit- tain. Samalla tarkistetaan tehtävien toteutumisen edellytykset. Seurannassa määrite- tään, mitkä suunnitellut tehtävät ovat toteutuneet ja mitkä ovat kesken. Tämän suunni- telmien luotettavuuden tunnuslukuna käytetään tehtävien toteutumisprosenttia TTP (Hamzeh et al. 2011). TTP kuvaa siten viikkosuunnitelman mukaisesti toteutuneiden teh- tävien suhdetta kaikkiin suunniteltuihin. Sitä seuraamalla nousevat mahdolliset ongelmat esille. Tällöin niihin voidaan reagoida korjaavalla ohjauksella, jolloin vältytään uusilta on- gelmilta (Macomber et al. 2005). Tehtävät, jotka eivät ole toteutuneet suunnitelman mu- kaisesti, tulee analysoida syiden löytämiseksi (Ballard & Howell 2003; Koskela 2009, s. 32).

### 3.2.2 Tuotannosuunnittelu käytännössä

Tuotannosuunnittelu lähtee perinteisesti päätoteuttajan itse laatimasta yleisaikataulusta. Se tarkentuu alustavasta yleisaikataulusta sopimusyleisaikatauluksi ja siitä edelleen työaikatauluksi. Tähän yleisaikatauluun päätoteuttaja yhdistelee hankkeen suorittamiselle keskeiset työvaiheet, niiden kestot ja tarvittavat resurssit. Aikataulut mitoitetaan keskimääräisten tehollisten työvuoroaikojen sekä pelivarojen avulla. Valmis yleisaikataulu muodostaa ajallisen pohjan tehtäville urakkasopimuksille. Sen tarkoituksena on siten toimia koko työmaan toteuttamisen punaisena lankana. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, s.45.)

Ongelmana yleisaikataulussa on kuitenkin se, että aikataulun suunnittelija joutuu usein tekemään karkeita oletuksia rakentamiseen liittyvistä muuttujista, sillä tarvittavaa tietoa ei välttämättä ole vielä olemassa tai saatavilla (Koskela & Koskenvesa 2003; Seppänen et al. 2015.) Yleisaikataulu myös vanhentuu nopeasti ja sen päivittäminen on käytännön toteutuksen kannalta haasteellista. Tämä johtuu osaltaan heidän mukaansa siitä, että tuotannonjohto on kiireinen lyhyenaikavälin tehtävien suorituksen ja ongelmien kanssa, jolloin ylemmän tason suunnitelmille ei yksinkertaisesti jää aikaa. Perinteisessä tuotannonohjauksessa ongelmaksi muodostuu myös se, ettei niissä ole käytössä systemaattista tapaa viikkotason suunnitelmien tekemiselle. Tällöin työtehtäviä suunnitellaan usein jo vanhentuneen yleissuunnitelman perusteella. (Koskela & Koskenvesa 2003.)

Rakentamisessa vaaditaan myös monien eri alojen ammattiosaamista, jolloin päätoteuttajan itse tekemä suunnitelma ei välttämättä vastaa todellisuutta kovinkaan tarkasti. Ballard (2003) korostaakin, että Last Planner -menetelmässä yleisaikataulua tulisi käyttää lähinnä projektin ajallisen rungon sekä virstanpylväiden määrittämiseen ja seurantaan. Seppänen et al. (2015) tukevat tätä ja argumentoivat, että yleisaikataulun tulisi sisältää vain vaiheiden tavoitteelliset päivämäärät, tärkeät virstanpylväät sekä tehtävät, joilla on erityisen pitkä läpimenoaika.

Käytännön rakentaminen suunnitellaankin vasta rakentamisvaihesuunnitelmassa. Monipuolisen osaamisen hyödyntämiseksi vaiheaikataulu suunnitellaan Last Planner -menetelmän mukaisesti yhteisessä käännetyn vaiheaikataulun (KVA) -tilaisuudessa. Suunnittelu voidaan myös tehdä osana Big Room -menettelyä (Kerosuo et al. 2013). Siinä asiantuntijat (tilaaja, suunnittelijat, rakentajat) työskentelevät samassa tilassa jakaen aktiivisesti informaatiota keskenään, jolloin tiedonjako on tehokkaampaa, kuin erikseen työskentelevillä. Se on heidän mukaansa erityisen hyödyllinen menetelmä etenkin suuremmissa projekteissa.

Tavallisilla työmailla käännetty vaihe aikataulu tehdään toimihenkilöiden yhteisessä tilassa, josta työmaata johdetaan. Tilasta varataan usein kokonainen seinä suunnittelua varten. Seinälle vastuuhenkilöt merkitsevät lopputilanteen toteuttamiseksi tarvittavat rakennusvaiheet sekä tehtävät esimerkiksi Post it -lapuilla. Tehtäviin merkitään myös kriittiset aloituksen edellytykset, jotka tehdään tiedoksi edeltävien vaiheiden vastuuhenkilöille. Näin vältetään väärinkäsitykset sekä turhat keskeytykset. Aikatauluun määritetään myös tehtävien kestot sekä tarvittavat puskurajat yhteisesti suunnitteleamalla. Ballard & Howell (2003) sekä Hamzeh et al. (2011) korostavat tämän yhteisen suunnittelun tärkeyttä, sillä se mahdollistaa eri osapuolten tietämyksen hyödyntämisen suunnittelussa, luo yhteisen tilannekuvan sekä tutustuttaa eri toteuttajat toisiinsa. Tällöin helpottuvat myös yleinen tiedonvälitys sekä toimijoiden välinen yhteistyö.

Tehtävien edellytysten määrittämisessä Ballard & Tommelein (2016) korostavat työmaille selvää työnjakoa. Rakennustehtävillä on usein monenlaisia edellytyksiä, joiden varmistamiseksi pitää ottaa monia eri asioita huomioon. Tätä varten valmistelemaa suunnittelua tekevällä tulee olla selvänä, keltä tai mistä edellytyksiä lähdetään selvittämään. Samalla työnjohdon tulee tietää, mitä aloituksen edellytyksiä on määritettynä ja miten ne tarkistetaan. Tämän merkitystä tukee muun muassa Ahosteen (2020) tutkimus, jossa havaittiin, että taso, jolla työnjohtajat selvittivät tehtävien edellytyksiä, vaihteli paljon, eikä selvitettyjä edellytyksiä varmistettu riittävän tarkasti viikkosuunnittelussa. Tällöin työnjohdon työnjaon tulee selkeätä, sillä kynnys riittävän edellytysten selvityksen tekemiselle nousee nopeasti, jos on epävarmuutta tiedon olemassaolosta tai merkityksestä.

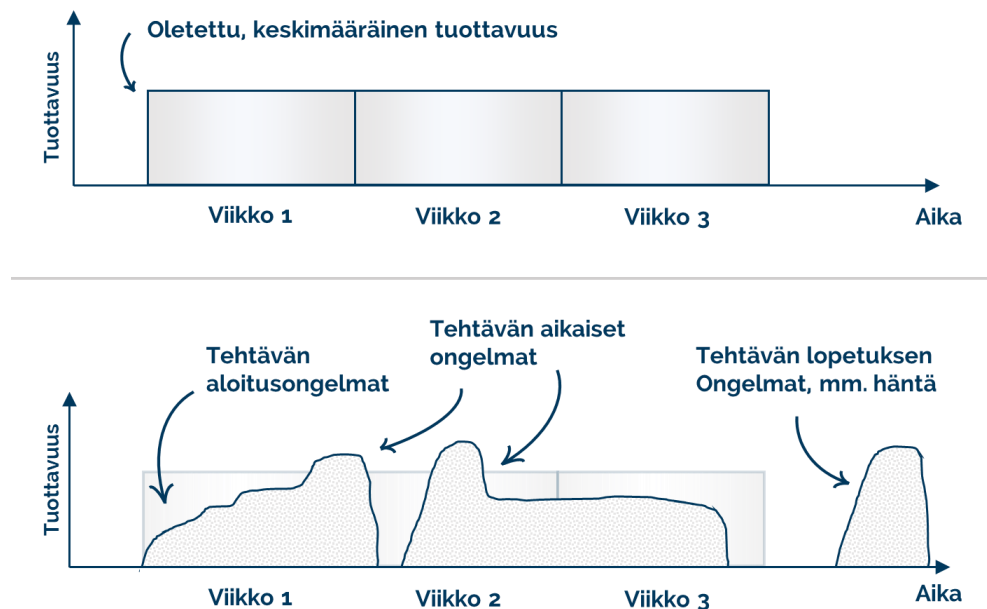
Viikkosuunnittelua tehdään puolestaan yhteisesti viikkopalavereissa. Ennen varsinaista palaveria työnjohtajat tekevät yleensä alustavan suunnitelman oman vastualueensa seuraavan viikon tekemisestä. Varsinaisissa palavereissa vastuuhenkilöiden suunnitelmat yhdistetään ja muodostetaan kokonaiskuva työmaan etenemisestä. Samalla neuvotellaan töiden suorittamisesta, etenkin niiden töiden osalta, joidenka välillä on merkittäviä riippuvuussuhteita. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, s.107.)

Viikkosuunnittelussa tärkeään asemaan nousee tehtyjen lupauksen luotettavuus. Tätä korostavat Hamzeh et al. (2011) sekä Ballard & Tommelein (2016) painottamalla, että toiveajatteluun perustuvat lupaukset toteutuvat harvoin käytännössä. Tekijöiden on siten oltava tietoisia omasta kyvykkyydestään sekä suunnittelun aikavälin vapaasta työkapasiteetistaan. Tämän tarkoittaa Ballard & Tommelein (2016) mukaan sitä, että suunnittelussa pitää pystyä sanomaan ei, mikäli tehtävän suorittaja (Last Planneri) ei realistisesti pysty tehtävää suorittamaan. Last Plannerin tulee siten hyväksyä tehtävän määrittely, rajaus ja tilannekohtainen järkevyyden lupauksen tekemiseksi.

Perinteisessä rakentamiskulttuurissa tämä tekijöiden kuuntelun puuttuminen on ollut merkittävä ongelma tuotannonohjauksen kannalta (Koskela & Koskenvesa 2003; Ballard & Tommelein 2016). Koskela & Koskenvesa (2003) selittävät, että perinteisesti on oletettu, että tehtävät toteutuvat määräämällä tekijä kuhunkin tehtävään. Tällöin kuitenkin tehdään karkea oletus, että tekijä saa suoritettua tehtävän täysin suunnitelman mukaisesti ja on ymmärtänyt tehtävänannon oikein. Samalla tekijät saattavat myös luvata ilmoitetun tehtävän suunnitelman mukaisesta toteutuksesta, käytännön realiteetteja myöntämättä. Tässä on siten selvä ongelma viestinnässä, joka voi aiheuttaa turhia häiriöitä tuotannon virtaukseen.

### 3.2.3 Tuotannonohjaus työmaalla

Työmaalla pyritään suorittamaan työvaiheet suunnitelmien mukaisesti. Samalla koordinaadaan eri työryhmien ja aliurakoitsijoiden liikkeitä ja tekemisiä työkohteissa. Tämä on kuitenkin haastava ja lopullinen toteutus poikkeaa usein suunnitellusta. Taustalla ovat moninaiset käytännön työn suoritukseen liittyvät ongelmat, jotka voidaan jakaa kolmeen pääryhmään. Ongelmia esiintyy tehtävien aloituksessa, sen aikana sekä sen lopetuksessa (kuva 11).



**Kuva 11.** Rakentamisen ongelmien vaikutus suunnittelun tarkkuuteen (Mukailtu lähteestä Koskela & Koskenvesa 2003).



Näiden ongelmien takia voi olla vaikea pysyä kartalla siitä, missä vaiheessa työmaalla oikeasti mennään. Last Planner -menetelmässä pyritään kuitenkin suunnittelemaan tehtävien aloitusten edellytykset, jolloin aloittamisen ongelmat vähenevät. Siinä myös varmistetaan tekemisen edellytysten täytyminen viikoittain, jolloin myös pidempikestoiset tehtävät pysyvät paremmin hallinnassa. Viikon toiminnan tarkempi suunnittelu varmistaa myös sen, ettei kesken viikon ilmene muita suunnittelemttomia töitä, jotka voisivat häiritä suunniteltujen tehtävien suorittamista. (Koskela & Koskenvesa 2003.)

Viikkosuunnitelmien toteutumista seurataan työmailla tarvittaessa päivittäin. Tällä päivittäisellä seurannalla pidetään yllä reaaliaikaista tilannekuvaa sekä pystytään tarvittaessa reagoimaan poikkeamiin nopeasti. Tämä korostuu Koskelan & Koskenvesan (2003) mukaan tilanteissa, jossa työmaalla on useampia työryhmiä yhtäaikaaisesti tekemässä toisistaan riippuvia tehtäviä. Tällöin kunkin tehtävän suoritukselle on oma ajankohtansa, jolloin tulee varmistua, että jokainen työryhmä pääsee suunnitellusti työkohteeseen suorittamaan oman tehtävänsä. Koskenvesa & Sahlstedt (2011, s. 94) jatkavat tähän korostamalla, että ajantasainen viikkosuunnitelmanäkymä kannattaa pitää esillä kaikille urakoitsijoille, jotta työkohteiden sitoutuminen sekä vapautuminen ovat helposti nähtävillä. Samalla luodaan tervettä painetta aikataulussa pysymiseen sekä yhtenäistetään erilliset urakoitsijat yhteisellä läpinäkyvällä tavoitteella.

Häiriöiden ilmetessä, niihin tulee reagoida nopeasti, jotta niiden negatiiviset vaikutukset saadaan pidettyä minimissään. Tähän kuuluu selkeiden keskeytysten ja aloituksen lykähäyksen lisäksi tehtävän puutteelliset edellytykset ja olosuhteet, jotka voivat pidentää tehtävän kestoa (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, s. 95). Häiriöön reagoimalla voidaan vielä vaikuttaa syntyvän kokonaishukan määrään ja siten tasata tehtävän aikaisia työsaavutuksia. Jos tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, nopea reagointi mahdollistaa aikataulujen ja resurssien uudelleen koordinoitua. Tällöin voidaan osaltaan ehkäistä häiriön vaikutuksia seuraavien työryhmien ja toimijoiden suunnitelmiin. Esimerkkinä liian hitaasta reagoinnista voisi olla, että seuraavan työvaiheen suorittajat saapuvat paikalle pääsemättä aloittamaan tehtäväänsä, jolloin syntyy turhaa odottelua sekä lisäselvittelyjä työntekijöiden ja työnjohtajien välillä.

Tapahtuessaan näiden viivästymisien ja vikojen juurisyyt tulee selvittää. Juurisyyden löytämiseksi Ballard (2003) suosittelee 5x Miksi analyysiä, jossa nimensä mukaisesti iteroidaan tapahtuman syytä viisi kertaa. Tarkoituksena on, että vastaavat ongelmat voidaan välttää jatkossa. Monissa tutkimuksissa on kuitenkin huomattu, että syitä kyllä pohditaan, mutta niistä ei useinkaan opita (Emiliani 1998; Lee et al. 1999; Ballard 2003; Hamzeh et

al. 2011). Työmailla voi siten käydä, että virheet ja niiden pohditut syyt kirjataan vastaanottokatselmuksiin ja työmaapäiväkirjoihin, mutta ne unohdetaan sen jälkeen. Yrityksissä voikin olla paljonkin hyödyllistä tietoa dokumentoituna, mitä ei kuitenkaan hyödynnetä aktiivisesti (Hari et al. 2004; Carrillo et al. 2013).

### 3.2.4 Last Planner -menetelmän käytännön ongelmia

Last Planner -menetelmän käyttöönotossa ja sen täysimittaisessa hyödyntämisessä on havaittu kohtuullisen paljon ongelmia (Fernandez-Solis et al. 2013; Daniel et al. 2015; Dave et al. 2015; Lagos et al. 2016; Lagos et al. 2017). Yleisiä Last Planner-menetelmän käyttöön liittyviä ongelmia ovat Fernandez-Solis et al. (2013) mukaan: muutostavara, osaamisen ja ymmärryksen puute, sitoutumattomuus uuden järjestelmän käyttämiseen sekä puutteellinen johtaminen rakennushankkeissa. Nämä kaikki häiritsivät menetelmän tuomien hyötyjen toteutumista. Havaittujen ongelmien huomattiin myös korostuvan uuden menetelmän käyttöönottovaiheessa. Yleensä tilanne kuitenkin helpotti kokemuksen karttuessa.

Dave et al. (2015) havaitsivat omassa selvityksessään, että Last Planner -menetelmää pidetään kyllä järjestelmällisesti järkevänä toimintana, mutta sen käytännön toteutus jäi usein puolittiehen. Vaikeuksia oli etenkin uuden aikataulusjärjestelmän noudattamisessa ja etenkin, valmisteleva suunnittelu jäi monissa tapauksissa lähes kokonaan teorian tasolle. Työmailla toteutettiin myös ad-hoc toimenpiteitä tilanteen mukaan, jolloin erityisesti yleisaikataulun merkitys hävisi työmaan toiminnan ohjaajana. He sekä Lagos et al. (2016) huomasivat myös tutkimuksissaan, että tehtävien edellytysten hallinta, juurisyy analyysit sekä korjaavien toimenpiteiden suorittaminen jäivät usein puutteelliselle tasolle. Last Planner -menetelmä tiivistyikin käsittämään lähinnä rakennusvaihe- ja viikkosuunnittelua, jolloin menetelmän hyötyjen toteutuminen jäi vajavaiseksi.

Tilanne ei kuitenkaan aina ole tämä. Esimerkiksi Rotimi & Zaeri (2016) Uudessa-Seelannissa tekemässä tutkimuksessa vain 27 % vastaajista hyödynsi käänteistä rakentamisvaihesuunnittelua, kun taas 100 % vastaajista ilmoitti hyödyntävänsä valmistelevaa suunnittelua. Tulokset ovat siten päinvastaisia, kuin Daniel et al. (2015) sekä Lagos et al. (2016) tutkimuksissa. Rotimi & Zaeri (2016) selvittelivät rakentamisvaihe aikataulun käytön vähyyttä ja saivat vastaukseksi, että noin kolme neljästä vastanneesta suorittivat valmistelevan suunnittelun suoraan yleisaikataulusta tehtävät pilkkomalla. Last Planner -menetelmän yhdeksi tutkimukselliseksi ongelmaksi nouseekin sen soveltava ja tapaus-

kohtainen implementointi. Sitä ei kuitenkaan voida näiden tutkimusten perusteella sanoa, kuinka paljon häiriöitä soveltaminen voi mahdollisesti aiheuttaa lopulliseen arvontuontiin.

Aikataulusuunnitelmien käytännön tekemisen osalta, ongelmana oli Dave et al. (2015) mukaan siihen käytetyt ratkaisut, kuten Post it -lappu ja Excel-taulukko aikataulut. Nämä manuaaliset järjestelyt eivät heidän mukaansa mahdollista aikataulujen ja suunnitelmien suoraviivaista yhdistämistä ja järjestelmien integrointia. Ne eivät myöskään kunnolla tue systemaattista tehtävien edellytysten analysointia. Yhdeksi suureksi ongelmaksi muodostuukin Last Planner -menetelmän suunnittelutasojen yhteen liittämisen puutteellisuus. Tällöin suunnittelu keskittyy lähinnä painotettuun lyhyen aikavälin suunnitteluun, jolloin menetelmän kokonaiskuvan tuomat hyödyt jäävät käyttämättä. Usein myös tehtävien jatkuvuus sekä työn virtaus jäävät epäselviksi, kun suunnittelu jää vain välittömän tulevaisuuden tasolle. Tätä mielipidettä tukee Lagos et al. (2017) argumentoimalla, että Last Planner -menetelmän käyttöönoton ongelmia voidaan vähentää nykyaikaisilla IT järjestelmillä, sillä ne helpottavat menetelmän käytössä tarvittavan tiedon hallintaa. Dave et al. (2015) jatkavatkin, että toimivan Lean-aikataulusjärjestelmän tulisi pystyä integroimaan suunnittelun tasot yhteen, lyhyen aikavälin suunnitelmista aina yleis- ja vaiheaikatauluun asti. Tämä vaatii, että tieto kulkee saumattomasti eri tasojen välillä. Tämä mahdollistaa puolestaan eri suunnittelutasoilla tapahtuvien päätösten ja päivitysten merkitysten analysoinnin sekä niihin reagoinnin.

Kaikkien näiden ongelmien taustalla vaikuttaa kuitenkin usein yksi yhteinen tekijä. Se on rakennusalan tyypillinen toimintamalli, jossa työn johtaminen lähtee vastuuhenkilöistä yksilöinä, ei yhteisestä yritysstrategian mukaisesta toimintakulttuurista. Tähän liittyy se, että työnjohtajat tekevät usein päätöksensä pääosin oman kokemuksensa sekä intuition perusteella, jolloin tekemiseen sisältyy paljon vaihtelua (Lantelme & Formoso 2000; Dave et al. 2015). Soibelman et al. (2008) tukevat tätä kertomalla, että yleisen tiedon puutteen takia rakennushankkeiden aikataulusuunnittelussa luotetaan ihmisten hankke- ja tilannekohtaisiin päätöksiin, jolloin henkilökohtaiset tuntemukset nousevat usein päälimmäiseksi päätöksenteon kriteeriksi.

### **3.2.5 Last Planner -menetelmän hyötyjä**

Last Planner -menetelmän havaittuja hyötyjä ovat tutkineet muun muassa Fernandez-Solis et al. (2013). He keräsivät yhteen 26 Last Planner -menetelmää tutkineen tapaus-tutkimuksen tulokset vuosilta 2000 – 2009. Näistä tutkimuksissa oli havaittu samoja vai-

kutuksia, mutta monissa oli myös eriävyyksiä jollain osa-alueilla. Selkeimpiä menetelmän tuomia hyötyjä oli kuitenkin Fernandez-Solis et al. (2013) mukaan yhdeksän (kuva 12).

#### Last Planner menetelmän hyötyjä

- 1 Työnvirtauksen luotettavuuden lisääntyminen
- 2 Projektin toimitus- tai tuotantoajan lyhentyminen
- 3 Parantunut toimitusketjun integrointi
- 4 Lisääntynyt kommunikointi projektiin osallistuvien välillä
- 5 Vähemmän "tulipalojen" sammuttelua / päivittäisiä ongelmia
- 6 Työn laadun parantuminen työmaalla
- 7 Parantuneet johtamiskäytännöt
- 8 Tiedonkäytön ja oppimisen tehostuminen
- 9 Vähentynyt stressi työmaalla

**Kuva 12.** Last Planner -menetelmästä havaittuja hyötyjä (Mukailtu lähteestä Fernandez-Solis et al. 2013).

Näiden tulosten perusteella voidaan todeta, että Last Planner -menetelmästä on hyötyä rakennushankkeissa. Etenkin tarkemmat suunnitelmat sekä työmaan yleisen tilannekuvan parantuminen näyttäisi lisäävän rakentamisen tuottavuutta sekä suunnitelmissa pysymisen todennäköisyyttä. Näitä havaintoja on tukemassa Ryan et al. (2019) suorittama kyselytutkimus, jossa 92 % vastanneista piti Last Planner -menetelmää hyödyllisenä ja havaitut hyödyt olivat vastaavia Fernandez-Solis et al. esille nostamien kanssa. Suurin osa vastaavista tarkastelluista tutkimuksista perustuu kuitenkin kysely- ja haastattelu tutkimusten tietoihin, jolloin analysoitavaa numeerista dataa ei ollut saatavilla. Joitain arvioita löytyy kuitenkin projektien aikataulu ja kustannusvaikutusten osalta.

### 3.2.6 Kehityksen vaikutuksia projektikustannuksiin

Asiaa on tutkittu monissa tapaustutkimuksissa sekä niiden kollaaseissa, joista voidaan saada näkemystä toimivan tuotannonohjauksen tärkeydestä käytännössä. Ongelmana on, että saatavat tulokset ovat suurilta osin laadullisia ja hankalasti kohdistettavia, jolloin tarkkojen lukuarvojen määrittäminen on hyvin haasteellista. Seuraavaksi on kuitenkin esitetty muutama tapaustutkimus, jotka osoittavat tuotannonohjauksen kehittämisen vaikutuksia myös numeerisessa muodossa.

Ensimmäisenä on Andersen et al. (2012) Norjassa tekemä tutkimus, jossa he havaitsivat uuden sairaalan rakennushankkeessa, että Lean-rakentamisen avulla saavutettiin: nopeampi rakentamisen läpimenoaika, parempi aikataulun noudattaminen, selvästi parantunut rakentamisen laatu sekä tapaturmien vähentyminen. Heidän suorittamien haastatteluiden pohjalta hyötyjen taustalla oli, paremmin määritellyt ja hallittavissa olevat kontrollialueet, selventynyt tilannekuva sekä realistisemmat vaihesuunnitelmat. Leanin tuotamiksi kokonaiskustannushyödyiksi he laskivat 2.6 – 3.4 % /m<sup>2</sup> sekä 55.1 % alentuneissa takuukustannuksissa. Heillä ei kuitenkaan ollut mahdollisuutta varmistaa puhtaasti Lean menetelmän tuottamia hyötyjä. Haastatteluiden perusteella Lean rakentamisella oli kuitenkin merkittävä vaikutus rakentamisvaiheen onnistumisissa.

Yhdysvaltojen puolella Umstot et al. (2014) tutkivat \$1.6 miljardin julkista kehitysinvestointiohjelmää. Osaan ohjelman rakennushankkeisiin implementointiin Lean-rakentamisen periaatteet finanssikriisin (2008) leikattua budjettia merkittävästi. Lean-periaatteilla pyrittiin ehkäisemään pitkiä odotusaikoja sekä epätehokasta resurssien käyttöä. Samalla otettiin käyttöön rakennusten tietomallintaminen (BIM). Tarkastelun kohteeksi valikoitui 35 valmistunutta rakennushanketta, joista 15 oli ottanut käyttöön Lean-periaatteet sekä rakennusten tietomallintamisen. Yhdessä nämä johtivat tutkituissa rakennushankkeissa 42 % alhaisempiin muutostöiden määrään. Rahallisesti tämä kehitys tarkoitti 15 tutkitun projektin osalta arvioidusti \$13.6 miljoonaa eli \$900,000 per rakennushanke. Tutkimuksessa ei kuitenkaan pystytty erottelemaan Lean-periaatteiden osuutta tästä summasta. Sen arveltiin kuitenkin olleen merkittävä.

Umstot et al. (2014) selvittivät samassa tutkimuksessa myös aikataulussa pysymistä. Kohteena tässä osiossa oli 34 valmistunutta rakennushanketta, joista samat 15 käyttivät Lean-periaatteita ja rakennusten tietomalleja. Hankkeissa käytettiin kriittisen polun menetelmää aikataulutuksessa, joka johti siihen, että vain 4 / 34 valmistui ajallaan. Näistä 3 kuului Lean-periaatteita ja rakennusten tietomalleja hyödyntävien joukkoon. Ne nostivat aikataulussa pysymisen siten viidestä prosentista 20 %:iin. Tulokset olivat kuitenkin kokonaisuudessaan sen verran surkeita, että ohjelmasta vastaava taho määräsi Last Planner -menetelmän ja etenkin siihen kuuluvan imuohjauksen käyttöönotettavaksi kaikissa jäljellä olevissa hankkeissa. Lean-periaatteiden mukailu ei siten itsesään ole vielä riittävä korjaamaan perinteisen tuotannosuunnittelun ongelmia käytännössä. Last Planner -menetelmän vaikutukset eivät kuitenkaan olleet vielä tiedossa sillä hankkeet olivat vielä kesken artikkelin julkaisuhetkellä.

Toisessa Yhdysvalloissa tehdyssä tutkimuksessa Min et al. (2011) havaitsivat merkittävän öljynjalostamon laajennuksessa, että Last Planner -menetelmä oli merkityksellisenä

osatekijänä työn virtauksen sekä työn tuottavuuden parantumisessa. Tätä oli tukemassa havainto siitä, että vuoden kestäneen tapaustutkimuksen työkohteissa toimineen urakoitsijan arvioidut työ kustannukset alittuivat 24 %. Hyödyt olivat siten merkittäviä, vaikka Last Planner -menetelmän osuutta ei pystyttykään varmistamaan.

Locatelli et al. (2013) tekivät puolestaan kirjallisuuskatsauksen 19 rakennushankkeen tapaustutkimuksista. Näissä Lean-rakentamisen avulla pystyttiin keskimäärin saavuttamaan 20 – 30 % aikasäästöt sekä vastaava korotus tuottavuudessa. Näiden taustalla oli useita tekijöitä, jotka vastasivat muissa tutkimuksissa havaittuja. He suorittivat myös jatkokohaastatteluita alan ammattilaisille alkuperäisen katsauksen tulosten perusteella. Haastatteluiden tuloksissa he korostavat Lean-rakentamisen hyödyiksi uudelleen tekemisen vähentymistä, projektien suorituksen luotettavuutta sekä sen yhteisvaikutusta eli rakennushankkeiden budjetin mukaista toteutumista.

Mohan & Iyer (2005) analysoivat vastaavasti 16 yritystä, joiden rakennushankkeissa hyödynnettiin Lean-rakentamisen periaatteita. Tämä eroaa hieman Locatelli et al. tutkimuksesta sillä, että suurin osa analysoiduista hankkeista tapahtui 90-luvulla, jolloin yleisen teknologisen kehityksen sekä tiedon jakamisen taso poikkesivat osittain nykyisestä. Joka tapauksessa he havaitsivat, että Lean hankkeissa saavutettiin 11 – 42 % kustannussäästöjä sekä jopa 60 % ajallisia säästöjä. Näiden taustalla oli samoja tekijöitä, kuin mitä muissakin tutkimuksissa, kuten: vähemmän uudelleen tekemistä, vähemmän odottamista, parempi koordinointi sekä selvästi kohonnut TTP. He tekivät myös karkean jaottelun eri periaatteita vastaaville hyötyjen osuuksille. Tämä tehtiin kutakin periaatetta vastaavan hyödyn havainneiden projektien lukumäärän perusteella. Havaitut hyödyt ja kautuivat tuotannonhallinnan osalta seuraavasti:

- käänteinen aikataulusuunnittelu 4.9 %,
- valmisteleva suunnittelu 12.6 %,
- viikkosuunnittelu sekä viikkopalaverit 22.4 %,
- TTP seuranta 18.2 %,
- Last Plannerien käyttö 7.7 %

Näiden lisäksi muun muassa materiaalien hallinta JIT-menetelmällä tuotti 9.1 % hyödyistä. Tulosten perusteella voidaan siten arvioida, että Last Planner -menetelmällä voisi saavuttaa jopa 75 % havaituista hyödyistä eli jopa 32 % kustannus sekä 45 % ajalliset säästöt.

Näiden tutkimusten perusteella Lean-rakentamisella sekä Last Planner -menetelmän käytöllä on ollut merkittäviä taloudellisia hyötyjä. Tätä havaintoa tukee muun muassa

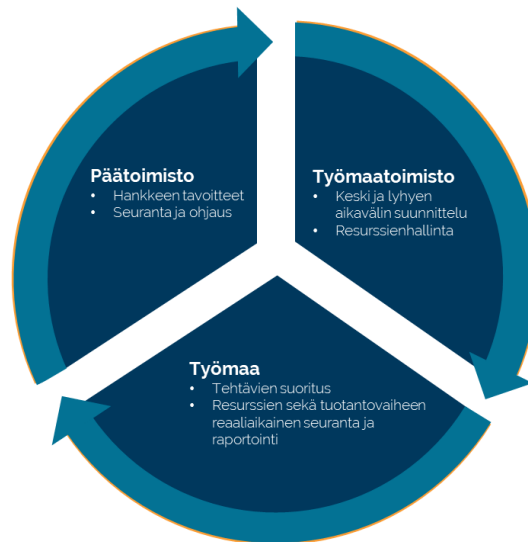
Hanna et al. (2008) selittämällä, että rakennushankkeissa jopa 50 % projektin kustannuksista johtuu työvoimakustannuksista. Tällöin pienikin ajallinen säästö näkyy usein suoraan myös rakennusurakoitsijoiden alhaisissa voittomarginaaleissa.

Tutkimuksissa korostui kuitenkin suuri tapauskohtaisuus, joka näkyi esimerkiksi tiedonhallinnan ja yleisen työvoiman käytön merkityksessä. Rakentamisessa oli vaihtelua eri maissa, eri organisaatioissa sekä erityyppisissä rakennushankkeissa. Vaihtelua oli myös paljon siinä mitä kautta ja keneltä menetelmien hyötyjä oli selvitetty. Yhteistä oli kuitenkin se, että mikäli menetelmät oli saatu sujuvasti rullaamaan, projektin- ja työmaanhallinta oli tehostunut selvästi vertailutilanteisiin nähden. Keskeistä oli myös tiedonhallinnan parantuminen tarkempien tuotannonohjausjärjestelmien ja toimintamallien takia.

### **3.3 Tiedonhallinta tuotannonohjauksessa**

Rakentamisen projektiluontoisuudesta ja projektien kompleksisuudesta johtuen tiedonhallinta nousee merkittävään asemaan prosessin sujuvuuden takaamiseksi. Tätä väitettä tukee muun muassa Luo et al. (2017) tutkimus rakennushankkeiden monimutkaisuuden vaikutuksista, jossa he havaitsivat, että työmaatiedon kompleksisuus oli merkittävin projektien onnistumisen kanssa negatiivisesti korreloiva kokonaisuus. Näitä tuloksia tukevat myös lukuisat havainnot puutteellisen tiedonvälityksen aiheuttamista ongelmista (Love et al. 1999; Lantelme & Formoso 2000; Soibelman & Kim 2002; Sacks et al. 2010; Dave et al. 2014). Käytännössä nämä ongelmat näkyvät esimerkiksi tietokatkoksina työmaan ja suunnittelun välillä, virheellisinä päätöksinä sekä työn aloitusten edellytysten puuttumisena (Love et al. 2001). Tietoa pidetäänkin yhtenä tärkeimpänä rakennushankkeiden resurssina (Smith 2001; Dave & Koskela 2009).

Työmaalla työmaan johto tarvitseekin luotettavaa tietoa rakennussuunnitelmista sekä työmaan tilanteesta suoriutuakseen tehtävistään. Tätä tietoa ei kuitenkaan ole aina dokumentoitu (Soibelman & Kim 2002), se on järjestelmässä, johon työnjohdolla ei ole pääsyä (Dave et al. 2014), tai se on hautautuneena hajanaisissa dokumenteissa ja tiedosto tyypeissä (Hari et al. 2004; Soibelman et al. 2008; Carrillo et al. 2013). Tiedon tulisi myös virrata sujuvasti tarvitseville osapuolille työmaalta, työmaatoimistoon sekä päätoimistolle (kuva 13). Näiden kolmen tason välillä voi kuitenkin olla selvästi erilaisia käsityksiä työmaan tilanteesta, tuotannon etenemisestä ja suunnitelmista (Dave et al. 2014). Eri tasoilla työskentelevillä voi myös olla erilainen käsitys tietyn tyyppisen tiedon hyödyllisyydestä, jolloin tiedon keräys ja tietotarpeen kommunikointi voi olla hankalaa (Carillo et al. 2013).



**Kuva 13.** Tiedon kierto rakennushankkeessa (Mukailtu lähteestä Dave et al. 2014).

Tähän eri tasojen päätöstilanteissa ilmenevään tiedon puutteeseen liittyy muun muassa tiedon jakamiseen perinteisillä tavoilla, puhelin soitoilla, sähköpostilla sekä työmaalla tapahtuvalla keskustelulla (Zhai et al. 2009). Näissä on ongelmana se, että tarvittava tieto voi jäädä työnjohtajien ja muiden osallisten muistin varaan, muistilapulle tai esimerkiksi sähköpostiin, jolloin muut eivät pääse siihen käsiksi. Carrillo & Chinowsky (2006) nostavat esille myös sen, etteivät kaikki rakennushankkeisiin osallistuvat tahot välttämättä tiedosta tiedonhallinnan merkitystä, jolloin siihen ei kiinnitetä riittävästi huomiota.

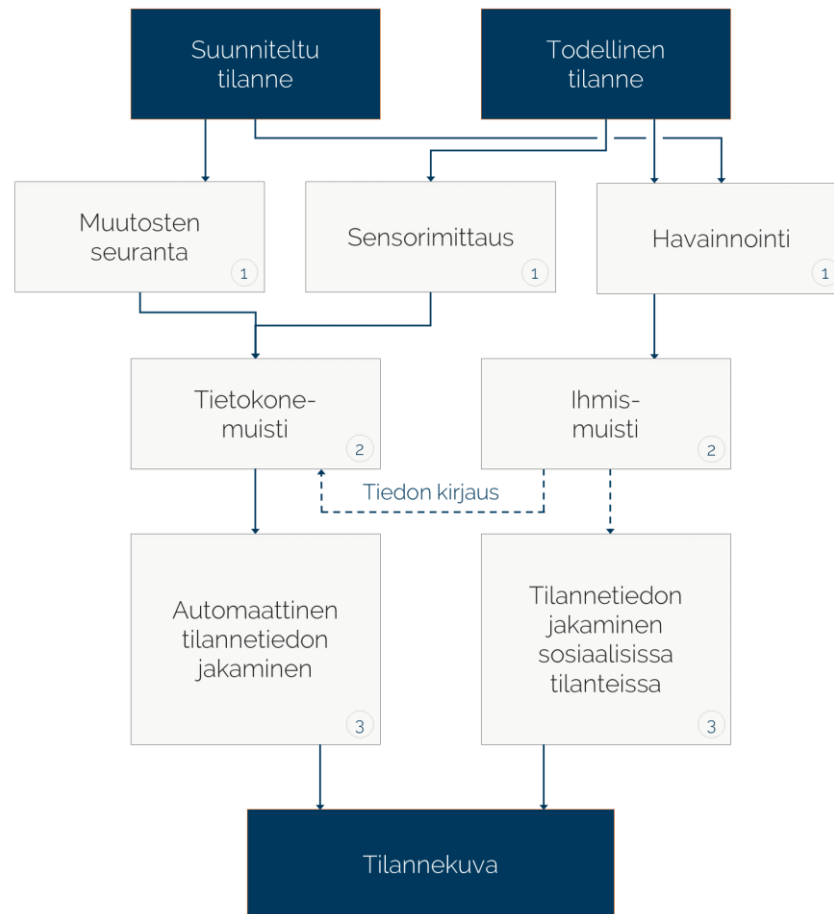
Tiedonjaon ehkä suurin ongelma sijaitsee kuitenkin rakennushankkeisiin osallistuvien erillisten toimijoiden välillä (Dave et al. 2010). Tämä johtuu heidän mukaansa siitä, että suurin osa suuremmista rakennusalan yrityksistä nojaavat työvoimassaan aliurakointiin. Jokaisessa rakennushankkeessa tuodaan siten yhteen ja koordinoidaan useaa pk -yri- tystä, jolloin tiedonhallinnan merkitys kohoaa suureksi. Nämä yhteistyöt ovat myös yleensä lyhytkestoisia, jolloin tiedonvälitys tapahtuu synkronoimattomilla ja hajanaisilla menetelmillä. Tätä ovat tutkineet muun muassa Navon & Sacks (2007), jotka korostavat hitaan tiedon liikkumisen syynä manuaaliseen tiedonprosessointiin nojaavia karkeita tie- tojärjestelmiä. Eri hankkeeseen osallistuvien tahojen pitää siten olla (yhteisen järjestel- män puutteessa) erikseen yhteydessä esimerkiksi vastaavaan työnjohtajaan saadak- seen päivityksen työmaan tilanteesta tai tietoa joutuu etsimään ja tulkitsemaan järjestel- mästään, jonka sisältämän tiedon riittävydestä tai ajantasaisuudesta ei ole varmuutta.



### 3.3.1 Tilannekuva työmaalla

Toimivan tuotannonohjauksen keskiössä on riittävä tilannekuva työmaan tapahtumista. Tilannekuvalle ei kuitenkaan ole selvää määritelmää kirjallisuudessa. Konsepteina on käytetty tilanne tietoisuutta (Aituational Awareness, SA) sekä yhteistä operatiivista tilannekuvaa (Common Operational Picture, COP). Nämä käsitteet eivät kuitenkaan Kärkkäinen et al. (2019) mukaan vastaa riittävästi rakennushankkeiden tietotarpeisiin. Tästä syystä he ovatkin esittäneet konseptin tilannekuva (Situation Picture, SP), joka kuvaa saatavissa olevan ja hyödynnettävän työnvirtaustiedon tasoa. He jatkavat selventämällä, että tilannekuva ottaa kantaa tarpeelliseen tiedon määrittelyyn, mistä ja miten tietoa kerätään sekä miten ja milloin tietoa jaetaan. Tarkoituksena on kehittää yleistä tilannetietoisuutta sekä lisätä projektien yli kestävästä oppimisesta.

Työmaan tilannekuva muodostetaan Kärkkäinen et al. (2019) mukaan kolmessa vaiheessa (kuva 14). Ensimmäinen (1) kerätään reaaliaikaista dataa työtehtävien etenemisestä sekä käytettävistä resursseista. Toiseksi (2) data tallennetaan, suodatetaan ja käsitellään hyödynnettävään muotoon. Tässä tehtävien toteutumista verrataan suunniteltuun toteumatiedon perusteella. Samalla tietoa analysoidaan improvisoitujen ja arvoa lisäämättömien toimintojen löytämiseksi. Lopuksi (3) tietoa jaetaan käyttöliittymien ja sosiaalisen kanssakäymisen kautta sitä tarvitseville. Tämän prosessin avulla pyritään luomaan yhtenäinen tilannekuva tuotannon ohjaamiseksi sekä projekteista oppimiseksi.



**Kuva 14.** *Konseptimalli tilannekuvan luomisesta talotuoannossa (Mukailtu lähteestä Kärkkäinen et al. 2019)*

Tämän kaltaista systemaattista tilannekuvan muodostamista voidaan oletettavasti tukea yhtenäisellä ja helppokäyttöisellä tuotannonohjausjärjestelmällä. Suoraviivaistamalla tätä prosessia saadaan todennäköisimmin yhtenäisempi kuva työmaasta sekä alennettua kynnyksiä systemaattisen seurannan tekemiselle. Tämän merkityksellisyyttä tukevat esimerkiksi Dave et al. (2010), jotka korostavat hitaan tiedonliikkeen vaikutuksia työmaan johtamiseen, kun koordinoitaan useampia työryhmiä ja aliurakoitsijoita samanaikaisesti. Tarvittavan tietotarpeen määrä riippuu hankkeen rakennusvaiheesta, työmaan koosta sekä suoritettavien tehtävien määrästä ja monimutkaisuudesta (Deibert et al. 2009). Pienemmällä työmaalla, jossa ollaan maanrakennus vaiheessa, tarvitaan ymmärrettävästi vähemmän tietoa tilannekuvan ylläpitämiseksi, kuin suuressa yhteistyöhankkeessa, jossa on sisärakennusvaihe käynnistä ja useiden eri alojen edustajia samanaikaisesti kentällä.

Tilannekuvan ylläpitäminen on kuitenkin yleisesti haastavaa johtuen työmaiden monimuotoisuudesta, dynaamisuudesta sekä tietojärjestelmien puutteellisuudesta (Kärkkäinen et al. 2019). Tämän takia tiedon keräämiseen kuluu paljon aikaa, jolloin mahdollisuus tilannekuvan päivittämiseen tapahtuu vain viikon tai jopa kuukauden välein (Chen & Kamara 2011; Kärkkäinen et al. 2019). Lisä haasteen tuo se, että kerätty tieto on usein pirstaleista sekä puutteellista (Hari et al. 2004; Soibelman et al. 2008; Carrillo et al. 2013; Lehtovaara et al. 2019). Tällöin joudutaan näkemään paljon vaivaa jo osittain vanhentuneen sekä puutteellisen tilannekuvan luomiseksi. Prosessin tulisivatkin olla mahdollisimman yksinkertainen ja tehokas, jotta tarvittava tilannekuva pystytään muodostamaan työmaan realiteetit huomioon ottaen.

### 3.3.2 Projektin onnistumisen seuranta

Projektin onnistumisen sekä toiminnan kehittämisen osalta työmaan tuotannon taso voidaan määrittää kerätyn datan ja luodun tilannekuvan avulla. Tätä ovat tutkineet muun muassa Alarcon & Garrido (2014), jotka havaitsivat 36 rakennushanketta sisältäneessä tutkimuksessaan, että rakennushankkeen todennäköinen onnistuminen voitiin yleensä havaita jo hyvin varhaisessa vaiheessa. Tutkimuksen analyyseissä hyödynnettiin kuvaajaa tehtävien suunnitellusta ja toteutuneesta ajallisesta suorituksesta sekä Last Planner -menetelmään liittyviä tunnuslukuja: tehtävien toteutumisprosenttia TTP, aikataulun toteutumisen indeksiä SPI (Schedule Performance Index) sekä edellytysten varmistus prosenttia PCR (Percent Constraint Removal). Onnistumisen kriteereinä tutkimuksessa käytettiin suunniteltujen kustannusten sekä aikataulun toteutumista.

Onnistuneissa rakennushankkeissa keskiarvo TTP oli 76 % ja keskihajonta 21.3 %. Epäonnistuneissa hankkeissa keskiarvo TTP oli puolestaan 61 % ja keskihajonta 26.9 %. Korkea ja tasainen TTP indikoi siten projektin onnistumista. SPI:n osalta itse SPI arvosta ei pystytty määrittelemään projektin onnistumista, mutta onnistuneissa hankkeissa SPI:n keskihajonta oli huomattavasti alhaisempi, kuin epäonnistuneissa. Aikataulun toteutumisen hajonta indikoi siten myös projektin onnistumista. PCR indikoi myös selvästi projektin onnistumista. Onnistuneissa projekteissa PCR kohosi 35 % paikkeille jo heti projektin alussa ja pysyi sen yläpuolella projektin loppuun asti. Epäonnistuneissa projekteissa PCR ei keskiarvallisesti kohonnut kertaakaan 35 % paikkeille. Onnistuneissa projekteissa PCR:n hajonta oli myös tasaisesti alhaisempi, kuin epäonnistuneissa. Projektin edistymiskäyräkaaviossa epäonnistumassa olevat projektit erkanevat myös selvästi onnistuvista hankkeista niiden ollessa 70 - 75 % valmiusasteen paikkeilla.

Alarcon & Garridon (2014) tutkimus osoittaa siten, että rakennushankkeen tilannekuvan muodostamisella pystytään arvioimaan projektin toteutumista jo projektin aikana. Tällöin tilanteeseen voidaan myös puuttua varhaisessa vaiheessa vähentäen riskiä, että projekti epäonnistuu. Tässä korostuu tiedoista muodostettavat kuvaajat, joista pystyy näkemään toteutuneen tuotannon tason hyvin nopeasti, jo pelkästään vilkaisemalla. Samalla kehitystä voidaan jatkaa projektien yli, kerätyn tiedon kumuloituessa käytettyihin tietojärjestelmiin. Tiedon avulla voidaan myös vertailla eri työmaita keskenään, selventäen hankekohtaisia ominaispiirteitä sekä osittain työmaajohdon osaamisen tasoa.

Last Planner -menetelmän käyttöasteen seurannassa on hyödynnetty myös muita tunnuslukuja. Näitä ovat esimerkiksi Ballardin (1997) esittämät ennakoidut tehtävät TA (Tasks Anticipated), valmistellut tehtävät TMR (Tasks Made Ready) sekä toteutuneet tehtävät TC (Tasks Completed). Näiden avulla voidaan tarkastella valmistelevan- ja viikkosuunnittelun onnistumista. González et al. (2008) ovat puolestaan esittäneet suunnittelun luotettavuus indeksin PRI (Planning Reliability Index) sekä projektipohjaisen työn tuottavuus indeksin PPI (Product-based labor-Productivity Index). Näitä he käyttivät tutkiessaan tuotannon vaihtelun vaikutusta projektin edistymiseen. Tuotannonohjauksen onnistumista voidaan siten seurata erilaisilla tunnusluvuilla, joilla pystytään indikoimaan monimutkaisten tapahtumaketjujen vaikutuksia ymmärrettävässä muodossa.

### 3.3.3 Organisaation oppiminen

Tiedonhallinta liittyy myös organisaation oppimiseen. Opitun tiedon hyödyntämisen avulla voidaan vähentää toistuvien tilanteiden ja ongelmien ratkaisemiseen kuluva aikaa sekä ehkäistä niiden syntymistä. Tämä vaatii kuitenkin, että organisaatiot oppivat yksilöiden mukana (e.g. Fernandez & Sune 2009). Tässä yksilötason ja organisaatiotason välillä on tiedon yleinen kahtiajako: hiljainen ja eksplisiittinen tieto. Hiljaisen tiedon ollessa yksilöiden vaikeasti ilmaistavaa tietämystä, joka näyttäytyy muun muassa kokemuspohjaisena intuitionä. Eksplisiittisen tiedon ollessa puolestaan kaikki muu selvästi ilmaistava tietämys, kuten puhe tai kirjoitus.

Rakennusteollisuudessa hiljaisella tiedolla on suuri merkitys johtuen rakennushankkeiden dynaamisuudesta ja ainutlaatuisuudesta (Dave & Koskela 2009). He jatkavat, että jokaisen rakennushankkeen aikana siihen osallistuvat keräävät suuren määrän erilaista tietämystä ratkaistessaan erilaisia haasteita ja ongelmia. Tämä tieto jää kuitenkin usein projektiin osallistuvien muistiin, eikä leviä muuhun organisaatioon (Kazi & Koivuniemi 2006). Tieto ei myöskään välttämättä jää muistiin, vaan ongelma ja sen syyt unohdetaan

ongelman ratkettua (Dave & Koskela 2009; Fernandez & Sune 2009). Tämä tiedonvälityksen ongelma korostuu myös suunnittelijoiden oppimisessa, kun tieto käytännössä arvoa lisäävistä ja tuotannon virtausta ylläpitävistä suunnitteluratkaisuista jää työmaahenkilöstölle (Love et al. 1999; Carrillo & Chinowsky 2006; Lehtovaara et al. 2019).

Tämän tilanteen taustalla vaikuttaa Carrillo et al. (2013) mukaan se, että työmaalla kyllä yritetään kerätä tietoa, mutta aikaa vievien dokumenttien täytöstä ei ole työmaalla havaittu olevan hyötyä. Tällöin motivaatio rutiininomaiseen tiedonvälitykseen ja oppien dokumentointiin laskee nopeasti. Teoriassa projekteista oppiminen tapahtuu kuitenkin kolmessa vaiheessa: Ensin tulee kerätä projektien aikana syntynyt data, toiseksi kerätty data tulee analysoida sekä suodattaa ja kolmanneksi analysoitu relevantti tieto tulee säilöä jatkossa hyödynnettävään muotoon (Carrillo et al. 2013; Dave & Koskela 2009; Lehtovaara et al. 2019). Tässä tiedon hyödynnettävyyden osalta Lehtovaara et al. (2019) korostavat, että taltioidun tiedon tulisi olla systemaattisesti jäsenelty ja sen sijainti tulisi olla selvästi esillä. Tiedoista tulisi myös käydä ilmi, koska tietoa on päivitetty. Tämä tiedon kerääminen ja dokumentointi ei kuitenkaan yleensä riitä (Carrillo et al. 2013). He huomasivat tutkimuksessaan, että erilliset dokumentit opituista asioista olivat vähiten hyödyllinen menetelmä oppien jakamisessa. Tehokkaimpia menetelmiä olivat puolestaan ne, joissa osalliset olivat kasvotusten kanssakäymisessä toistensa kanssa. Projektioorganisaatioiden oppimisen kannalta kerätty tieto tulisi siten pyrkiä kirjaamaan ylös sekä käymään yhdessä läpi esimerkiksi projektin tai rakennusvaiheen loppukatsauksen yhteydessä.

### **3.3.4 Digitaalisten työvälineiden hyödyntäminen**

Työmaiden tiedonhallinta voidaan jakaa Dave et al. (2014) mukaan kahteen tasoon: suunnittelua varten tarvittavaan tietovirtaan sekä tietovirtaan, joka tarvitaan tuotannon tehokkaaseen suorittamiseen ja hallintaan työmaalla. Työvälineiden osalta tietovirtojen kahtiajako ilmenee toimistoissa hyödynnettävinä tietokoneina sekä kentällä hyödynnettävinä mobiilivälineinä. Työmaan tulisi pystyä olemaan tehokkaasti yhteydessä toimistolle reaaliaikaisen tilannekuvan sekä ajantasaisten suunnitelmien ylläpitämiseksi. Työmaalla tulisi vastaavasti pystyä nojautumaan ylläpidettyyn ajantasaiseen tilannekuvaan sekä suunnitelmiin tuotannon toteutuksen ohjaamiseksi. Tiedon tulee siten liikkua sulavasti eri toimijoiden välillä.

Toimiakseen kerätyn ja luodun tiedon tulisi olla helposti hyödynnettävässä muodossa sekä helposti saatavilla (Trupp et al. 2004). Usein rakennustyömaiden tieto kuitenkin

liikkuu paperisena tai pelkkänä keskusteluna tapaamisten yhteydessä (e.g. Chen & Kamara 2011). Tämä johtaa heidän mukaansa tiedon huonoon ajantasaisuuteen, tiedon hautautumiseen sekä siten käytettävissä olevan tiedon puutteeseen. Tämä muodostaa tuotannon virtaukseen pullonkaulan, kun tehoton tiedon virtaus häiritsee koko prosessin toimintaa (Chen & Kamara 2011). Tämä pullonkaula ilmenee muun muassa hitaana reagoitina työmaalla havaittuihin puutteisiin, jolloin niiden aikataulu- ja kustannusvaikutusten minimointi hankaloituu (Omar & Nehdi 2016).

Nykyisillä työmailla on jo kuitenkin käytössä puhelimet ja tietokoneet, jotka helpottavat tuotannon suorittamista. Näiden avulla voidaan säilöä paljon tietoa helposti käytettävään muotoon visuaalisten käyttöliittymien tukemana. Esimerkkinä Last Planner -tuotannonohjauksessa hyödynnettävästä sovelluksesta on IMPERA niminen IT järjestelmän Chilessä (Lagos et al. 2016; 2017). Heidän mukaansa järjestelmä on toiminut hyvin helpottaen esimerkiksi raportoinnin, tehtävien edellytysten, suunnitelmien laiminlyönnin sekä ongelmien hallintaa. Hankkeissa ei ole kuitenkaan yleensä käytetty kuin noin 40 % sovelluksen ominaisuuksista, jolloin kaikkia sen hyötyjä ei ole osattu ottaa irti (Lagos et al. 2017). Implementoinnin osalta he havaitsivat, että Last Planner -menetelmän käyttöä tukevaa IT järjestelmää käyttävissä rakennushankkeissa, menetelmän käyttöaste oli keskimäärin 22 % korkeampi, kuin sitä ilman olleissa. He havaitsivat myös viisi osa-aluetta, jossa IT tuella oli selvästi muita suurempi toimintaa edistävä merkitys:

- Informaation kriittinen analysointi – 65 %
- Suunnittelu- ja ohjausprosessin standardointi – 49 %
- Indikaattorien käyttö suunnitelmien noudattamisessa – 35 %
- Edellytysten systemaattinen analysointi ja varmistaminen – 26 %
- Helposti ymmärrettävän ja läpinäkyvän vaihesuunnitelman käyttö – 24 %

Suunnitelmien toteutumisen osalta he havaitsivat, että Last Planner -menetelmän implementointiasteen sekä havaitun keskiarvo TTP:n Pearsonin korrelaatio oli 0.7. Implementointiaste vaikutti siten merkittävästi projektin viikkosuunnitelmien toteutumiseen. Korkealla implementointiasteella olleiden hankkeiden TTP keskiarvo oli 74 % ja keskiarvon alittaneilla 64 %. Last Planner -menetelmän paremmalla implementoinnilla voidaan siten saavuttaa 10 prosenttiyksikköä parempi viikkosuunniteltujen tehtävien toteutumisaste. Tällöin korostuu myös IT järjestelmien merkitys tuotannonohjauksessa. Järjestelmän kannalta kriittisiksi osa-alueiksi nousivat suunnittelu- ja ohjausprosessin standardointi sekä edellytysten systemaattinen analysointi ja varmistaminen. Nämä korreloivat merkittävästi TTP:n kanssa ja Last Planner -menetelmän implementointiaste oli selvästi suurempi sitä tukevaa IT järjestelmää käyttäneissä hankkeissa.

### 3.3.5 Tiedon keräys

Käytännön tiedon keräämisen osalta työnjohtajat joutuvat fyysisesti liikkumaan työmaalla eri työkohteiden tilanteen selvittämiseksi. Suuremmissa hankkeissa voi viedä pitkänkin aikaa, että työnjohtaja kiertää tarkastamassa työkohteet läpi sekä etsii ja keskustelee tarvittavien henkilöiden kanssa. Työmaa kierroksen aikana työnjohtajat muodostavat mielikuvan työmaan tilanteesta sekä tekevät muistiinpanoja muistivihkoon. Nykyisin mobiiliteknologian avulla tieto voidaan myös tallentaa suoraan järjestelmään (Deibert et al. 2009). Tämä helpottaa tiedon hyödyntämistä, mutta osaltaan myös lisää työnjohtajan vaivannäköä, jos tämä ei ole tottunut tekemään järjestelmällisiä päivityksiä tuotannon etenemisestä.

Nykyiset toteutumisen seurantamenetelmät vaativatkin jatkuvaa manuaalista tietojen kirjaamista, mikä on hyvin aikaa vievää toimintaa (Navon & Sacks 2007; Omar & Nehdi 2016). Toisaalta, mikäli tieto liitetään suoraan järjestelmään, ei työnjohtajan tarvitse erikseen täydentää seurantatietoja toimistolle päästessään. Nykyisin älypuhelimilla tai tableteilla on myös helppo tuoda vikoja tai puutteita visuaalisesti esille, ottamalla kohteesta kuvia tai videota. Tämä voidaan puolestaan jakaa yhteisen järjestelmän tai esimerkiksi sähköpostin tai pikaviestipalvelun välityksellä sitä tarvitsevalle osapuolelle.

Näiden digitaalisten mobiilityökalujen hyödyt kasvavat hankkeen ja työnjohtajien vastuualueiden koon mukana. Esimerkiksi Deibert et al. (2009) tekemässä simulaatiossa mobiiliteknologioiden hyödyt nousivat suhteessa työmaalla vaikuttavien muuttujien määrän kanssa. He perustelevat tämän käytännön sopivuutta sillä, että mitä enemmän asioita työmaalla tapahtuu, sitä hankalampi työmaasta ja siellä olevista resursseista sekä työkaluista on pysyä kartalla. Lisääntynyt tiedon keräämiseen kulunut aika ei myöskään haitannut projektin toteutumista, sillä kompleksisuuden noustessa myös kerättävän tiedon suhteellinen hyödyllisyys kasvoi.

### 3.3.6 Tiedon hyödyntäminen

Kerätyn tiedon hyödyntämiseksi se tulee suodata, luokitella sekä tuoda hyödynnettävään muotoon (Trupp et al. 2004; Carrillo et al. 2013; Lehtovaara et al. 2019). Hyödynnettävän muodon osalta työmailla kannattaa hyödyntää visuaalisia tiedon jakamisen menetelmiä (Liker & Morgan 2006; Ballard & Tommelein 2016; Tezel et al. 2016; Tezel & Aziz 2017). Tämä johtuu Ballard & Tommelein (2016) mukaan siitä, että visuaalisella ohjauksella voidaan tuoda rakentamisprosessi läpinäkyväksi luoden selvä yhteisymmärrys tilanteesta sekä tarvittavista toimenpiteistä. Tämä puolestaan vähentää rakentami-

sen keston sekä laadun vaihtelua ja selkeyttää päätöksentekoa sekä ongelmien havaitsemista (Tezel & Aziz 2017). Tezel et al. (2016) jatkavat tähän, että visuaalisella tiedonjakamisella vähennetään myös turhaa toimintaa, kuten ylimääräistä tiedon etsimistä ja siihen liittyvää kyselyä ja vastailua. Rakennushankkeen tilannekuvan ja aikataulusuunnitelmien hyödyntämiseksi johdon tuleekin panostaa toimivaan tuotannonohjausjärjestelmän ohjausnäkömään (Bølviken et al. 2017). Tämä toteutuu nykyaikaisilla aikataulun suunnittelu- ja hallintaohjelmistoilla, joissa työmaan tilanne, työvaiheet sekä niiden vastuhenkilöt voidaan esittää selkeässä muodossa esimerkiksi jana- tai paikka-aikakaviona.

Toimiakseen näiden visuaalisten tietolähteiden tulee olla lyhyitä, selkeitä, niissä tulee käyttää relevantteja mittareita ja niiden tulee olla ajantasaisia (Liker & Morgan 2006; Ballard & Tommelein 2016; Bølviken et al. 2017). Tällä tiedon selvällä esitysmuodolla edistetään yksilöiden kykyä hahmottaa ja muistaa jaettavaa tietoa. Tämä tärkeyttä korostavat esimerkiksi Eppler & Mengis (2004), jotka argumentoivat, että tiedon ylikuormitukset sekä tilannekohtaiset tiedon puutteet aiheuttavat väärinymmärryksiä, epävarmuutta, erimielisyyksiä ja ylimääräistä stressiä. Ajantasaisuuden osalta työmaiden ongelmana on Ballard & Tommelein (2016) mukaan se, että työmailla tuotannonohjauksessa hyödynnetään edelleen viikon vanhojen tietojen tulosteita sekä yleisaikatauluja, jotka eivät välttämättä kuvaa tilannetta enää kovinkaan tarkasti. Tällöin yhteisen ja reaaliaikaisen aikataulunhallintajärjestelmän tarpeellisuus nousee selvästi esille.

### **3.3.7 Digitaalisen tuotannonohjauksen haasteita**

Tietoteknisten työvälineiden haasteena on ollut se, että kehitetyt IT ratkaisut ovat jääneet hyvin hajanaisiksi (Dave et al. 2010). Heidän mukaansa visiot yhteisistä integroiduista järjestelmistä ovat jääneet systeemien tilkkutäkeiksi, joissa suuri määrä ohjelmistoja toimivat ristiin ja päällekkäin. Tämä on puolestaan johtanut siihen, että kehitetyt IT järjestelmät ovat tulleet kalliiksi ja niiden hyödyt jääneet alhaisiksi. Tätä tukevat Ballan & El-Diraby (2011) pohtimalla, että teknologian vähäisen hyödyntämisen taustalla on se, että kehitetyt sovellukset ole sopineet työmaiden tarpeisiin, jolloin niiden käyttöönoton kokeilut ovat jääneet kesken.

Järjestelmät vaativat myös työntekijöiden erillisen koulutuksen, mistä muodostuu oma kynnyksensä jokaisen eri sovelluksen käyttöönottoon ja hyötyjen irti saamiseen (Omar & Nehdi 2016). He jatkavat tähän liittyen, että merkittävänä ongelmana on myös teknologisen osaamistason vaihtelu, jolloin koulutustarpeen ja sovellusten käytettävyyden ar-



viointi voi olla haasteellista. Käytettävien sovellusten tulee siten olla riittävän helppokäyttöisiä, jotta myös teknologisesti vähemmän edistyneet työntekijät saavat kiinni ohjelmiston käytöstä ja pystyvät hyödyntämään sitä riittävällä tasolla. Tällöinkin menee oman aikansa, että työmaan johto, työntekijät sekä aliurakoitsijat tottuvat uusien sovellusten ja laitteiden käyttöön (Attenwell 1992). Tähän liittyy oleellisesti se, että järjestelmiä käyttävät mieltävät järjestelmän hyödylliseksi ja siten vaivan arvoiseksi. Tähän liittyy puolestaan se, että järjestelmän arvolupaus on tuotu selvästi esille jokaiselle sitä käyttävälle.

### 3.4 Työnjohdon työnkuva

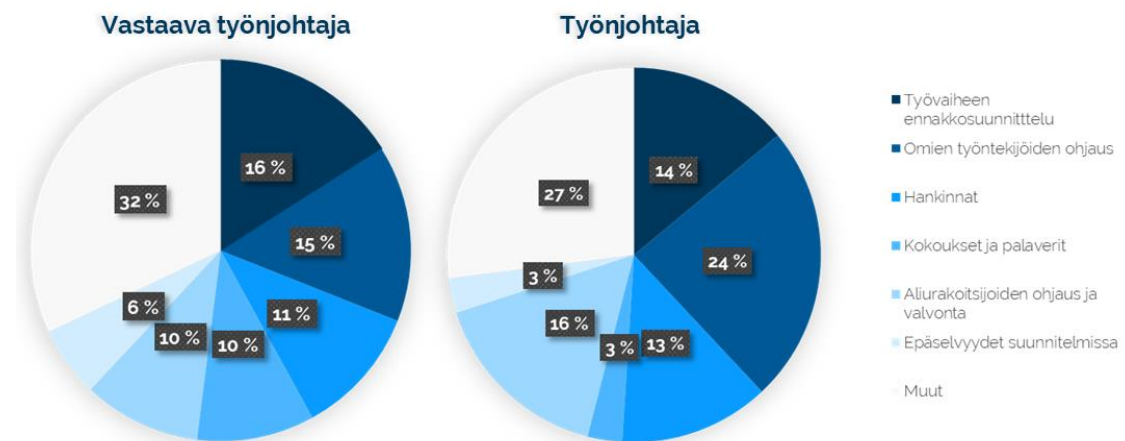
Työnjohdon varsinaisista toimenkuvista on vain vähän käytännön tutkimuksia. Suurin osa tutkimuksista rajautuukin jotakin tiettyä kehitysalueita koskevaan haastattelutietoon. Näissä on myös paljon tapauskohtaisia eroavaisuuksia. Digitaalisen tuotannonohjauksen hyötyjen selvittämiseksi on kuitenkin pystyttävä muodostamaan kohtuullisen realistinen näkemys tuotantoa ohjaavan työnjohdon työnkuvista. Seuraavaksi on koottu joku-nen tutkimus liittyen työnjohdon toimenkuviin. Näiden tutkimusten avulla voidaan luoda viitekehys toimintaympäristöstä, jossa uutta digitaalista järjestelmää hyödynnetään.

Kokonaisuudessaan työnjohtajilla on Styhre (2011) mukaan rankimpia rakennushankkeen työnkuvia, sen sisältäessä pitkiä työtunteja sekä paljon erilaisia veloituksia. Työnjohtajat joutuvat myös sietämään paljon epävarmuutta sekä konfliktissa olevia sidosryhmiä, jolloin työ on myös henkisesti raskasta ja stressaavaa. Työnjohtajien työnkuva on myös muuttunut Styhre (2011) mukaansa paljon 80 luvusta lähtien, työn sisältäen yhä enemmän hallinnollisia tehtäviä. Nämä hallinnolliset tehtävät koettiin ylimääräisenä vai-vana, joka vei aikaa varsinaisen työn tekemiseltä. Vastaavat työnjohtajat toimivatkin ns. työmaan toimitusjohtajana töiden koostuessa hyvin laajasta kirjosta erilaisia veloituksia.

Pääasiassa työnjohtajien työkuva koostuu kuitenkin työntekijöiden sekä aliurakoitsijoiden koordinoinnista sekä suunnittelijoiden tekemien suunnitelmien tulkitsemisestä (Styhre 2011). Tähän liittyy hänen mukaansa poikkeustapauksiin reagoiminen sekä tulipalojen sammuttaminen, mitkä koetaan kuuluvan olennaiseksi osaksi työnjohdon työnkuvaa. Tässä korostuu ongelmien havaitseminen sekä nopea ja tehokas päätöksen teko. Ongelmiin varautumista paremmalla suunnittelulla ei pidetä toimivana ratkaisuna, sillä ennakoimattomia asioita sattuu haastateltujen työnjohtajien mukaan suunnittelun tasosta riippumatta. Tuotanto pyritäänkin pitämään käynnissä reagoivalla kenttäjohtamisella sekä pitkillä työtunneilla (Styhre 2006; 2011). Työnjohdon mukaan työmaata on

myös mahdotonta hallita täydellisesti, eikä kaikkea tarvittavaa pystytä hoitamaan kuntoon aikarajoitteiden sisällä. Tällöin tehtäviä toimenpiteitä joudutaan priorisoimaan, jolloin osa havaituista ongelmista joudutaan jättämään omilleen.

Työnjohtajien varsinaista ajankäyttöä on Suomessa tutkittu Marjasalon (2011) diplomityössä. Tietoa kerättiin ajankäytön seurantalomakkeiden avulla ja tutkimukseen osallistui 27 työnjohtoon kuuluvaa henkilöä kahdeksasta eri yrityksestä. Soveltuvaa seurantatietoa saatiin 603 työpäivän edestä. Tuloksista nähdään, että vastaavien työnjohtajien ja työnjohtajien toimenkuvassa on selviä eroja (kuva 15). Vastaavan työnjohtajan työaika jakautuu tasaisemmin eri tehtäväkokonaisuuksille, mukailien Styhre (2006) kuvailua työmaan toimitusjohtajasta. Työnjohtajat keskittyivät puolestaan enemmän varsinaisen työn suorituksen valvontaan ja ohjaukseen.



**Kuva 15.** Vastaavien työnjohtajien & työnjohtajien ajankäyttö tehtävissään (Mukaiiltu lähteestä Marjasalo 2011).

Ajankäytön jakautumisessa oli Marjasalon (2011) mukaan suurta hajontaa myös tehtävänimikkeiden sisällä. Ajan käyttö riippui arvellusti muun muassa eri vastuualueista, työmaan koosta, työntekijöiden määrästä, rakennusvaiheesta sekä vastaajan kokemuksesta. Tästä selvimpänä havaittavana vaikutuksena oli rakennusvaihe, sillä se vaikutti merkittävästi työmaalla tapahtuvaan toimintaan. Työnjohtajilla oli myös havaittavissa erikoistumisia tiettyihin rooleihin. Suurin osa vastaajista toimi kuitenkin kohtalaisen samalaisissa tehtävissä.

Päivittäiseen ennakosuunnitteluun vastaavat työnjohtajat käyttivät vajaasta tunnista noin puoleentoista tuntiin. Yli 20 vuoden kokemuksen omaavat vastaavat työnjohtajat

käyttivät selvästi enemmän aikaa ennakkosuunnitteluun, kuin alle 6 vuotta tehtävässä toimineet. Sama kokemukseen perustuva ilmiö toistui myös työnjohtajien osalla.

Työnohjaukseen työnjohtajilla kului noin 40 % työajasta. Tämä vastasi karkeasti tunti 54 minuuttia omien työntekijöiden sekä tunti 18 minuuttia aliurakoitsijoiden päivittäistä ohjausta. Vastaavat työnjohtajat käyttivät ohjaukseen aikaa hyvin vaihtelevasti, mutta noin 25 % työajastaan. Aliurakoitsijoiden kanssa toimimiseen kuluu myös aikaa urakkaneuvotteluissa, joihin kului muutama prosentti vastaavien mestarien ajasta. Tämän lisäksi aikaa kuluu erinäisissä palavereissa, joita ei kuitenkaan ole pystytty erittelemään.

Suunnittelemattomaan ajankäyttöön kului vastausten perusteella 8.4 % kaikista kirjaetuista tunneista. Näiden asioiden hoitamisesta suuri osa kuului vastaavien työnjohtajien vastuulle, jotka käyttivätkin arvioidusti vajaan tunnin päivittäisestä työajastaan suunnittelemattomien tehtävien hoitamiseen. Näitä havaintoja tukee Brockman (2014) tutkimus, jossa havaittiin, että raportoitujen konfliktien ratkaisemiseen kului tutkimuksissa rakennushankkeissa keskimäärin 161 tuntia, mediaanin ollessa 5.25 tuntia. Konfliktit voivat siten viedä suurenkin osan työnjohtajan päivittäisestä työpanoksesta. Näiden konfliktien taustalla oli muun muassa uudelleen tekemistä, puuttuvia työvälineitä sekä rakentamisen aikatauluongelmia. Nämä konfliktit aiheuttivat myös työn tuottavuuden alenemista suurimmassa osassa tutkituista tapauksista johtuen henkilöiden turhautumisesta ja keskittymisen herpaantumisesta.

Näiden Marjasalon (2011) tulosten perusteella Styhre:n (2006) esittämä jopa 90 % ajankäytön kohdistumisesta toimistoille vaikuttaa hieman korkealta, mutta voi silti olla hyvinkin paikkaansa pitävä työnjohtajien vastuunjaosta riippuen. Yhteistä näille tutkimuksille on kuitenkin, että työmaiden toiminta on reaktiivista sekä hyvin tilanne- ja henkilökohdista. Työnjohtajat tekevätkin paljon töitä kokonaisuuden kasassa pitämiseksi. Marjasalo jatkaa tähän mainitsemalla, että tehty puutteellinen ennakkosuunnittelu johtaa myös nopeasti tilanteeseen, jossa työjärjestyksestä poiketaan ja suunnitelmia muokataan yhä uudelleen ja uudelleen, jolloin työvaiheiden valmistuminen ei ole enää yhteydessä alkuperäiseen suunniteltuun toteutukseen. Kummatkin Marjasalo (2011) sekä Styhre (2006; 2011) pohtivatkin tarkemman suunnittelun potentiaalia työmaiden toiminnan kehittämisessä. Tarkemmalla suunnittelulla voisi siten olla mahdollista siirtyä epävarmuuden keskellä tapahtuvasta tulipalojen sammuttelusta selkeään ja hallitumpaan toteutukseen. Tässä tulee kuitenkin huomioida Styhre:n (2011) korostus työnjohtajien toimenkuvan muutoksesta työmaalta toimistoon, minkä useat kokivat turhan raskaaksi ja aikaa vieväksi. Tällöin lisääntyvään suunnitteluun käytettävä aika ja vaiva tulee pystyä minimoimaan sekä sen tuottamat hyödyt perustelemaan erittäin selvästi.

### 3.5 Tutkimuksen teoreettisen viitekehyksen yhteenveto

Tässä kappaleessa tiivistetään ne lähtökohdat, joista työn empiiristä osuutta lähdettiin tekemään. Kappaleessa kuvataan aluksi ne kirjallisuudesta havaitut keskeiset muuttujat, jotka ovat oleellisia tutkimuksen näkökulman hahmottamiselle. Samalla käydään lyhyesti läpi, mitä kirjallisuudessa jo tiedetään aiheesta ja mistä olisi vielä hyvä tietää lisää. Tämän jälkeen pohditaan, mitä uutta tietoa tämän tutkimuksen avulla voidaan kerätä ja mitä se merkitys voisi olla teorian täydentymisen kannalta.

#### 3.5.1 Tuotannonohjauksen merkitys kirjallisuudessa

Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, mitä hyötyjä yhtenäisestä digitaalisesta tuotannonohjausjärjestelmästä on työmailla. Kirjallisuuden perusteella tämä on mielenkiintoinen ilmiö, sillä rakennusteollisuudessa on havaittu hyvin paljon erilaisia käytännön ongelmia, joita Fluentin järjestelmän avulla voitaisiin ratkaista. Lean-rakentamisen osalta rakentamiseen sisältyi paljon hukkaa, joka ei tuota lisäarvoa asiakkaalle. Tämä johtuu monista eri tekijöistä, mutta lähes kaikissa käsitellyissä tutkimuksissa mainittiin työmaiden johtamisen, tiedonvälityksen ja suunnitelmallisuuden puutteiden olevan yksiä avainmuuttujia, jotka rajoittavat rakentamisen tuottavuutta. Tästä syystä tämän tuottavuutta rajoittavan pullonkaulan kehittämisellä voitaisiin olettaa olevan vaikutuksia tuottavuuteen ja siten myös rakentamisen kustannuksiin. Tämä on kuitenkin itsessään moniulotteinen ilmiö, jolloin tähän ei ole vain yhtä tiettyä ratkaisua, kuten digitaalista järjestelmää, joka nämä ongelmat poistaisi. Toimintaa yhdistävä järjestelmä voidaan kuitenkin rakentaa osaksi uutta rakentamisen toimintamallia, jolloin kehitystä saadaan vietyä eteenpäin.

Tältä osalta tulee kuitenkin huomata, että rakentamisen todellisuus ja sen taustalla oleva teoria poikkeavat hyvin vahvasti toisistaan. Rakentamisen tuottavuudesta ja tuotannonohjauksesta on tehty paljon tutkimuksia sekä suosituksia, jotka eivät kuitenkaan ole vaikuttaneet erityisesti käytännön toimintaan. Tämän taustalla oli moninaisia syitä, mutta keskeisimpänä esiin nousseena tekijänä on se, että rakentamisessa tyypillisissä kerta-luontoisissa projekteissa keskitytään toimimaan yhden hankkeen tasolla. Vaihtelevissa hankkeissa toimitaan siten hyvin eri tavoilla, eikä siten ole yhtä selkeää ohjenuoraa, jonka mukaan toimia. Tällöin myös toimintamallit vaihtelevat paljon työmaakohtaisesti asetettujen karkeiden raamien sisällä. Lopuksi hankkeiden aikaiset projektiorganisaatiot myös puretaan osikseen seuraavia hankkeita varten. Tällöin yhdessä muodostettu toimintamalli hajoo ja se joudutaan rakentamaan uudelleen, sen hetkisten auktoriteetti-henkilöiden mukaisesti. Todennäköisesti tästä syystä kehityshankkeet ovatkin jääneet rajallisiksi kokeiluikseen, joilla ei ole ollut kestäväää vaikutusta toimintaan työmailla. Nämä

toimimattomat kokeilut ovat myös johtaneet osaltaan siihen, että työmaiden kokenut johto vastustaa uusia kehitystoimenpiteitä, kun ”eivät nämä uudet ja hienot ideat ole toimineet ennenkään”.

Tästä ristiriitaisuudesta huolimatta rakentamisen tuottavuus on hyvin tutkittu kokonaisuus. Kirjallisuudessa tiedetään siten, miten rakennushankkeissa tulisi toimia. Näitä tutkimuksia on myös toistettu erilaisissa tilanteissa, jolloin niiden luotettavuus on kohtuullisen korkealla tasolla. Digitalisaatiosta on myös erinäisiä tutkimuksia, jotka valottavat sen merkitystä työmaiden johtamisessa. Suurin osa rakennustuotannon digitalisaation tutkimuksesta on kuitenkin nojautunut rakennuksen suunnitteluun ja erilaisiin nykyaikaisiin tietomalleihin. Rakennushankkeiden varsinaisen rakentamisenvaiheen toteutuksen digitalisaation tutkimus onkin jäänyt vähemmälle. Tämä on myös kohtalaisen uusi kehityksen ala, eikä vastaavia järjestelmiä ole vielä ollut erityisesti olemassa. Nämä aikaisemmat järjestelmäratkaisut ovat myös jääneet hyvin pitkälti kokeiluasteelle. Tästä syystä kirjallisuudessa on tarvetta lisätiedolle työmaan päivittäisen tuotannonohjauksen digitalisaation merkityksestä.

### **3.5.2 Tutkimuksen teoreettinen kontribuutio**

Tässä tutkimuksessa luodaan lisätietoa siitä, pystytäänkö yhtenäisellä digitaalisella järjestelmällä vaikuttamaan tuotannonohjausprosesseissa havaittuihin ongelmiin (kuva 16). Tämän avulla pystytään paremmin ymmärtämään, millainen osa aikataulusuunnittelulla ja tiedonliikkeellä on tuotannonohjauksen toimivuudessa. Samalla nähdään, miten tämä vaikuttaa tuotannosuunnittelun ja ohjauksen onnistumiseen. Näiden vaikutusten perusteella pystytään puolestaan arvioimaan, mikä merkitys järjestelmällä on rakentamisen tuottavuuteen ja siten kerääntyviin kustannuksiin.



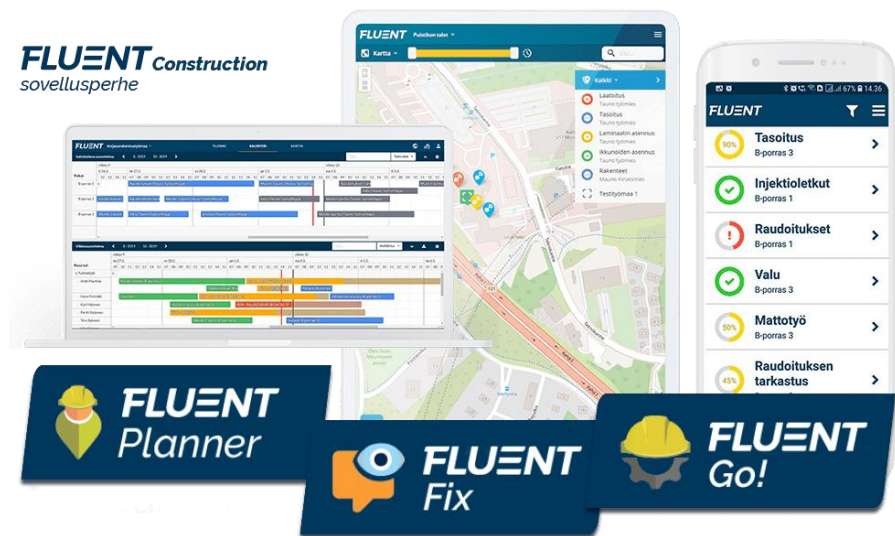
**Kuva 16.** Tutkimuksen viitekehys.

Rakennushankkeiden monimuotoisuuden takia tutkimuksessa huomioidaan myös erilaisten hankkeiden ominaispiirteitä ja niiden vaikutuksia digitaalisen tuotannonohjauksen merkitykseen. Tällä selvennetään osaltaan sitä, mitä kaikkea pitää ottaa huomioon, kun luodaan uusia ratkaisuja rakentamisen kehittämiseksi. Tässä korostuu työmaan eri toimijoiden tarpeet, osaaminen sekä näkemykset. Kirjallisuuden perusteella on havaittavissa, että työmaan toimijoilla on hyvin erilaisia tehtäviä sekä käsityksiä omasta vaikutuksestaan hankkeeseen kokonaisuutena. Tällöin asian tutkimisella tuodaan paremmin esille, mitä kehitys tarkoittaa eri työtehtävissä ja eri kokemustaustalla toimiville henkilöille. Tässä korostuu nykyisessä kirjallisuudessa etenkin se, että rakennusalalla on havaittu ilmeistä muutosvastarintaa. Tässä tutkimuksessa pystytäänkin valottamaan tätä ainakin jossain määrin. Tavoitteena olisikin siten saada osaltaan purettua näitä aikaisempien ehkä nykypäivään verrattuna värittyneiden kuvailujen pohjalta muodostettuja ennakoasenteita. Tai ainakin on hankala ajatella, että kaikki hitaan kehitykset syyt olisivat pelkästään vanhollisessa toimintakulttuurissa.

## 4. TUTKIMUSMETODOLOGIA

Kirjallisuuskatsauksessa on esitetty tuotannonohjauksen nykytila sekä sen ongelmakohtia. Tämän esitetyn yleiskuvan perusteella on pystytty tekemään hypoteesi, että yhtenäisellä ja helppokäyttöisellä digitaalisella tuotannonohjausjärjestelmällä pystytään vähentämään havaittuja rakennustuotannon ongelmia. Tällöin parantuneesta tuotannonohjauksesta on olettavasti vaikutuksia rakentamisen tuottavuuteen ja siten rakennusaikoihin sekä rakennuskustannuksiin.

Näiden hyötyjen selvittämiseksi tutkimuksen empiria jaettiin kahteen osaan. Ensimmäiseksi suoritettiin haastattelututkimus Fluent Progress Oy:n kehittämän Fluent Construction -sovellusperheen hyödyistä talotyömailla (kuva 17). Toiseksi suoritettiin kyselytutkimus, jolla pyrittiin kartoittamaan haastatteluista saatavien tulosten merkitystä ja yleistettävyyttä. Lopuksi saatuja tuloksia vertailtiin kirjallisuuteen, havaittavien hyötyjen merkityksen ymmärtämiseksi.



**Kuva 17.** *Fluent Construction -sovellusperhe (Fluent Progress Oy 2020).*

Tässä luvussa esitellään aluksi Fluent Construction -sovellusperhe. Tämän jälkeen käydään tarkemmin läpi käytetyt tutkimusmenetelmät, miten haastattelu- ja kyselyrungot luotiin sekä miten nämä tutkimukset suoritettiin. Lopuksi käydään vielä lyhyesti läpi, millainen otos kumpaankin tutkimukseen saatiin.

## 4.1 Fluent Construction

Fluent Construction -sovellusperheen pääosa koostuu kahdesta moduulista: Suunnittelutyökalu Fluent Plannerista sekä mobiilisovellus Go!-sta. Niiden tarkoituksena on optimoida rakennustyömaan aikataulusuunnittelua sekä valvontaa. Tämän avulla pystytään tehostamaan työnjohdon ajankäyttöä sekä vähentämään työmaan tyhjääkäyntiä lisäten työn tuottavuutta. Näiden kahden lisäksi sovellusperheeseen kuuluu laadun ja työturvallisuuden valvontaan tarkoitettu Fluent Fix. Tämä ei kuitenkaan ollut vielä aktiivisessa käytössä työmailla ja sen merkitys leikkautui tutkimuksen ulkopuolelle.

### 4.1.1 Fluent Planner

Ensimmäisenä on selaimessa toimiva sovellusperheen runko Fluent Planner, joka on selaimessa toimiva sijaintipohjainen tuotannonsuunnittelutyökalu. Se sisältää kokonaisuudet yleisaikataulun, valmisteleavan suunnitelman sekä viikkosuunnitelmien luomiselle ja seuraukselle. Siihen voidaan myös tuoda yleisaikataulu toisista käytössä olevista tuotannonsuunnitteluohjelmistoista, suoraviivaistaen sen hyödyntämistä lyhyenaikavälin suunnittelussa ja ohjauksessa. Fluent Planner painottuukin viikkosuunnittelutasolle Last Planner -menetelmän mukaisesti.

Fluent Plannerin keskeisimpänä ominaisuutena on mahdollisuus yhdistää työmaalla tehtävät viikkosuunnitelmat yhdelle alustalle yhtenäiseksi ja selkeäksi kokonaisuudeksi. Samalla se muodostaa selkeän suunnittelu- ja kalenterinäkymän, joka voidaan jakaa kaikille tarvitseville. Yhteinen näkymä ja alusta tukee ali- ja sivu-urakoitsijoiden osallistamista aikataulusuunnitteluun sekä tuotannonohjaukseen lisäten suunnitelmien realistisuutta sekä eri osapuolien sitoutumista yhteisen aikataulussa pysymiseen. Fluent Planner mahdollistaa myös eri suunnittelutasojen yhdistämisen kohdistuen tehtävät yleisaikataulusta viikkosuunnitelmiin sekä omille vastuuhenkilöilleen. Kohdistettujen viikkosuunnitelmien toteumat peilautuvat suoraan myös yleisaikatauluun havainnollistaen tuotannon etenemistä ja aikataulussa pysymistä.

Tehtävien aikataulusuunnittelun osalta sovelluksessa voidaan hyödyntää tehtäväkohtaisia menekkitietoja mahdollistaen tilastoitujen sekä kerääntyvän toteumatiedon hyödyntämisen suunnittelussa. Tehtäviin voidaan myös määrittää niiden aloituksen edellytykset varmistuen, että tehtävät pystytään suorittamaan suunnitelmien mukaisesti. Tuotannon aikana tehtäviin voidaan puolestaan liittää kommentteja sekä kuvia, jolloin projektin eri osapuolet voivat kommunikoida tehtävien suorittamisesta niin, että tieto on suoraan yhteisessä näkymässä ja se löytyy helposti myös jatkossa.



### 4.1.2 Fluent Go!

Fluent Planneria on tukemassa Fluent Go! -mobiilisovellus, joka toimii reaaliaikaisen tiedonkeräyksen työkaluna. Se yhdistyy suoraan Fluent Planneriin, mutta toimii myös itsenäisenä sovelluksena. Sen avulla työnjohtajat pystyvät merkitsemään työtehtävien toteutuneet aloitus- ja lopetusajankohdat suoraan järjestelmään. Samalla voidaan kirjata ylös aloitukseen, keskeytyksiin ja lopetukseen liittyvät huomiot ylös yhteen paikkaan. Työvaiheisiin voidaan myös liittää kommentteja, kuvia ja muita liitteitä suoraan työmaalta. Tällöin tieto liikkuu sujuvasti työmaa- ja päätoimistolle, jolloin tilannekuva kehittyy reaaliaikaisesti. Tämä lisääntynyt tieto käytännön toteutuksesta mahdollistaa tarkempien suunnitelmien luomisen. Samalla voidaan myös tuoda esille työmaalla ilmenevät ongelmakohdat, jolloin niihin voidaan varautua, välttämättä samojen virheiden toistuminen jatkossa.

## 4.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuskysymyksien vastaamiseen tarvittavan tiedon keräämiseen käytettiin kolmea tutkimusmenetelmää. Ensimmäisenä tehtiin kirjallisuuskatsaus. Kirjallisuuskatsauksen avulla luotiin tutkimuksen teoreettinen viitekehys ja se toimi myös tulosten vertailukohdaksi. Toiseksi suoritettiin teemahaastattelututkimus tutkittavana esimerkkinä toimineen Fluent Construction -sovellusperheen tuottamista kustannushyödyistä. Kolmantena suoritettiin kyselytutkimus, jolla selvitettiin työmaiden tarpeita digitaaliselta tuotannonohjaukselta. Lopuksi tutkimuksen tuloksia verrattiin kirjallisuuteen muodostaen näkemyksen digitaalisen tuotannonohjauksen tuottamista hyödyistä ja ongelmista.

Tutkimus perustuu siten usean eri tietolähteen ja menetelmän yhdistämiseen eli triangulaatioon. Triangulaation käyttöä tukevat muun muassa Tuomi & Sarajärvi (2018) sekä Hirsijärvi & Hurme (2008, s. 38) argumentoiden, ettei yksittäisellä tutkimusmenetelmällä välttämättä saada riittävää näkemystä tutkittavasta kohteesta. Useiden menetelmien hyödyntämisen avulla voidaan siten heidän mukaansa lisätä tutkimustulosten luotettavuutta sekä havaita mahdollisia ristiriitaisuuksia eri tiedonkeruumenetelmillä saaduissa tuloksissa. Tämä sopii Tuomen & Sarajärven (2018) mukaan erityisesti tämän kaltaisiin tapaustutkimuksiin, jossa konkreettisen ja kattavan tutkimusaineiston kerääminen on hyvin haasteellista, eikä tarkastelluille ilmiöille ole todennäköisimmin vain yhtä tiettyä selitystä. Tällöin päädyttiin myös hyödyntämään pragmaattista ajattelumallia, sillä täysien totuuksien selvittäminen on tämän kaltaisessa tilanteessa hyvin haastavaa.

Tämän rakennushankkeiden monimuotoisuuden takia Barrett & Sutrisna (2009) korostavat vielä tapaustutkimuksissa kerättävän tiedon analysoinnin merkitystä. Tutkimusten

aikana kerätään usein hyvin runsaasti tietoa, joista tiivistetään yleistettävämpiä ja siten abstraktimpia tuloksia. Tässä on kuitenkin heidän mukaansa vaarana, että tärkeää tietoa jää pois lopullisista tuloksista, jotka vaikuttavat oleellisesti tulosten merkitysvyyteen. Tästä syystä tässä tutkimuksessa pyritään sitomaan järjestelmän tuottamat hyödyt tapauskohtaisiin tilanteisiin sekä vertailemaan niitä. Tällöin samoja muuttujia tarkastellaan eri näkökulmista eri tilanteissa, jolloin saadaan muodostettua selkeä logiikka ja yhteydet tutkimuksen kohteiden ja tutkimuskysymysten välille.

Käytettyjen menetelmien valinta perustui tutkimuksen käytännön realiteetteihin. Fluent Construction -sovellusperhe oli osalla työmaista käytössä ensimmäistä kertaa, jolloin vielä ei ollut käytettävissä riittävää historiatietoa kattavan ja sattumat poissulkevan vertailututkimuksen suorittamiseksi. Yritykset eivät myöskään luonnollisesti jaa näitä seurantatietoja ulkopuolisille, vaikka niitä jossain määrin löytyisikin. Sovellusten käyttöaste vaihtelee myös käyttäjien mukaisesti, jolloin olisi hyvin hankala muodostaa merkityksellistä numeerista aineistoa työmaiden toteumista. Hyödyllisimmän aineiston saisi siten todennäköisemmin haastattelemalla sovellusta käyttäneitä ja vertaamalla havaittuja vaikutuksia kirjallisuudesta löytyviin tuloksiin kehittyvän tuotannonohjauksen hyödyistä. Tutkimuksen alussa ei myöskään ollut varmuutta kaikkien mahdollisten käytännön hyötyjen luonteesta ja merkityksistä, jolloin tarvittiin laajempaa näkemystä suoraan työmailta. Suorien haastatteluiden arvioitiin myös motivoivan vastaamaan luotettavammin esitettyihin kysymyksiin. Haastatteluiden tulosten yleistettävyyden kannalta oli myös tarpeellista selvittää, minkälaiset tarpeet työmailloilla on digitaaliselta tuotannonohjaukselta sekä minkälaisessa toimintaympäristössä järjestelmää käytetään. Tätä varten päädyttiin kyselytutkimukseen, jonka avulla tarkennettiin digitaalisen tuotannonohjauksen tämänhetkisiä käytäntöjä sekä suunnittelun ajankäyttöä.

#### **4.2.1 Haastattelurungon luominen**

Tutkimuksen haastattelut suoritettiin teemahaastatteluina. Teema eli puolistrukturoidussa haastattelussa haastattelut suoritetaan avoimien kysymysten avulla ennalta asetettujen teemojen mukaisesti (Hirsijärvi & Hurme 2008, s. 44). Tällöin haastateltava pystyy heidän mukaansa tuomaan vapaasti esille oman näkemyksensä asiasta, jolloin tutkijan on mahdollista havaita teemoihin liittyvien erilaisten näkökulmien ja tulkintojen merkityksiä. Teemahaastattelu valikoitui käytettäväksi menetelmäksi tutkittavien selvien aihealueiden (teemojen) sekä kerättävän tiedon subjektiivisen luonteen ja tarvittavan tilannekohtaisen harkintakyvyn vapauden takia. Tämän taustalla oli käsitys siitä, että tutkittavat työmaat sekä osallistuvat työnjohtajat voivat olla hyvinkin erilaisia, jolloin haastattelun rakenteelta vaaditaan joustoa. Suora lomakehaastattelu sulkeutui pois myös sen

takia, ettei tutkimuksen alussa ollut riittävästi tietoa mahdollisten vastausten luonteesta. Selvien kirjallisuudesta löytyvien merkityksellisten muuttujien takia haastatteluun tarvittiin kuitenkin selkeä runko, joihin etsittiin vastauksia. Tämä puolistrukturoitu haastattelu onkin osaltaan kohtuullisen lähellä lomakehaastattelua suunniteltuineen jatkokysymyksineen. Siinä korostettiin kuitenkin vapaan tulkinnan ja näkemysten esittämistä, eikä kysymysten järjestys ollut kiveen hakattuna.

Haastatteluiden tavoitteena oli selvittää Fluentin järjestelmän tuottamia hyötyjä. Tätä varten haastattelu jaettiin sovellusperheen mukaisesti kahteen pää osaan: Fluent Planneriin sekä Fluent Go!-hon. Näistä selvästi merkittävimpänä Fluent Planner jaettiin edelleen kahteen: suunnitteluun sekä ohjaukseen ja seurantaan. Näiden perusteella pyrittiin selvittämään työnjohtajien näkemykset sovellusten suorista hyödyistä. Näiden lisäksi haastatteluihin sisällytettiin osio järjestelmän tuottamista hankkeiden yli kestävästä hyödyistä eli henkilöstön ja organisaation oppimisesta. Tämän taustalla oli kirjallisuudessa ilmenneet useat havainnot oppimisen puutteesta sekä toistuvista ongelmista (e.g. Kazi & Koivuniemi 2006; Dave & Koskela 2009). Viimeisenä yhteen vetävänä osiona oli sovellusten käytettävyyden selvitys sekä sen merkitys niistä saataville hyödyille. Tämäkin perustuen kirjallisuudesta nouseviin havaintoihin aikaisemmista monimutkaisista ja toimimattomista järjestelmistä (e.g. Dave et al. 2010).

Haastattelurunkoa laadittaessa pystyttiin jo luomaan alustavia hypoteeseja tutkimuskysymyksille tehdyn kirjallisuuskatsauksen perusteella. Näiden perusteella määritettiin haastatteluissa tutkittavia mittareita, joilla saataisiin selvitettyä vastaukset tutkimuskysymyksiin.

1. Miten digitaalinen tuotannonohjaus on nähtävissä tuotannosuunnittelun tarkkuudessa?

**Hypoteesi 1:** Tarkempi tuotannosuunnittelu edistää tehtävien suunnitelmanmukaista toteutumista (Ballard & Howell 1998; Koskela 2000; Lindhard et al. 2019).

Mittari: TTP, keskeytysten määrä, tehtävien suoritusten tasaisuus, mestojen ja resursien kuormituksen tasaisuus.

2. Miten digitaalinen tuotannonohjaus vaikuttaa työmaiden tiedon jakamiseen sekä tilannekuvan ylläpitämiseen?

**Hypoteesi 2:** Yhtenäinen ja ajantasainen tuotannonohjausnäkyvä ehkäisee epäselvyyksien syntymistä sekä vähentävät niiden haitallisia vaikutuksia (Chen & Kamara 2011; Dave et al. 2014; Kärkkäinen et al. 2019).

Mittari: työnjohdon tilannekuvan ajantasaisuus, havaitut epäselvyydet, ongelmien esilletulo sekä ongelmien ratkaiseminen.

3. Miten digitaalinen tuotannonohjaus vaikuttaa ajankäyttöön työnjohdon lyhyen aikavälin suunnittelussa?

**Hypoteesi 3:** Yhtenäinen järjestelmä vähentää tuotannosuunnitteluun, tiedonjakamiseen ja tiedon kirjaamiseen kuluva ajankäyttöä (Navon & Sacks 2007; Deibert et al. 2009; Omar & Nehdi 2016).

Mittari: ajankäyttö suunnittelussa, suunnitelmien yhdistämisessä, tiedon kirjaamisessa sekä palavereissa.

Tutkimuksen alussa ei kuitenkaan ollut riittävää tietämystä eri aihealueiden relevanttisuudesta. Tätä varten aluksi luotiin alustava haastattelurunko, jolla pyrittiin suuntaamaan lopulliset teemat tarkoituksenmukaisiksi. Siihen listattiin lähes kaikki tutkimuskysymyksiin ja kirjallisuudesta tehtyihin merkityksellisiin havaintoihin liittyvät aihealueet. Tätä koestettiin ensimmäisessä kahdessa haastattelussa H1 ja H2. Näissä haastatteluissa kysymykset esitettiin teemakohtaisesti avoimina, minkä jälkeen rungossa esiintyviä kysymyksiä käytettiin tarvittaessa jatkokysymyksinä, mikäli jokin aihealue jäi vastauksessa käsittelemättä. Saatujen vastausten perusteella haastattelurunkoa pystyttiin uudelleen kohdistamaan vastaamaan paremmin tutkimuskysymysten kannalta relevantteja aiskokonaisuuksia. Käytetty haastattelurunko on liitteessä A.

Lopullinen haastattelurunko oli muotoa: perustiedot, järjestelmän suunnittelutasojen hyödyntämisaste, vaikutukset suunnitelmien paikkansapitävyyteen, tiedon liikkeeseen, oppimiseen sekä käytettävyyteen. Perustiedoissa selvitettiin haastateltavan työtehtävä, kokemus sekä sovellusperheen käyttökokemus ja käytetyt sovellukset. Nämä toimivat haastattelujen luokittelun apuvälineenä sekä keskustelun avaajana. Näiden lisäksi kysyttiin työn alla olevan hankkeen laajuudesta ja tuotannonohjauksen käytännöistä. Näillä

selvitettiin henkilön haastattelunaikaista toimintaympäristöä mahdollistaen jatkokysymysten paremman kohdistamisen tilanteeseen.

Perustietojen jälkeen käydään läpi suunnittelutasot, joissa pyritään kartoittamaan, missä määrin sovellusta käytetään työmaalla, yleisaikataulusta viikkosuunnitteluun. Näin saadaan selville, mikä on järjestelmän käyttöaste sekä rajattua jatkokysymykset koskemaan vain hyödynnettyjä kokonaisuuksia. Tämän jälkeen siirryttiin selvittämään järjestelmän käytöstä havaittavia hyötyjä, tarkastellen muodostettujen hypoteesien paikkansapitävyyttä. Näiden suorien vaikutusten selvitysten jälkeen selvitettiin mahdollisia jatkossa saatavia lisähyötyjä, joita syntysi järjestelmään kerääntyvän tiedon sekä kerääntyvän kokemuksen kautta. Tässä arvioitiin organisaation ja yksilöiden oppimisen merkityksen realistisuutta käytännön olosuhteissa. Lopuksi oli osio järjestelmän käytettävyydestä, ominaisuuksista ja perehdyttämisen merkityksestä. Tämän aihekokonaisuuden keskiössä oli se, mikä Fluent Plannerissa on kaikkein hyödyllisintä sekä, kuinka paljon aikaa joutuu käyttämään, että järjestelmään perehtymätön työnjohtaja saa sovelluksesta suurimman osan hyödyistä irti. Jokaisen asiakokonaisuuden lopussa selvitettiin myös, mikäli haastateltavalta olisi lisättävää tai kehitysehdotuksia. Tämä mahdollisti mahdollisten tuntemattomien tuntemattomien esilletuonnin (e.g. Kim 2012).

#### **4.2.2 Haastatteluiden toteutus**

Haastateltavia etsittiin ja haastatteluja suoritettiin, kesän ja syksyn 2020 aikana. Haastattelut suoritettiin vallinneen erityistilanteen vuoksi etähaastatteluina. Käytettynä pääasiallisena alustana toimi Microsoft Teams. Kohteet valikoituivat osallistumishalukkuuden perusteella joukosta Fluent Progress Oy:n asiakkaiden työntekijöitä. Näiden tietolähteiden löytäminen ei kuitenkaan ollut yksinkertainen tehtävä. Aluksi asiakasyrityksistä yritettiin paikallistaa ne avainhenkilöt, jotka voisivat avustaa osallisten löytämisessä. Tämä ei kuitenkaan johtanut riittäviin tuloksiin, jolloin Fluentilta oltiin työnjohtoon suoraan yhteydessä puhelimitse sekä sähköpostilla. Tämä vaati kuitenkin, että asiasta neuvoteltiin erikseen asiakasyritysten johdon kanssa, että saatiin lupa heidän työntekijöiden häiritsemiseen. Nämä suorat yhteydenotot eivät kuitenkaan toimineet aluksi halutulla tavalla työnjohdon jättäessä vastaamatta yhteydenottoon sekä kieltäytyessä suoraan vedoten muun muassa kiireeseen. Alhaisen osallistumishalukkuuden taustalla vaikutti osaltaan olevan pelko siitä, että haastatteluun osallistumisesta saattaisi seurata jotain negatiivista heille itselleen tai status quo:hon. Tämä nousi esille yhteydessä oltujen henkilöiden vastauksista sekä esimerkiksi siinä, ettei osa halunnut vastata omalla nimellään.

Näiden ongelmien ratkaisemiseksi luotiin erillinen tietosuojaseloste / salassapitositoumus, jossa vakuutettiin, että haastatteluissa kerättävä tieto käsitellään nimettömästi, eikä tietoa luovutettaisi kolmansille osapuolille. Samalla haastattelupyyntöihin käytettävää sähköpostisaatekirjettä muokattiin entistä selkeämmäksi sen suhteen, että tutkimuksessa tarkastelun kohteena oli sovellusten ominaisuudet, eikä käyttäjien toiminta. Lopuksi päätettiin vielä lisätä vaihtoehto täysin anonymistia haastattelusta.

Tämäkään saatekirje kierros ei tuottanut haluttua tulosta, eikä anonyymiin haastatteluun osallistunut kukaan, joten siitäkin luovuttiin nopeasti. Näiden toimimattomien sähköpostien jälkeen saatekirjeen painopiste käännettiin varsinaisen tutkimuksen aiheesta korostamaan Fluentin järjestelmän kehittämistä. Samalla muotoilusta leikattiin ylimääräiset perustelut siitä, miksi heidän osallistumisensa olisi tärkeää ja miten kerättävää tietoa käytetään. Tässä perusteluna se, että konkreettinen tavoite, järjestelmän kehittäminen vaikuttaa sovelluksen käyttäjiin suoraan, eikä sille vaadita siten erillisiä perusteluja. Samalla viestistä saatiin hieman lyhyempi ja yksinkertaisempi, jolloin se tulisi todennäköisemmin luettua. Vastausten lisäämiseksi päädyttiin vielä lisäämään kannustin haastatteluun osallistuville.

Kannustimena toimi Kotipizza:n lahjakortit. Tällä nimellisellä korvauksella pyrittiin antamaan viimeinen sysäys osallistumiseen niille, jotka olivat asian kannalta kahden vaiheilla. Samalla edistettiin yhteistyötä, josta kummatkin osapuolet hyötyvät. Tämän kannustimen määrittämisessä huomioitiin se, että korvaus suhteutetaan käytettävään aikaan ja vaivannäköön. Tässä taustalla se, ettei summa saa olla niin suuri, että tutkimukseen osallistuu henkilöitä, jotka eivät oikeasti haluaisi tai sopisi haastatteluun. Samalla pyrittiin myös välttämään mahdollinen mielikuva niin sanotusta maksettu mainos tyyppisestä tutkimusasetelmasta. Kannustimen mahdollisena hyvänä puolena oletettiin myös olevan se, että otoksen vinoutuminen vain nuoriin ja kehitysmielisiin henkilöihin voisi tasaantua, kun osallistumisesta jäisi käteen muutakin, kuin mahdollisuus vaikuttaa sovellusten kehitykseen.

Näillä toimilla saatiin vielä jokunen lisäosallistuja. Näiden osallistuneen kautta pyrittiin kysymään mahdollisia sopivia lisähaastateltavia, joihin oltiin myös yhteydessä. Sähköpostilla vastaamisen saaminen oli kuitenkin keskimäärin hyvin rajallista. Tästä syystä Fluentin päädyssä pyrittiin kääntämään jokainen kivi, jotta löydettäisiin sopivia henkilöitä, joidenka puhelinnumero olisi tiedossa. Näiden sekä numeronhakupalvelusta kaivettujen numeroiden avulla saatiin lopulta tavoiteltu 10 haastateltavaa täyteen sekä yksi ylimääräinenkin sattumalta. Sopivien henkilöiden kiireellisyyden takia osalla ei kuitenkaan ollut täyttä tuntia haastatteluun. Heidän kanssaan suoritettiin tiivistetty reilun puolen tunnin

haastattelu, jossa keskityttiin edellisissä haastatteluissa selvinneiden havaintojen merkityksellisyyden selvittämiseen.

Varsinaisissa haastatteluissa oli vaihtelua niiden kestossa sekä teemojen painopisteissä. Eri teemojen painotus perustui haastateltavan työnkuvaan sekä saataviin vastauksiin. Joitain haastateltavilta piti myös kysyä selvästi enemmän jatkokysymyksiä johdun annetuista hyvin suppeista vastauksista. Alkupään haastattelut keskittyivät selvittämään järjestelmän vaikutusten laajuutta, kun taas loppupäässä keskityttiin selvittämään aikaisemmin määritettyjen vaikutusten merkitystä työmaan tuotannonohjauksen ja tavoitteiden kannalta. Tällöin myös kysymysrunkoa sovellettiin hyvin joustavasti sen mukaan, mitä lisätietoa haastateltavalta tarvittaisiin tarkemman kokonaiskuvan hahmottamiseksi.

### **4.2.3 Haastatteluiden analysointi**

Haastatteluista kerätyn datan analysoimiseksi haastattelut litteroitiin haastattelurungon mukaisiin aihealueisiin. Näitä olivat järjestelmän hyödyntämistapa, vaikutukset suunnitelmien paikkansapitävyyteen, tiedon liikkeeseen, oppimiseen sekä käytettävyyteen. Samalla suodatettiin epäolennainen tieto, merkitsemällä se erikseen omaan kohtaansa. Ensimmäisissä haastatteluissa epäolennaisuudesta ei ollut vielä varmuutta, joten kaikki kirjattiin ylös myöhempää analysointia varten. Haastateltavien selvät painotukset sekä käytännön esimerkit merkittiin ylös lihavoimalla tekstiä, jolloin vastaajan näkemys jäi paremmin esille myöhempää analysointia varten. Litteroinnin jälkeen haastattelut luokiteltiin haastateltujen työnkuvan, kokemuksen, työmaatyypin sekä järjestelmän käyttöasteen perusteella.

Tiedon varsinainen analysointi tapahtui vertailemalla eri aihealueisiin satuja vastauksia keskenään etsien niistä yhtenevyyksiä sekä eroavaisuuksia. Näistä muodostettiin aihealuekohtaiset kokonaisuudet keskimääräisen havaittavan merkityksellisyyden mukaisesti. Tämän jälkeen selville eroavaisuuksille ja yhtenevyyksille etsittiin syitä haastateltujen luokitusten perusteella. Lopuksi analysoidut haastattelut yhdistettiin tiivistetyksi kokonaisuudeksi aihealueiden mukaisesti, jolloin se saatiin helposti vertailtavaan muotoon kyselyn ja kirjallisuuden kanssa.

### **4.2.4 Kyselyn luominen**

Kyselyn tavoitteena oli selvittää työmaiden tuotannonohjauksessa toteutuvia käytäntöjä, ajankäyttöä, sen digitaalisuutta sekä sitä, kuinka yleisiä kirjallisuudessa ja koehaastatte-

luissa havaitut tuotannonohjauksen ongelmat ovat. Kysely sopi tähän tarkoitukseen hyvin, sillä se toimi tehokkaana työkaluna työnjohtajien näkemysten selvittämiseen työmaiden yleisestä tilanteesta vakioidulla tavalla (Vilkkä 2007, s. 28). Sen avulla oli myös mahdollista saada laajempi otos hajallaan olevasta joukosta tutkittavia. Kysely suoritettiin verkkokyselynä, jolloin vastaaminen sekä tiedonkerääminen olivat hyvin suoraviivaisia prosesseja.

Kyselyn mielipiteitä selvittävän tavoitteen takia sen pääasialliseksi vastausasteikoksi valittiin Likert-asteikko. Käytetyssä Likert-asteikossa on 5 portaiset vastausvaihtoehdot: täysin eri mieltä, jokseenkin eri mieltä, jokseenkin samaa mieltä sekä täysin samaa mieltä. En osaa sanoa -vaihtoehto sijaitsi vaihtoehtojen keskellä, vaikka tämä saattaa epävarmuus tilanteessa lyhentää kysymysten pohtimiseen käytettävää aikaa. Tällä pyrittiin minimoimaan vastaajan mahdollinen turhautuminen ja siten kyselyn keskenjättäminen.

Likert -asteikkoa käytettiin kyselyn kolmessa pääosassa. Nämä kolme pääosaa jaettiin kolmen ensimmäisen tutkimuskysymyksen sekä vertailtavan haastattelurungon kannalta loogisten asiakokonaisuuksien mukaisesti. Ensimmäisessä osiossa selvitettiin tuotannonohjauksen ja aikataulusuunnittelun yleistilannetta. Toisessa selvitettiin työmaan tiedonvälityksen sekä tiedonhallinnan sujuvuutta. Kolmannessa osiossa selvitettiin vastaajan teknologista pätevyyttä sekä digitaalisten työvälineiden hyödyntämistä työmailla. Kaikissa näissä kysymyksissä käytettiin samaa asteikkoa vastaamisen selkeyden ja helpouden takia. Joihinkin kysymyksiin olisi todennäköisesti saanut paremman vastauksen erimuotoisilla monivalintakysymyksillä, mutta tämän arvioidut hyödyt eivät ylittäneet rakenteen monimutkaistamisesta aiheutuvia haittoja.

Näiden Likert -kysymyksiä muodostamisessa oli huomioitava se, että ihmiset saattavat ymmärtää saman kysymyksen eri tavoilla (Vilkkä 2007, s. 46). Tästä syystä kysymysten muotoilua ja järjestystä hiottiin useasti mahdollisimman selkeän kokonaisuuden aikaansaamiseksi. Tässä korostui kysymysten tarkentaminen sekä peräkkäin olevien kysymysten muotoilu samankaltaisiksi, jolloin vastaajalle kävi paremmin selväksi, mistä puhutaan ja missä asiayhteydessä. Tämän lisäksi kaikki Likert-asteikon kysymykset muotoiltiin siten, että täysin samaa mieltä –vastaus viittaisi teoreettiseen tavoitetilaan, jolloin positiiviset asiat tulivat asteikon oikeaan reunaan ja negatiiviset vasempaan.

Kyselyrungon neljännessä asiakokonaisuudessa selvitettiin työnjohdon viikoittaista ajankäyttöä lyhyenaikavälin suunnittelussa. Tässä lopulliseksi asteikoksi asetui 0 – 10 tuntia,



tunnin tarkkuudella. Tämän taustalla oli kirjallisuudesta löytyvät arviot suunnitteluun kuuluvasta viikoittaisesta ajankäytöstä. Vastaustarkkuus jätettiin puolestaan kohtuullisen väljäksi, sillä suunnittelun ajankäytössä on paljon vaihtelua. Ajankäytön realistinen arviointi on myös hyvin hankalaa ja tilannekohtaista, jolloin tarkempi asteikko ei todennäköisimmin antaisi sen paikkansapitävämpiä vastauksia. Tässä vaikutti osaltaan myös käytetyn alustan MS Forms:in kyselytyökalut, joista tämä asteikko oli sopivin tähän tilanteeseen.

Näiden sisältökokonaisuuksien lisäksi kyselyn alkuun lisättiin lyhyt selostus tutkimuksen tarkoituksesta, ohjeet kyselyyn vastaamiselle sekä sen keskimääräinen kesto. Näiden tarkoituksena oli herättää vastaajan luottamus sekä tehdä vastaaminen sekä siihen kuuluva aika heti alusta alkaen selväksi. Samalla sivulla kysyttiin vastaajan perustiedot eli työtehtävä sekä kokemus johtotehtävistä. Näiden avulla vastaajat oli mahdollista ryhmitellä tarkempaa analysointia varten. Viimeisellä sivulla kiitettiin osallistumisesta ja siihen liitettiin kaksi avointa tekstilaatikkoa, joihin pystyi sanallisesti kommentoimaan vastauksiaan sekä kyselyn toimivuutta. Tällä palautteen antamismahdollisuudella pyrittiin varmistamaan, ettei kyselyyn ollut jäänyt epäolennaisuuksia tai epäselvyyksiä.

Kyselyn asiakokonaisuuksiin sisältyvien kysymysten luominen suoritettiin kirjallisuuden perusteella keräten kuhunkin tutkimuskysymykseen vaikuttavia tekijöitä omiin kokonaisuuksiinsa. Tässä oli kuitenkin ongelmana sama vallitseva epävarmuus asiakokonaisuuksien ja muuttujien käytännön relevanttiudesta. Tästä syystä ensimmäiseen runkoon kerättiin kirjallisuuden perusteella pitkä lista mahdollisia vaikutteita. Tätä joukkoa karsittiin ja uudelleen kohdistettiin ensimmäisen koehaastattelun tulosten perusteella. Tämän jälkeen kysely jaettiin koestettavaksi kahdelle työnjohtajalle. Näiden sekä toisen suoritettun haastattelun vastausten jälkeen runkoa hiottiin edelleen vastaamaan paremmin työnjohtajien näkemystä aiheesta. Taustalla vaikutti myös kohdejoukon selkeä osallistumishaluttomuus, jolloin osallistumiskynnys yritettiin saada niin alhaiseksi, kuin mahdollista. Lopullinen kyselyrunko on lohkoittain esillä tuloksissa kappaleessa 9.2.

#### **4.2.5 Kyselyn toteutus**

Kyselyn tarkoituksena oli selvittää, kuinka yleistettäviä ja merkittäviä digitaalisen tuotannonohjauksen kehityksellä saavutettavat hyödyt ovat. Tutkimuksen kohteena oli siten edelleen työmaiden työjohto. Nyt tietolähteiden ei kuitenkaan ollut tarvinnut käyttää Fluentin järjestelmää, jolloin tutkimus pystyttiin kohdistamaan laajemmalle perusjoukolle. Kysely ei myöskään vaatinut erillisen suoritusajan sopimista, jolloin vastaajiin ei tarvinnut

olla sen takia erikseen yhteydessä. Tämä mahdollisti kyselyn saatesähköpostin suoraviivaisemman levityksen.

Kyselyn osallistujat kerättiin lopulta kahdella eri tavalla. Ensimmäisenä oli suoran kyselysaatesähköpostin jako yhden Fluentin järjestelmää käyttämättömän rakennusyrityksen työnjohdolle. Tässä hyödynnettiin sähköpostin edelleen välityksen helppoutta. Tämän viestin jakamisesta saatiin sovittua kyseisen yrityksen toimitusjohtajan kanssa, jolloin sähköposti saatiin yrityksen sisäiseen jakoon. Toisena tapana oli haastattelupyyntöjen jälkeen haastatteluun osallistumattomille lähetetty sähköposti. Siinä tiedostettiin heidän kiireensä ja korostettiin heidän näkemysten merkitystä tutkimuksen kannalta. Tämän jälkeen esitettiin kysely, johon he voisivat vastata, mikäli heillä ei olisi aikaa osallistua itse haastatteluun. Tällä tavoin pyrittiin saamaan vastaaja kallistettua tämän suhteessa pienemmän palveluksen tekemiseen.

Kyselyn alustana toimi Microsoft Forms, mikä mahdollisti selkeän kyselyn luomisen sekä helpon vastaamisen. Luodun kyselyn pystyi jakamaan helposti sähköpostiin jaettavalla linkillä. Se toimi hyvin myös erilaisilla mobiililaitteilla, mikä oli tärkeää mahdollisimman helpon osallistumisen takaamiseksi. Kyselyyn saatavia vastauksia pystyi myös tarkistelemaan välittömästi, jolloin oli mahdollista seurata kysymysten toimivuutta sekä keskimääräistä kyselyn kestoa. Lopulliset vastaukset saatiin ladattua Excel taulukkona tulosten analysointia varten.

#### **4.2.6 Kyselyvastausten analysointi**

Kyselyvastausten prosessointi aloitettiin tarkistamalla aineisto puutteellisesti täytetyistä vastauksista. Näistä karsittiin ne, joilla suunnittelun ajankäytössä nollarivi tai merkitty ajankäyttö selvästi epäloogisesti tai väärin ymmärtäen. Likert -asteikollisista kysymyksistä ei löytynyt joukosta poikkeavia. Aineiston puhdistamisen jälkeen jokaisesta Likert -kysymyksestä laskettiin vastausten kokonaismäärä sekä vastattujen vastausvaihtoehtojen määrät. Kysymykset, joissa oli erityisen paljon ”En osaa sanoa” -vastauksia merkittiin, sillä tämä osoitti kysymyksen toimimattoman muotoilun tai vastaamisen vaikeuden (e.g. Vilkka 2007, s. 106). Nämä vastaukset käsiteltiin erikseen ja niistä arvioitiin vastausten merkittävyys tulosten kannalta sekä mahdolliset syyt tämän vastauksen antamiselle. Syiden pohdinnassa pyrittiin selvittämään, johtuiko vastaus siitä, ettei vastaajalla ole oikeasti tietoa asiasta, vai eikö henkilö ole vaivautunut pohtimaan asiaa sen tarkemmin. Tätä arviointia tehtiin vertaamalla henkilön muihin vastauksiin sekä perustietoihin.

Tämän jälkeen laskettiin vastausten prosenttiosuudet. Aineiston koon niukkuuden takia vastaavien työnjohtajien ja työmaainsinöörien vastaukset yhdistettiin yhdeksi kokonaisuudeksi. Tässä perusteluna se, että näissä tehtävänimikkeissä tehdään laajemman mitakaavan tuotannosuunnittelua, kuin työnjohtajan tehtävissä, jossa keskittyvät osaltaan enemmän viikkotason tuotannonohjaukseen. Tällöin saatiin vertailtava aineisto suorittavan ja suunnittelevan tason näkemyseroista. Näistä tiedoista muodostettiin kuvaajat, joista pysti selkeästi näkemään vastausten jakautuminen kullekin kysymykselle. Ehdollisella värikoodauksella saatiin myös korostettua kysymykset, joissa vastaajat olivat selvästi eri – tai samaa mieltä kysymyksen kanssa.

Ajankäytöllisistä kysymyksistä laskettiin keskiarvot, vaihteluvälit sekä keskihajonta. Tämä tehtiin kokonaisuudelle sekä erikseen kullekin tehtävänimikkeelle. Keskiarvot sekä keskihajonta koottiin yhteen taulukkoon vertailun helpottamiseksi. Tästä nähtiin ajankäytön määrät sekä vaihtelu eri tehtävänimikkeiden välillä. Keskihajonnan avulla pystyttiin tarkastelemaan mielipiteiden vaihtelua. Suuren keskihajonnan omaavat kysymykset merkittiin omalla värillään.

### **4.3 Tutkimukseen osallistuneet**

Laadullisena tutkimuksena työn päämääränä oli kuvata sekä ymmärtää käytännön tilannetta (Tuomi & Sarajärvi 2018). Tästä syystä tutkimuksen kohteeksi valikoitiin ne henkilöt, joilla on tilanteesta mahdollisimman paljon tietoa sekä ymmärrystä. Näitä olivat tuotannonohjausta tekevät työmaiden työnjohtajat, vastaavat mestarit sekä työmaainsinöörit. Tiedonantajia ei kuitenkaan pystytty suoraan valitsemaan harkittujen kriteerien mukaisesti johtuen kohdejoukon haastavasta tavoitettavuudesta sekä alhaisesta osallistumishalukkuudesta. Tällöin osallistumishalukkuus oli lopulta suurin kriteeri tiedonantajien valinnassa. Arvokkaimpia tietolähteitä eli kokeneita vastaavia mestareita ja työmaainsinöörejä pyrittiin kuitenkin tavoittamaan painotetusti tästä kohdejoukosta. Tällöin saatiin ainakin jossain määrin vaikutettua otoksen laadukkuuteen.

#### **4.3.1 Haastattelut**

Lopulta haastatteluihin saatiin mukaan 11 työnjohtoon kuuluvaa henkilöä (taulukko 2). Suoritettujen haastatteluiden lopullinen lukumäärä määräytyi uusien osallistujien löytämisen vaikeuden sekä siihen suhteutettavan tiedon lisäarvon tuonnin perusteella. Osallistuneet työskentelivät Fluentin järjestelmää käyttäessä yhdeksällä eri rakennustyömaalla Suomessa. Nämä työmaat olivat käynnissä haastatteluhetkellä tai ne olivat päättyneet alle kahden vuoden sisällä. Tämän otoskoon riittävyttä tukee Hirsijärvi & Hurme

(2008, s. 58) argumentoimalla, että haastattele niin monta kuin on välttämätöntä, jotta saat tarvitsemasi tiedon. Haastatteluissa esiintyneen toistuvuuden perusteella pystyttiin tekemään oletus siitä, että saatu otos edusti riittävässä määrin haastattelun perusjoukon, eli Fluentin järjestelmää käyttävän työnjohdon näkemystä järjestelmän merkittävimmistä hyödyistä. Tässä on kuitenkin huomioitava rakennusteollisuuden hyvin vaihteleva toimintaympäristö, josta löytyisi vielä mitä todennäköisimmin spesifisiä näkökulmia, jotka eivät ole tulleet näissä haastatteluissa esille.

**Taulukko 2. Haastatteluihin osallistuneet.**

Nro	Työnkuva	Kesto	Kokemus johtotehtävistä (vuosia)	Kokemus järjestelmästä	Työmaa
H1	Työnjohtaja	1h 10 min	2-6	2 projektia	Asuinkerrostalo
H2	Työmaainsinööri	50 min	2-6	1 projekti	Toimitila
H3	Työmaainsinööri	1h 11 min	2-6	1 projekti	Toimitila
H4	Vastaava työnjohtaja	1h 3 min	6-10	2 projektia	Koulu
H5	Työmaainsinööri	55 min	2-6	1 projekti	Sairaala
H6	Työmaainsinööri	1h 24 min	10-20	1 projekti	Asuinkerrostalo
H7	Työmaainsinööri	49 min	2-6	2 projektia	Asuinkerrostalo
H8	Työmaainsinööri	37 min	20+	1 projekti	Toimitila
H9	Työnjohtaja	29 min	2-6	1 projekti	Sairaala
H10	Vastaava työnjohtaja	34 min	6-10	2 projektia	Monitoimitalo
H11	Työnjohtaja	41 min	2-6	1 projekti	Asuinkerrostalo

Kuten taulukosta nähdään, tutkimukseen saatiin mukaan kaksi vastaavaa työnjohtajaa, kolme työnjohtajaa sekä kuusi työmaainsinööriä. Heistä vastaavia työnjohtajat ilmoittivat olevansa selvästi kiireisempiä, kuin muut työryhmät. Tämä johti siihen, ettei heitä saatu tämän enempää osallistumaan tutkimukseen. Sovittuja haastatteluja myös peruuntui kiireen takia, eikä niitä kaikkia saatu lopulta suoritettua. Työmaainsinöörit olivat puolestaan selvästi kehitysmielisempiä, kuin toiset työryhmät, jolloin he osallistuivat aktiivisesti tutkimukseen. Osallistuneista työmaainsinööreistä melkein kaikilla oli myös jonkin asteista kokemusta työnjohtajan tehtävistä, jolloin heiltä sai vastauksia hyvin monipuolisesti.

Johtotehtäväkokemusten kannalta suurin osa osallistuneista kuului odotetusti nuorempaan ikäpolveen. Vain kahdella haastattelluista oli yli 10 vuoden kokemus rakennusalan johtotehtävistä. Vastausten perusteella ei kuitenkaan ollut havaittavissa erityistä kuilua nuorempien ja kokeneempien näkemyksissä. Nämä täydentävätkin hyvin nuorempien vastauksia, eikä vastauksissa ollut havaittavissa ristiriitoja eri ikäpolvien välillä.

Järjestelmän käyttökokemuksen kannalta suurimmalla osalla osallistuneista järjestelmä oli ollut käytössä hankkeissa, joissa se oli otettu ensimmäistä kertaa käyttöön. Tällöin järjestelmän käyttökokemus oli osaltaan vielä totuttelua. Kaikilla oli kuitenkin useiden kuukausien tai yli vuoden kokemus sen käytöstä. Neljä osallistujaa työskenteli myös jo toisessa hankkeessa, jolloin saatiin havaittua kokemuksen tuomaa sujuvuutta järjestelmän hyödyntämisessä.

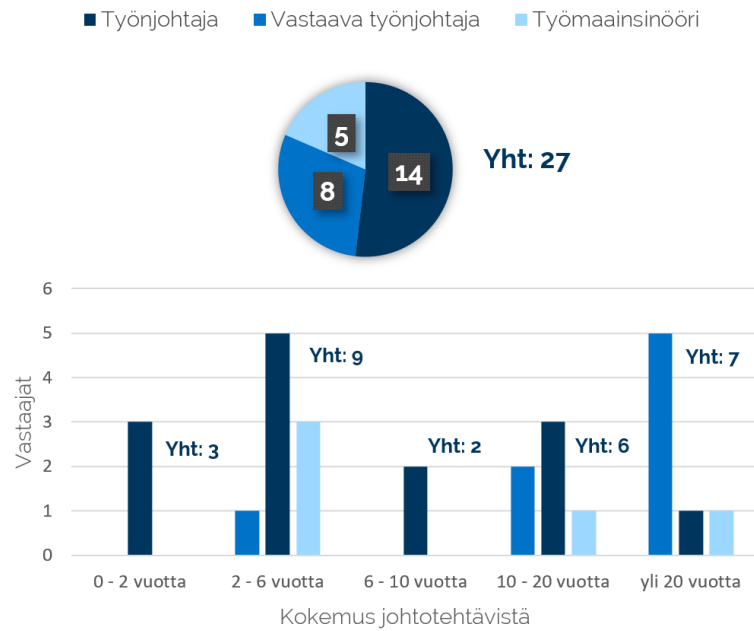
Kokemuksen lisäksi osallistuneet työnjohtajat työskentelivät erityyppisissä hankkeissa järjestelmän käytön aikana. Niistä saatiin havaittua selviä eroavaisuuksia ja yhtenevyyksiä eri hanketyyppien väleillä. Näiden viimeisten hankkeiden merkitys kasvaa myös sen takia, että ihmiset painottavat näkemyksensä tavallisesti tuoreimpiin kokemuksiinsa (Tversky & Kahneman 1974). Tällöin esimerkiksi käynnissä ollut alhaisen kompleksisuuden omaava hanke saattaa vaikuttaa alentavasti järjestelmän tuottaman tilannekuvan havaittavaan hyödyllisyyteen. Tämä pystyttikin huomioimaan osallistuneiden perustietojen selvityksessä.

### **4.3.2 Kyselytutkimus**

Kyselyyn osallistui puolestaan 30 työnjohtoon kuuluvaa henkilöä, joista 27 vastaukset sisällytettiin mielipide analyysiin ja 25 ajankäytölliseen analyysiin (kuva 18). Fluentin järjestelmä ei ollut käytössä suurimmalla osalla vastaajista. Kyselyä pidettiin käynnissä koko empirian ajan ja lopullinen otos määräytyi saatujen vastausten perusteella. Vastausastetta ei pystytä määrittelemään saatekirjeen sisäisen jaon takia, mutta kohdehenkilöille lähetettyjen suorien sähköpostien osalta vastausaste oli noin 15 %.

Tämän saadun otoksen riittävyys on perusteltavissa sillä, että tulosten pääpiirteet olivat jo nähtävissä 17 vastaajan kohdalla. Kyselyyn osallistui myös henkilöitä eri työtehtävistä sekä eri kokemustaustoista, jolloin pystyttiin tarkastelemaan erilaisia näkökulmia riittävän luotettavalla tasolla. Työnjohdonharjoittelijoita vastasi vain yksi ja hänen vastauksensa yhdistettiin muihin työnjohtajiin, sillä yksittäisestä vastaajasta ei pystytä tekemään merkityksellisiä johtopäätöksiä.

## Kyselyn vastaajat



**Kuva 18.** Kyselyn vastaajat.

Vastaajat jakautuivat työtehtävien mukaan ennustetusti työmaakohtaisten toimijoiden määrien mukaisesti. Kokemustausta jakautui myös tasaisesti, vasta-alkajasta kokeneisiin tekijöihin asti. Jakaumasta nähdään myös, että vastaavalla työnjohdolla on keskimäärin pidempi kokemus työmaiden johtamisesta, kuin työnjohdolla. Tämä saatu otos kuvastaa siten arvioidusti työmaiden yleistä tilannetta, jolloin vastauksista pystytään tekemään suuntaa antavia johtopäätöksiä. Tässä tulee kuitenkin huomioida se, että suurin osa vastaajista oli peräisin vain yhdestä rakennusalan yrityksestä, jolloin tuloksiin on jossain määrin vaikuttanut tämän yrityksen sisäiset toimintamallit sekä kulttuuri.

## 5. TULOKSET JÄRJESTELMÄN KÄYTÖSTÄ

Tässä kappaleessa käsitellään tutkimuksen haastatteluiden perusteella saadut tulokset. Aluksi käydään läpi, miten Fluentin järjestelmä on vaikuttanut työmaiden tuotannonohjausprosessiin ja aikataulusuunnitteluun. Tämän jälkeen käydään läpi, mitä nämä vaikutukset merkitsevät ensimmäisen kolmen alatutkimuskysymyksen kannalta. Viimeistä tutkimuskysymystä järjestelmän kustannusvaikutuksista tarkastellaan tutkimuksen tulosten jälkeen kappaleessa 6.2.

### 5.1 Vaikutuksia tuotannonohjausprosessiin

Merkittävimmin järjestelmän tuomina hyötyinä on se, että työmaan tiedot kerääntyvät yhteen paikkaan (H3, H8), jolloin yhteisen tilannekuvan hahmottuminen helpottuu (H2; H4; H5; H10) ja resurssien käytön suunnittelu selkeytyy (H1; H6; H7). H9 korostaa omalta osaltaan, että järjestelmän merkittävimminä hyötynä on ylläpidetyn tilannekuvan ajantasaisuuden parantuminen, jolloin eri toimijat ovat samalla viivalla työmaan tapahtumista. H11 kertoo puolestaan, että hänen mielestään järjestelmän suurin hyöty on siinä, että suunnittelu on saatu järjestelmässä suoraviivaiseksi ja helpoksi. H8 korostaa myös järjestelmän helppokäyttöisyyttä kertoen, että sitä oppii käyttämään myös sellaiset, joilla ei juurikaan ole tietoteknistä kokemusta.

Näiden hyötyjen taustalla on haastateltujen mukaan helpottunut yhtenäinen valmisteleva- ja viikkosuunnittelu, tehtävien ja tekijöiden selkeämpi koordinointi sekä tilanteen tarkempi seuraaminen. Järjestelmä muodostaa siten yhteisen tilannekuvan työmaan tilanteesta ja edistymisestä eri toimijoiden, työnjohtajien / urakkavalvojen sekä vastaavien työnjohtajien ja työmaainsinöörien välille.

Havaittavat hyödyt vaihtelivat kuitenkin ennustetusti työmaakohtaisesti, tuotannosuunnittelun työvälineiden vaihdelleessa ruutupaperista eteenpäin. Sovelluksen käytön suurimpana erona oli kuitenkin valmistelevan suunnittelun merkitys tuotannonohjauksessa. Osassa työmaita ei tehty valmistelevaa suunnittelua järjestelmään, jolloin se yhdistyi osaksi yleistä suunnitteluprosessia (H1; H2; H5; H8; H9). Toisilla työmailla ei järjestelmään puolestaan tuotu yleisaikataulua ollenkaan (H4; H6; H7; H10; H11). Näin ollen järjestelmän kokonaisvaltainen käyttö on vielä jäänyt vähäiselle. Toisaalta järjestelmän hyödyt eivät myöskään rajoittuneet pelkästään työmaalle. H10 kertoi, että heidän hankkeessaan Fluent Planner oli käytössä myös suunnittelun ohjauksessa. Tämä oli hänen

mukaansa ensimmäinen kerta, kun suunnitteluajataulu oli visuaalinen ja helposti seurattavissa. Tästä oli hyötyä työmaallakin, kun tiedettiin missä suunnittelussa ollaan menossa ja päinvastoin.

Järjestelmän mobiilisovelluksesta Fluent Go!:sta ei kuitenkaan ollut vielä erityistä hyötyä työmailla. Se oli otettu käyttöön viidellä työmaalla, mutta sen käyttö vaihteli paljon, eikä sitä saatu osaksi normaalia toimintamallia millään työmaalla. Siinä nähtiin kuitenkin potentiaalia etenkin aliurakoitsijoiden osallistamisessa sekä poikkeamien esille tulemisessa. Haastatelluilta nousikin useita kehitysehdotuksia, joilla mobiilisovelluksesta saisi oikeasti hyödyllisen työvälineen. Mobiilin tuotannonohjauksen hyötyjä on siten havaittavissa, mutta niitä ei ole vielä saatu tuotua käytäntöön.

### **5.1.1 Valmisteleva suunnittelu**

Fluent Planner toimii yhteisenä alustana valmistelevalle suunnittelulle ja viikkosuunnittelulle. Se tukee haastateltujen mukaan suunnitteluprosessia mahdollistaen yhteisen ja yhdenmukaisen suunnittelun. Tämä näkyy esimerkiksi rullavan valmistelevan suunnitelman ylläpidossa, jota voidaan edelleen hyödyntää viikkosuunnitteluprosessin ohjaamisessa (H3). Vastaavan tekeminen on raskaampaa esimerkiksi Excelillä, sillä se vaatii paljon toistoa sekä eri tiedostojen yhdistämisiä (H4; H6). H11 on asiasta samaa mieltä ja korostaa vielä, että suunnitteluprosessista tulee selkeämpi, kun suunnittelutasot ja työkalut löytyvät yhdestä järjestelmästä, eikä tarvitse käsitellä eri tiedostoja eri tarkoituksiin. Suunnitelmien tekeminen on siten helpompaa, kun tiedot ovat samassa paikassa ja helposti käytettävissä.

Valmistelevan suunnitelman näkymät helpottavat tuotannonohjausta, kun työnjohdolle ja valvojille pystytään selkeästi näyttämään alueen tilanne sekä heille kuuluvat vastuualueensa (H3; H4; H6; H10). Samalla työnjohtajat pystyvät itse palaamaan valmistelevaan suunnitelmaan viikkosuunnitelmia tehdessään, jolloin he pysyvät paremmin kartalla siitä, mitkä ovat tehtävien suunnitellut aloitus- ja lopetusajankohdat, mistä puhuttiin ja mitä muuta alueella tapahtuu. Tällöin he pystyvät suoraviivaisesti pilkkomaan asetetut työvaiheet lohkoilleen omiksi pienemmiksi tehtäväkokonaisuuksikseen (H10).

Arjen hyötynä on myös se, että suunnitelmista nähdään helposti, miten suunniteltu työkuorma jakautuu eri resursseille (H6; H7). H6 jatkaa tähän, ettei aikaisemmin ole ollut mahdollista tehdä vastaavaa henkilöihin perustuvaa suunnittelua tällä tarkkuudella. Tällöin myös nähdään, mikäli työmaalla on enemmän tekijöitä, kuin töitä, jolloin asiaan voidaan vaikuttaa jo kohtuullisen varhaisessa vaiheessa (H7).



Tehtävien edellytysten osalta Fluentin vaikutukset ovat vielä haastateltujen mukaan vaihtelevia ja vähäisiä. Niitä pohditaankin lähinnä suurempien tehtävien kokonaisuuksien kohdalla, eikä niiden määräitys ole järjestelmällistä työmailla (H2; H3; H4; H6). Tähän asti lyhyenaikavälin suunnittelu onkin H4 mukaan ollut lähinnä tehtävien listaamista, jolloin tehtävien toteutukseen valmistautuminen on jäänyt karkealle tasolle. Tällä hetkellä aloitusten edellytysten varmistaminen tapahtuukin yleisesti siten, että niitä pohditaan yhteisesti mestaripalaverissa, vastaavan mestarin kysellessä, onko erilaisia tehtäväkohtaisia asioita huomioitu (H2; H10). Tähän olisikin H2 mukaansa hyvä saada systemaattisempi toimintatapa, mikä olisi mahdollista järjestelmän avulla. Tähän toimintamalliin vaikuttaa H4 mukaansa osaltaan se, että vasta nyt ollaan pääsemässä Exceleistä eroon, jotka ovat sitoneet ajattelumallin hyvin perinteiselle tasolle. Uutta ajatusmallia tukeva järjestelmä ohjaisikin tekemistä parempaan suuntaan, jolloin päästäisiin pois tästä häiriöiden johtamisen kulttuurista. H4 jatkaa kuitenkin, ettei erillistä raskasta edellytysten pohittamista ja tarkistamista ole hyödyllistä tehdä etenkin lyhyiden päivänsisäisten tehtävien kohdalla.

### **5.1.2 Viikkosuunnittelu**

Viikkosuunnittelun osalta suunnitelmien tekeminen ja muokkaaminen on haastateltujen mukaan huomattavasti helpompaa Fluent Plannerilla. Suunnittelua tulee myös tehtyä enemmän ja se on laadukkaampaa, kun järjestelmä on käytössä (H1; H9; H10). Ennen tehtävien aikataulut on hahmoteltu haastateltavien mukaan esimerkiksi ruutuvihkoon ja sieltä tarvittaessa Excel tai Word pohjiin. Tässä H10 korostaa sitä, että käytetyt Excelit olivat sen verran kankeita, ettei niihin juurikaan suunniteltu kuin karkeita tehtäväkokonaisuuksia. Nämä jäivät myös usein erillisiksi työnjohtajien henkilökohtaisiksi suunnitelmiksi, joita käytiin lähinnä suullisesti läpi viikkopalaverissa. Niitä saatettiin myös yhdistellä manuaalisesti vastaavien tai työmaainsinöörien toimesta (H6; H11). Fluent Planner yhdistääkin nämä irtoneiset suunnitelmat yhdeksi kokonaisuudeksi heti alkujaan, luoden yhden yhteisen näkymän. Tämä helpottaa vastaavien työnjohtajien ja työmaainsinöörien työtä, kun ei tarvitse etsiä viikkosuunnitelmia erikseen, niiden tarkastelemista varten (H6; H11).

Järjestelmästä näkee myös suunnitelmien ristiriitaisuudet sekä suunniteltujen resurssien käytettävyydet selkeämmin kuin entisillä työvälineillä (H2; H6; H7; H9; H11). H2 tarkentaa tähän, että järjestelmän avulla on helpompi nähdä, miten työt jakautuvat eri paikoille, jolloin töiden yhteensovitus on selkeämpää. H6 korostaa puolestaan sitä, että järjestelmästä nähdään helpommin, missä työntekijät menevät sekä mihin heidät on suunniteltu

seuraavaksi. Tällöin voidaan varmistaa, että ainakin kriittiset työvaiheet saadaan toteutettua suunnitelmien mukaisesti (H7). Samalla voidaan myös arvioida alueiden ruuhkautumista, jolloin niihin voidaan vaikuttaa ja varautua ennalta.

Ongelmien havaitseminen on Fluent Plannerissa kuitenkin edelleen manuaalista, eikä järjestelmä ota kantaa siihen, voiko tehtävän tehdä suunnitellusti. Tällöin suunnitelman toimivuuden arviointi ja tarkistaminen jäävät täysin tekijöiden vastuulle. Tämä johtaa puolestaan siihen, ettei ongelmia välttämättä huomata ajoissa, etenkin jos kyseessä on erityisen monimutkainen hanke (H3; H4). H3 jatkaa tähän, että tässä auttaisi automaattinen järjestelmä, joka tunnistaisi ja ilmoittaisi mahdollisista ongelmista suunnitteluprosessin aikana. Järjestelmässä on siten kehityksen myötä enemmänkin potentiaalia työn teon helpottamisessa ja inhimillisten virheiden karsimisessa.

Järjestelmän yhtenä keskeisenä ominaisuutena on myös se, että järjestelmä pakottaa tekemään yhteistä suunnittelua, joka helpottaa merkittävästi kokonaisuuden hallintaa ja tekijöiden sitouttamista suunnitelmiin (H4; H5; H7; H9; H10). H7 korostaa tässä sitä, että kun Fluent Planner on otettu käyttöön, tulee järjestelmän käytöstä selvät toimintamallit, joiden noudattamista edellytetään. Tästä seuraa puolestaan se, että suunnittelua myös tehdään etukäteen. Tällöin henkilöt ovat myös paremmin perillä asioista mestari-palavereissa, jolloin pystytään paremmin hahmottamaan resurssitarpeet kullekin työtehtävälle sekä keskittyä mahdollisten ongelmien korjaamiseen.

Järjestelmä mahdollistaa myös aliurakoitsijoiden osallistamisen viikkosuunnitteluun. Tätä mahdollisuutta ei ole kuitenkaan päästy kaikilla työmailla hyödyntämään johtuen järjestelmän käytön kokeiluasteesta (H1; H2; H6; H7). H2 korostaa kuitenkin, että tästä on jo käyty keskustelua ja siihen pyritään seuraavien rakennushankkeiden aikana. Suurimpana hyötynä osallistamisesta on se, että aliurakoitsijoilla ja työryhmien nokkamiehillä on usein tarkemmat tiedot tehtävän suorituksesta, jolloin aikataulusuunnittelijan tai vastaavan työnjohtajan ei tarvitse itse pohtia asiaa vajavaisilla lähtötiedoilla. H5 jatkaa tähän, että yhdessä tehdyt suunnitelmat ovat myös aliurakoitsijoille mielekkäämpiä, kuin suorat komennot ylhäältä päin johdettuna. H6 tarkentaa osaltaan, että järjestelmä selkeyttää rakentamisen virstanpylväiden kanssa, kun pystytään nojautumaan selkeisiin valmisteleviin suunnitelmiin. Toimiessaan järjestelmän avulla saadaan siten helpotettua myös työnjohdon työtaakkaa. Urakoitsijoita ei voida kuitenkaan velvoittaa järjestelmän käyttöön, jolloin nämä hyödyt voivat jäädä toteutumatta. H7 nostaa kuitenkin esille, että aliurakoitsijat pystytään osallistamaan suunnitteluun myös välillisesti, yhdessä urakka-

valvojan kanssa, jolloin järjestelmää ei ole itsessään välttämätön viedä aliurakoitsijatasolle asti. Tällöin tehtäviin sitouttaminen jää kuitenkin yleensä karkeammalle vaiheika- taulutasolle.

Järjestelmän käyttöase viikkosuunnittelussa vaihteli kuitenkin myös merkittävästi työ- mailla. Esimerkiksi yhdellä työmaalla se toimi vain henkilökohtaisen suunnittelun työka- luna, fyysisen fläppitaulun ollessa toimivana viikkoaikataulun alustana (H4). Toisella työ- maalla he saivat kuitenkin yhteensä yli 20 omaa ja alistettujen sivu-urakoitsijoiden työn- johtajaa tekemään viikkosuunnittelua Fluent Planneriin. Näiden hankkeiden erona ko- rostui etenkin näiden suunnitelmien yhteensovittamisen merkitys, joka oli selvästi suora- viivaisempaa järjestelmän avulla.

Ongelmana on kuitenkin, että vain osa omasta työnjohdosta tekee aktiivisesti viikko- suunnittelua järjestelmään, jolloin kaikki tieto ei kerääny yhteen paikkaan (H2; H3; H5; H6). Tällöin sitä on myös hankala viedä aliurakoitsijoiden käyttöön. H8 kertoi myös, ettei heillä työnjohto sitoutunut järjestelmän käyttöön käytännössä ollenkaan ja suunnitelmia seurattiin lähinnä työmaan viikkopalaverissa. Heillä Fluent Planner jäi siten lähinnä suunnittelijoiden aikataulusuunnittelun työvälineeksi. Toisena esiin tulleena ongelmana on myös se, ettei järjestelmästä myöskään saanut kaikkia haluttuja tulosteita, jotka pal- velisivat ohjauspalaverien tarpeita (H3; H6; H7). Tämän ominaisuuden kehittämisellä pystyttäisiin heidän mukaansa vielä suoraviivaistamaan viikkopalaverien pitämisiä ja teh- tävien läpikäymistä merkittävästi. Nämä tiedot on kuitenkin saatu järjestelmästä helposti ulos, jolloin niistä on saatu luotua omatoimisesti halutun muotoinen tuloste (H3).

### 5.1.3 Toteutumisen seuranta

Tehtävien toteutuksen seurannassa urakkavalvojat ja työnjohtajat voivat välittää tiedon tehtävien tilanteesta ja häiriöistä suoraan järjestelmään, jolloin tilannekuva on tarkempi, kuin ennen (H1; H3; H4; H9; H10). H9 tarkentaa osaltaan tähän, että järjestelmän avulla ollaan paremmin kartalla siitä, missä vaiheessa työt ovat ja mikäli työmaalla tapahtuu keskeytyksiä. Tällöin tiedetään edes suurin piirtein, milloin seuraava työvaihe voidaan aloittaa. Tämän toiminnallisen hyödyn lisäksi H10 korostaa sitä, että järjestelmän help- pokäyttöisyyden ja selkeyden takia suunnitelmia ja edistymistä tulee myös seurattua tar- kemmin, kuin Exceleiden aikana. Etenemistä päivitetäänkin haastateltujen mukaan lä- hinnä vaihe- ja yleisaikatauluun, kun Fluent Planner ei ole ollut käytössä.

Työmailla ei kuitenkaan usein tehdä aikatauluseurantaa muuta kuin viikkopalaverissa, jolloin järjestelmästä ei saada näitä tarkentuvan seurannan hyötyjä (H5; H6; H7; H8).

Palavereissa järjestelmä on kuitenkin oleellisena osana, sillä sen avulla kaikki tietävät mitä tapahtuu missäkin ja kuka sitä on tekemässä. H9 korostaa tämän merkitystä kertoen, että Fluent Plannerin yhtenäinen näkymä selkeyttää merkittävästi suunnitelmien läpikäyntiä. Ennen palavereissa on käyty asiat lähinnä suullisesti läpi tai joidenkin Excelien tukemana, jolloin kestävän mielikuvan muodostaminen on ollut haastavampaa.

Haastateltavien mielestä tarkempi seuranta olisi kuitenkin hyödyllistä. H7 selvensi tähän, että sen avulla nähtäisiin esimerkiksi ennakolta, mikäli toisen tekijän pitäisi päästä aloittamaan tehtävänsä kohteeseen, jossa edellinen tehtävä on jäänyt aikataulusta. Työmaan käytännöt eivät kuitenkaan hänen mukaansa mahdollistaneet tämän tekemistä. H8 kertoikin, että yhteisen seurannan tekemisen vaihtelevuus johti lopulta siihen, että järjestelmän merkitys väheni tuotannonohjauksessa ja lopulta Fluent Planneriin tehtävä seuranta hiipui lähes kokonaan. Hän jatkoi myös, ettei tästä tarkemmasta seurannasta vaikuttanut olevan erityistä hyötyä, sillä vaikka myöhässä olevat tehtävät tulivat paremmin esille, ei tällä tiedolla ollut juurikaan vaikutusta työmaan toimintaan. H9 on kuitenkin eri kokemus tästä ja kertoo, että heillä tarkemman seurannan avulla tiedettiin, mitkä tehtävät rajoittivat minkäkin alueen toimintaa, jolloin voitiin paremmin suunnitella ja valmistautua seuraavien tehtävien toteutukseen.

Viikkosuunnitelmien toteutumisen osalta tehtävien toteutumisprosenttia seurattiin osalla työmaita kohtuullisen onnistuneesti. Esimerkiksi H4 kertoi, että TTP seuranta tehtiin aktiivisesti aikataulupalavereissa, joissa kommentoitiin yhteisesti poikkeamia järjestelmään. Heillä järjestelmä helpotti näiden ongelmien tarkastelemista ja käsittelyä, kun ne olivat selkeästi esillä omissa kokonaisuuksissaan. Suunnitelmiin oli myös helppo palata ja näyttää, mistä syistä tehtävä oli vielä kesken. Hän jatkoi kuitenkin, ettei tämä toimintamalli ole itsestään selvyys työmailla. H6 kertookin, että heillä toteutumisen seuranta tehdään lähinnä vaiheaikataulutasolla aikatauluvinjettiä hyödyntäen. Tätä mainintaa tukee H3 kertomalla, ettei TTP:tä seurata riittävästi tai lainkaan työmailla. Sitä saatetaan myös seurata, mutta merkatut toteumat eivät vielä vastaa riittävästi todellisuutta, jolloin ei seurantanäkymääkään vastaa sitä (H2). Tämä näkyi H2 mukaansa esimerkiksi siinä, että joitain tehtäviä kuitattiin valmiiksi vasta rakennusvaiheiden loppupuolella, pitkään valmistumisen jälkeen. Järjestelmä antaa kuitenkin toteutumisen seurantaan hyvät mahdollisuudet (H3; H4; H6; H7), eikä vastaava seuranta toimi kunnolla esimerkiksi Excel tasolla, kun jokaisella on omat kirjaustyylinsä, tieto jää hajanaiseksi, eikä se ole visuaalisesti yhtä selkeää (H4).

Järjestelmän hyötynä on siten se, että merkitykselliset keskeytykset saadaan kirjattua ylös järjestelmään, jolloin ne jäävät edes jotenkin muistiin (H1; H4; H8). Jälkikäteen on

myös helpompi palata asioihin, kun tehtyjä muistiinpanoja löytyy myös tehtävän kohdalta järjestelmästä (H4; H8). Tästä oli myös hyötyä reklamaatio- ja konflikti tilanteissa, kun voidaan palata yhteiseen suunnitelmiin ja kommentteihin siitä, mitä tuolloin oli ajateltu ja tehty (H1; H2; H4).

Tehtävien lopullisten kestojen arviointi on helpottunut, kun järjestelmästä pystyy nopeasti näkemään, miten suunnitelmat ja toteuma vastaavat toisiaan (H1; H5; H11). Toteumien ennakoitiin voisi olla kuitenkin helpompaa, mikäli toteumia päivitetäisiin esimerkiksi päivän päätteeksi (H2). Tällöin mahdolliset poikkeamat tulisivat myös havaituiksi nopeammin, jolloin niihin pystyttäisiin myös reagoimaan aikaisemmassa vaiheessa. Tietyllä aikataulunäkymällä ei kuitenkaan H2 mukaan erityistä vaikutusta tilanteisiin reagoitiin, sillä tieto liikkuu muillakin menetelmillä, jolloin ongelmat saadaan ratkaistua ilman erillisiä merkintöjäkin. Suurempi vaikutus onkin hänen mukaansa sillä, että järjestelmään tehtävät merkinnät pakottavat tekemään säännöllistä seuranta, jolloin mahdollisia ongelmia ei välttämättä jää huomioimatta. H3 ja H4 pohtivat kuitenkin, että häiriöistä pitäisi tulla tieto lähes välittömästi, jolloin helppokäyttöisestä häiriöjärjestelmästä olisi paljon hyötyä.

Järjestelmään pystyy myös keräämään työmaan toteutukseen liittyvän tiedon yhteen, jolloin tieto voidaan viedä helposti ulos vaiheikataulutasolle (H3; H4; H6; H7). Samalla järjestelmä vähentää merkityksellisesti ylimääräistä tiedon kyselyä ja kasaamista, kun päivitetään tilanteen edistymistä (H4; H7). Vaiheikatasolla tehtävä seuranta oli keskeisimpiä aikatauluja työmailla, sillä siitä arvioitiin työmaan edistyminen sekä välitavoitteiden saavutukset. Siihen myös sitoutettiin aliurakoitsijat, jolloin se toimi toiminnan koordinoimisen keskipisteenä. Yleisimpänä vaiheikatauluna toimi valvontavinjetti, joka oli luotu toisella sovelluksella ja/tai Post it -lapuilla yhteisesti näkyville toimiston seinälle.

#### **5.1.4 Dokumentointi**

Järjestelmää ei vielä käytetä tiedon dokumentoinnissa (H1; H3; H4; H7). Tämä johtuu lähinnä siitä, että järjestelmä on vielä käyttöönottovaiheessa, jolloin on vielä paljon muutakin, mikä pitäisi saada toimimaan ennen kuin tiedon keräämistä tulee erityisen hyödyllistä (H3). Järjestelmästä ulos otettava tieto onkin lähinnä listoja keskeneräisistä työvaiheista ja niiden sijainneista (H2) sekä yleisaikataulu tulosteita, joista on hahmoteltu tehtävien liikkumista eri lohkojen läpi (H5). Haastateltujen mukaan ehkä hyödyllisin dokumentoitava tai raportoitava tieto olisi tehtävien toteutumisen ja ongelmien seurannassa. Tämä ei ole kuitenkaan vielä mahdollista tarkoitukseen sopivalla tavalla. Seuranta tehdään myös lähinnä vaihe- ja tai yleisaikataulutasolla, eikä viikkosuunnitelmien raportoinnista havaita olevan erityistä hyötyä (H2).

Järjestelmän mobiilisovellus Fluent Go! on kuitenkin H11 mukaan hyödyllinen tilanteiden dokumentoinnissa. Hänen mukaansa siitä on erityistä hyötyä korjausrakentamisessa, kun pitää ottaa paljon kuvia siitä, miten asiat ovat olleet ennen ja miten jotkin asiat on lopulta tehty. Samalla kuvat myös säilyvät järjestelmässä selkeästi omien tehtäviensä kohdalla. Näistä oli hänen mukaansa hyötyä, kun oltiin neuvotteluissa tilaajan ja urakoitsijoiden välillä.

### 5.1.5 Hankkeista oppiminen

Projektien yli kestävä oppimisen kannalta kerääntyvistä aikataulusuunnitelmista uskotaan olevan hyötyä ainakin jossain määrin (H1; H2; H5; H6; H7; H9; H11). H2 nostaa tästä esimerkiksi sen, että paikkajakoa suunniteltaessa voidaan verrata suoraan, eikä tarvitse muistella menneitä, että ”mitenhän se menikään”. H6 ja H11 on asiasta samaa mieltä ja jatkaa, että helpottaa, kun pystyy ottamaan edellisen valmiin rakennuksen aikataulusuunnitelmat uuden suunnittelun pohjaksi ilman, että tarvitsee rakentaa niitä alusta uudelleen. Sama toistuu valmiiden lohkojen ja rakennusten kerrosten osalta, joidenka pohjalta voidaan lähteä tekemään seuraavien alueiden suunnittelua. Tämä on H6 mukaan hyödyllistä etenkin korttelirakentamisessa, jossa rakennetaan useita hyvin samankaltaisia rakennuksia samalla alueella.

Varsinaisten suunnitelma- ja toteuma tietojen tallentumisen lisäksi H11 huomioi sen, että järjestelmä mahdollistaa hankkeiden toteutumisen suoraviivaisemman seurannan, jolloin sitä pystytään myös kehittämään. Tämän tiedon kerääminen on manuaalisesti raskasta, eikä sitä useinkaan ehditä tekemään, jolloin seurannan automatisointi edistäisi valmiuksia toiminnan vertailtavuudelle. Näiden vertailukohtein avulla voisi siten olla mahdollista tehdä toiminnan muutoksia siten, että sen vaikutuksia pystytään myös vertaamaan edes karkealla tasolla edellisiin samankaltaisiin rakennettuihin rakennuksiin.

Haastateltujen oli kuitenkin keskimäärin vaikea kuvata hyötyjä tarkemmin johtuen järjestelmän kokeiluasteesta sekä hankkeiden vähäisestä määrästä. H3 mukaan näiden tietojen käyttö olisi kuitenkin tapauksessa hankalaa ilman selkeää kategoriointia. Järjestelmältä vaadittaisiin siten selkeät kooste ja navigointi mahdollisuudet, joidenka avulla pääsisi nopeasti tarkastelemaan ja vertailemaan toteutuneita rakennusvaiheita (H2; H3; H5; H11).

Tällä hetkellä Fluent Planneriin ei myöskään juurikaan viedä määrätietoja, sillä niiden käyttö suunnittelussa kohdistuu vinoviiva aikatauluina luotaviin vaihe- ja yleisaikatauluihin (H3; H4; H5). H4 jatkaa tähän, että määrät olisi mahdollista saada käyttöön, mikäli

tiedot saataisiin tuotua yleisaikataulupohjalta jaettavaksi suoraan kullekin tehtävälle. Tämän käytännön toimivuus on kuitenkin vielä matkan päässä nykyisistä järjestelmistä, jolloin se vaikuta realistiselta mahdollisuudelta.

Toimiessaan tämänkaltainen järjestelmä olisi kuitenkin omaa luokkaansa tehtävien toteutusten, menekkien ja niiden tekijöiden vertailussa (H3; H6; H7; H11). Tässä olisi taustaoletuksena kuitenkin edelleen se, että työmaan käytännöt olisivat riittävän luotettavat ja yhdenmukaiset. H5 korostaa tässä sitä, ettei esimerkiksi valmiita tehtäviä muokata jälkikäteen vastaamaan toteumaa vaan ne kuitataan suoritetuiksi sellaisinaan. Tällöin järjestelmään tallentuva tieto kuvastaisi lähinnä alkuperäisiä oletuksia, mistä ei olisi kuin suuntaa antavaa hyötyä jatkossa. H2 huomauttaa myös, ettei viikkotason suunnitelmista ole juurikaan hyötyä, kun ne ovat tilannekohtaisia, eikä näihin yksittäisiin tehtäviin palata jatkossa. Viikkosuunnitelmat pitäisikin saada hänen mukaansa linkitettyä tarkemmin yleisaikataulun muodostamaan kokonaisuuteen, jolloin vertailudata olisi oikeasti käytettävässä muodossa.

Tällä hetkellä järjestelmä mahdollistaa kuitenkin ongelmakohtien ja niiden vaikutusten paremman esilletulon, jos ne saadaan merkittyä järjestelmään (H1; H4). Ongelmia ei kuitenkaan vielä useinkaan merkitä tai niitä varten on omat menettelynsä. Tiedon hyödyntäminen vaatisi myös, että menneet ongelmat olisivat helposti esille otettavissa (H1; H3; H6). Järjestelmästä pitäisi saada tieto ulos erilaisena koosteena, joka olisi kategorioitavissa ongelmatyyppin ja rakennusvaiheen mukaan (H3; H5). H6 jatkaa tähän, ettei työmaalla ole aikaa kaikkien poikkeamien selvitykseen, jolloin ne pitäisi saada jälkikäsitteilyyn organisaatiotasolle. Tämä ei ole kuitenkaan vielä mahdollista, jolloin ongelmien kommentointi ja käsittelytiedot hukkuvat järjestelmään tai työmaalle. Kaikki ihmisten syöttämä tieto on myös jossain määrin epäluotettavaa, jolloin tiedon hyödynnettävyys riippuu voimakkaasti tekijöiden omatoimisuudesta ja kirjauksen selkeydestä (H3).

Suunnittelu- ja arviointikäytäntöjen yhtenäistämässä järjestelmästä voi olla hyötyä, kun se toimii selkeänä runkona suunnittelun ja seurannan tekemiselle (H3; H5). Todellisten vaikutusten uskottiin olevan kuitenkin hyvin pieniä, jos niitä olisi ollenkaan (H1; H2). H2 jatkaa tähän, ettei organisaatio juurikaan opi, kun nojaututaan yksilöllisiin suunnitelmiin, eikä tekijöillä ole juurikaan tarvetta käytä menneitä lävitse. Ajan kanssa, mikäli järjestelmästä tulisi normi työmailla, voisivat toimivat suunnittelu- ja toteutusratkaisut yleistyä edes jossain määrin, etenkin, jos hankkeita käytäisiin läpi systemaattisesti (H2). H5 nostaa myös esille, että järjestelmästä voi olla apua, kun erilaisista taustoista tulevat henkilöt voivat tehdä yhteistä suunnittelua samanlaisten suunnittelurunkojen mukaisesti.

### 5.1.6 Järjestelmän käyttöönotto

Kokonaisuudessaan järjestelmän käyttö koettiin kohtuullisen helpoksi ja siitä löysi halua-  
mansa tiedon selkeässä muodossa vian lyhyen harjoittelun jälkeen. Siinä ei myöskään  
havaittu erityisiä ongelmia ominaisuuksissa tai käytettävyydessä. Helpposta käytettävyy-  
destään huolimatta käytännössä jokainen haastateltu kertoi jonkin asteisista käyttäjävir-  
heistä, joilla oli vaikutusta tuotannonohjaus prosessiin. Vastaanotto on myös vaihtele-  
vaa, osan kieltäytyessä suoraan tämän ”ylimääräisen työn” tekemiseltä. Ali- ja sivu-ura-  
koitsijat ovat kuitenkin lähteneet mukaan järjestelmän käyttöön ilman erityistä vastuste-  
lua, vaikka on soraääniä kuulunut sieltäkin (H4; H5; H9). H9 korosti tässä, että suurem-  
missä hankkeissa osapuolet käyttävät järjestelmää mieluummin, sillä niissä järjestelmän  
hyödyt olivat helpommin havaittavissa.

Järjestelmän käyttöönotto oli suoraviivaista etenkin insinööreille ja suunnittelijoille, joilla  
on kokemusta vastaavista järjestelmistä. Suunnittelutasot ja näkymät monimutkaistuvat  
kuitenkin nopeasti, jolloin muut eivät useinkaan ymmärrä, mitä näytöllä tapahtuu (H3).  
Tällöin vain suunnitelman tehneellä on selkeä kuva siitä, mitä suunnitelman tehtävät ja  
tehtävähierarkiat kuvastavat. Toiseksi arkiseksi ongelmaksi nousee, ettei valvoja tai  
työnjohtaja löydä oikeaa kohtaa omien tehtäviensä merkitsemiselle, jolloin niitä päätyy  
väärille tasoille. Tätä käydään kuitenkin aktiivisesti läpi viikkopalavereissa, joissa korja-  
taan suunnitelmia ja opastetaan tekijöitä järjestelmän käytössä (H3; H4). H8 huomauttaa  
kuitenkin, että järjestelmä on hänen mielestään selkeämpi kuin moni muu, joita on käyt-  
tänyt tuotannosuunnittelussa. Tällöin kehuista vaihtoehdosta vähiten kehu on jo koh-  
tuullisen hyvä.

Järjestelmän käyttöönottoon on havaittu vaikuttavan myös rakennushankkeen tilanne.  
Kesken hanketta käyttöön otettaessa, on selvästi suurempi kynnys järjestelmän käyttä-  
miselle (H4). Uusi järjestelmä tulee tuolloin häiritsemään totuttua arkirutiinia, jolloin sen  
hyötyjä ei nähdä kunnolla ja se vaikuttaa suhteessa paljon hankalammalta, kuin ne me-  
nettelyt, joita on siihen asti käytetty. Kaikki haastatellut korostavatkin käyttäjien asentei-  
den merkitystä järjestelmän hyödyntämisessä. H6 nostaa myös esille mielipide vaikutta-  
jien merkityksen. Jos esimerkiksi yksi kokenut työnjohtaja kieltäytyy järjestelmän tai sen  
osan käytöstä, nojautuvat loputkin hyvin helposti samaan johtopäätökseen. Tällöin jär-  
jestelmän käytöstä ei saada lähellekään niitä hyötyjä, kuin on alun perin ajateltu.

Järjestelmän käyttö on kuitenkin haastateltujen mukaan hyvin nopea kouluttaa täysin  
uusille tekijöille. Työnjohdon viikkosuunnitelmien tekemistä ja seurantaa varten ei vaa-  
dita kuin tunnin – vajaan parin tunnin perehdytys perussisällöstä ja valikoista (H1; H3;



H4; H5). Tämän jälkeen opitaan tekemällä sekä suunnitelmien yhteisellä läpikäynnillä. Tämän aikana uusia ominaisuuksia otetaan lennosta käyttöön, kun on ensin totuttu järjestelmän käyttöön (H1). H3 arvioi, että noin kahden viikon käytön jälkeen uusi käyttäjä pystyy jo tekemään viikkosuunnittelua itsenäisesti ja sujuvasti. Perusteiden oppimisen jälkeen toinen tunnin koulutus riittää havainnollistamaan eri suunnittelutasojen ja lisäominaisuuksien käytöstä, mikäli niille on tarvetta. H1 mukaan järjestelmän käyttö nopeutuu myös käyttökokemuksen mukana, jolloin kynnys sen käyttöön laskee merkittävästi.

Kokonaisuudessaan järjestelmän hyödyt pitäisi saada haastatteluiden perusteella irti jo muutaman viikon käytön jälkeen. Tämä vaihtelee kuitenkin käyttäjä- ja työtehtäväkohtaisesti. Jotkut eivät tee järjestelmässä kuin vaaditut perusasiat, kun taas toiset hyödynnevät lähes kaiken mahdollisen, minkä järjestelmä tarjoaa. Käyttö kehittyy kuitenkin merkittävästi ajan kanssa, vaikkei siihen erityisesti panostettaisikaan (H8). Tämän lisäksi siitä saatavat hyödyt ja sen käyttöönotto helpottuvat sitä mukaa, kun järjestelmää käyttävien määrä kasvaa, johtuen lisääntyvästä vertaisopastuksesta ja esimerkin näytöstä. Järjestelmän yhtenä hyvänä puolena pidettiin myös, että sitä pystyttiin soveltamaan omiin tarkoituksiinsa, eikä se itsessään pakota tekemään asioita tietyn kaavan mukaisesti.

## **5.2 Havaittujen hyötyjen vaikutukset tutkimuskysymysten kannalta**

Tässä kappaleessa käydään tiivistetysti läpi, miten havaittavia hyötyjä järjestelmän käytöstä oli liittyen asetettuihin alatutkimuskysymyksiin. Tarkastelussa on kolme ensimmäistä tutkimuskysymystä aikataulusuunnittelusta ja työmaan toiminnasta. Hyötyjen kustannusvaikutuksia pohditaan tulosten lopuksi kappaleessa 6.2.

### **5.2.1 Tuotannosuunnittelun tarkkuus**

Viikkosuunnitelmat ovat jossain määrin tarkempia kuin ennen johtuen yhteistyössä tehtävän suunnittelun helppoudesta sekä siitä, että suunnittelu voidaan viedä päivätasolle asti tarvittaessa (H1; H4; H5; H6; H7; H9). H2 tukee tätä arvioiden, että suoraviivaisemalla ja helpommalla suunnittelulla voidaan keskittyä itse tekemiseen. H8 jatkaa osaltaan, että suunnitelmat ovat parempilaatuisia, koska niissä pystytään helpommin huomiomaan järjestelmään tallentuvat tiedot seuratuista ja suunnitelluista tehtävistä. H9 korostaa tätä kertoen, että ajantasaisemman tiedon avulla tiedetään tarkemmin, milloin edelliset työvaiheet valmistuvat, jolloin pystytään suunnittelemaan, milloin seuraava vaihe voidaan aloittaa. Tämä vähentää osaltaan työmaalla tapahtuvaa odottamista, kun työntekijät pääsevät tekemään tehtävänsä suunnitellussa ajankohdassa.

Toiset eivät ole kuitenkaan tästä varmoja, kommentoiden etteivät he pidä järjestelmää ja työmaan toimintaa vielä riittävän yhtenevinä, että se näkyisi suunnitelmien tarkkuudessa (H2, H3; H6; H8). Tässä on H3 mukaansa taustalla vallitseva sosiaalinen toimintamalli, joka ei kannusta tai tue järjestelmällisen suunnittelun tekemistä. Työnjohto pitäisikin hänen mukaansa saada sitoutettua yhteisen järjestelmän käyttämiseen ja sovitun ajantasaiseen päivitykseen. Tämän suunnitelmällisuuden puutteessa järjestelmän hyödyt rajautuvat viestinnän selkeyttämiseen (H3; H6; H7). Vielä vaaditaankin lisää johtamista, jotta tämä hyvin yksilökeskeinen toimintamalli saadaan muunnettua yhtenäiseksi toiminnaksi. Sovelluksessa on kuitenkin hyvä runko tämän muutoksen tukemiselle, selkeyttämällä suunnittelu- ja ohjausprosessia työmaalla toimiville (H3; H4).

Tästä epävarmuudesta huolimatta järjestelmän hyödyt korostuvat tehtävien yhteensovituksessa, resurssien kohdistuksessa ja päällekkäisyyksien hahmottamisessa. Tämä näkyy siinä, että tehtävät toteutuvat useammin suunnitelmien mukaisesti (H2; H4; H6; H7, H10). H4 jatkaa tähän, mitä monimutkaisempi hanke ja mitä enemmän toimihenkilöitä työmaalla on, sitä tarkempaa yhteisen suunnittelun on oltava (H4). Järjestelmä selventääkin haastateltujen mukaan työmaan etenemistä sekä mestojen käyttöä merkittävästi, jolloin mahdollisiin ongelmiin voidaan varautua ja reagoida ennen niiden tapahtumista. H4 korostaa kuitenkin, että joissain työtehtävissä on aina jonkinasteista päällekkäisyyttä, jolloin on käytettävä varamestojä. H6 on tässä samalla linjalla ja korostaa vaiheikataulutasolla suunniteltujen varamestojen merkitystä, jolloin Fluentin hyödyt voivat jäädä vähäisiksi. Fluent toimii kuitenkin tässäkin hyvänä alustana tilanteen seuraamiselle ja siihen reagoimiselle.

Tällä hetkellä järjestelmä mahdollistaa haastateltujen mukaan myös sen, että ylimääräiset ja ennakoimattomat työvaiheet tulevat paremmin esille. Tämä johtuu siitä, että Fluent Plannerilla tehtävät on helpompi pilkkoa pienempiin osiin. Tämä ei ollut Exceleissä mahdollista, jolloin ne sulautuivat yhteen yksittäisiksi janoiksi. Tästä on H9 mukaan merkittävää hyötyä, sillä ennakoimattomat ja pienet ylimääräiset työvaiheet ovat hyvin yleisiä, jolloin niitä ei tule aina ajateltua, ellei niitä ole selvästi ylös merkittynä. Tästä voi puolestaan aiheutua tehtävien viivästymisiä, mitkä taas hankaloittavat toimintaa etenkin tahti-tuotannossa. H10 on asiasta samoilla linjoilla kertoen, että tarkemman suunnittelun avulla saadaan karsittua pieniä perusvaiheita, kuten siivousta ja alueen tyhjäksi raivaamista, jotka voisivat muuten unohtua.

Näiden tarkentuneiden suunnitelmien takia järjestelmän on havaittu edistävän tarvittavien resurssien ennakoimista ja varmistamista (H2; H9; H11). Samalla on myös pystytty reagoimaan mahdollisiin ongelmiin tehokkaammin (H4; H6; H10). Tässä korostuu H4

mukaansa mestojen ruuhkautuminen, kun aikataulujen yhteensovittamisessa on tapahtunut virheitä, jolloin tehtäviä on jouduttu keskeyttämään, antaakseen tilaa toiselle työryhmälle. Järjestelmän avulla nähdään myös, mikäli työntekijöitä on suunniteltu useampaan paikkaan samanaikaisesti (H7; H9; H10). H10 selventää asiaa kertomalla, että tämä oli ennen ongelmana, kun viikkosuunnitelmat olivat vielä täysin erillisiä, eikä niitä juurikaan yhdistelty. Työntekijöille saatettiin siten suunnitella päällekkäistä tehtävää eri työnjohtajien toimesta, eivätkä he kommunikoineet suunnitelmistaan toisilleen. Hän jatkaa myös, että nyt aktiivisemmän seurannan avulla työntekijöitä pystytään tarvittaessa uudelleen kohdistamaan lennosta ilman, että se aiheuttaa ongelmia muualla. Työnjohto pystyy siten näkemään, ketä työntekijää voitaisiin tarvittaessa lainata ja ketä ei. Tämä vähentää epäselvyyksiä käytettävissä olevista resursseista ja siten lisää todennäköisyyttä, että kriittiset tehtävät pysyvät aikataulussa.

Näitä tehtyjä suunnitelmia pystytään nyt myös muokkaamaan helposti, jolloin suunnitelmat saadaan paremmin vastaamaan todellisuutta. Samalla tarvittavat päivitykset saadaan tehtyä saman tien, yhteisten päätösten perusteella. H10 korostaa tätä kertomalla, ettei näitä lyhyenaikavälin aikataulumuutoksia juurikaan kirjattu ennen ja tieto niistä jäi usein vain työnjohtajalle. Nyt Fluent Planneria käytettäessä tieto tilanteen muuttumisesta välittyy tehokkaasti myös muille tekijöille. Samalla asia jää myös muistiin. Jos tehtävä esimerkiksi keskeytyy, voidaan siihen kiinnittää huomiota sekä selvittää, miksi näin on käynyt ja mitä voidaan tehdä ongelman ratkaisemiseksi. Tällöin voidaan puolestaan varata esimerkiksi ylimääräisiä työntekijöitä saattamaan viivästynyt tehtävä loppuun. Tästä on hyötyä etenkin tilanteissa, joissa ollaan aikataulua jäljessä ja tarvitsee tehdä korjaavia toimenpiteitä tuotannon saattamiseksi edes osittain asetettujen tavoitteiden mukaiseksi (H8). H11 on asiasta samalla linjalla ja korostaa, että suunnitelmia joudutaan muokkaamaan jatkuvasti, jolloin sen selkeydestä on suuri apu suunnittelua tekeville. Tällöin myös pienet muutokset ja työvaiheet tulee merkittyä järjestelmään.

Rakentamisessa syntyy kuitenkin haastateltujen mukaan aina keskeytyksiä, tarkentuvista suunnitelmista huolimatta. H4 korostaakin, että tehtävien keskeytykset voivatkin olla lähes vallitseva olotila työmaalla, jolloin suunnitelmallisuus jää siellä hyvin nopeasti taka-alalle. Tämän taustalla on osittain se, että tehtävien aloituksen edellytykset ovat usein määritelty ja/tai varmistettu puutteellisesti (H2; H3; H4; H10). Keskeytymisien syyt ovat kuitenkin hyvin vaihtelevia. Tämän takia järjestelmän lopullisten vaikutusten arviointi on hyvin haastavaa (H1; H3; H5; H10; H11). H10 pohti tätä ja kertoi, että alustana järjestelmästä on apua edellytysten pohtimisessa, kun on selkeät suunnitelma rungot, joihin nojautua. H3 perustelee kuitenkin, että tehtävien edellytysten suuren merkityksen takia,

ei järjestelmällä ole vielä erityistä vaikutusta tehtävien keskeytymiseen. Tämä johtuu siitä, että järjestelmästä puuttuu riittävän selkeä ja helppokäyttöinen ominaisuus näiden edellytysten merkitsemiselle sekä varmistamiselle. Tämän lisäksi järjestelmän hyödyt voivat peittyä myös siihen, että tehtävien keskeytyessä suunniteltuja tehtäväjanoja venytetään muiden mukana, kunnes ne saadaan valmiiksi (H5). Tällöin toteutuneet suunnitelmat voivat lopulta poiketa merkittävästikin alkuperäisistä, eikä keskeytyksiin saada reagoitua.

Järjestelmän mukainen suunnitteluprosessi lisää kuitenkin hankkeen ennustettavuutta etenkin 3 – 6 viikon aikajänteellä (H1; H11). Tähän vaikuttaa H1 mukaan erityisesti se, kun on riittävä kokonaiskuva työmaan tilanteesta ja kynnys suunnitteluun alhainen, tulee hieman pidemmän aikavälin suunnittelua myös tehtyä useammin. Tämä ei ole aikaisemmin ollut erityisen mielekästä, kun ei olla oltu aina varmoja edes lähiviikkojen tapahtumista, eivätkä käytetyt järjestelmäkään ole mahdollistaneet riittävän suoraviivaista suunnitelmien hahmottelua (H1; H6; H8). H6 jatkaa tähän, että tämän tarkentuvan suunnittelun avulla on helpompaa rakentaa useampaa rakennusta tai rakennuksen osaa saman aikaisesti rajallisella työmaa alueella. Tässä hän viittaa muun muassa materiaalien kuljetuksiin sekä useamman torninosturin samanaikaiseen käyttöön.

Vielä ei ole myöskään havaittu vaikutusta tarvittuihin aikapuskureihin, sillä Fluentin käyttö ja vaikutukset eivät ole vielä juurtuneet sille tasolle, että sillä olisi merkitystä vaihe- ja/tai yleisaikataulu tasolla asetettavien puskurien määriin tai pituuksiin (H1; H3; H6). Kokonaisuudessaan toimivan Fluentin mukaisen suunnittelu- ja ohjausprosessi arvioidaan kuitenkin tarkentavan sekä lyhentävän rakennusvaiheiden kestoja (H2; H3, H5; H6; H7; H10). H10 jatkaa tähän mainitsemalla, että järjestelmän edistämisen aikatauluseuran tärkeys korostuu siinä, että saadaan rakennusaika mahdollisimman lyhyeksi, jolloin lopullinen rakennetukseen luovutus saadaan tehtyä suunnitellusti.

## 5.2.2 Tiedon jakaminen sekä tilannekuvan ylläpito

Fluentin kaltainen digitaalinen järjestelmä, johon kaikki tieto kerätään yhteen paikkaan, onkin haastateltujen mukaan melkein tekemisen edellytys monimutkaisissa hankkeissa. Ilman vastaavaa järjestelmää vaihe- ja aikataulu on käytännössä tarkin suunnitteluntaso, josta työnjohto on karkealla tasolla yhteisymmärryksessä (H3). H10 jatkaa osaltaan, että on nykypäivää, että kaikki katsovat oikeasti samoja suunnitelmia ja ovat siten samoilla linjoilla toiminnan suunnittelusta ja toteutuksesta. Järjestelmän luoman tilannekuvan keskiössä on siten tiedon saattaminen yhteen ja helposti havainnollistavaan esitysmuotoon. Fluent Plannerista saakin haastateltujen mukaan halutun näkymän helposti esille, jolloin

kokonaisuuden hahmottaminen on helpompaa. Tässä korostuu aluejakojen sisällä tapahtuvien tehtävien ja mestojen selkeä kolmen viikon esitys, joka toimii työmaan lyhyen-aikavälin tilannekuvana (H3). H10 korostaa tämän merkitystä kertoen, ettei työmaan tilannekuvaa ennen oikeastaan ylläpidetty viikkotasolla. Jokainen teki omat Excelinsä ja mestari palaverissa kirjoitettiin lähinnä omat miehet auki, että tiedettiin, kuka mies on kelläkin käytössä. H2 on kuitenkin sitä mieltä, ettei tilannekuva ole oikeastaan sen tarkempi kuin ennen, se on vain helpommin hahmotettavassa muodossa. H3 on osaltaan samaa mieltä H2 kanssa ja kommentoi, että tilannekuvan tarkkuuden merkityksellinen kehittäminen vaatisi sen, että valmisteleva suunnittelu ja viikkosuunnittelu pelaisivat kunnolla yhteen, yhdessä järjestelmällisen työmaan toimintamallin kanssa.

H5, H8 ja H9 ovat kuitenkin sitä mieltä, että järjestelmästä on suuri apu jo pelkästään siinä, että kerääntyvä tieto on helposti saatavilla, visuaalisesti selkeässä muodossa ja helposti käsiteltävissä. Siinä kaikki tarpeellinen tieto oli yhdessä paikassa, kun sinne kerättiin aktiivisesti tietoa tehdyistä muistiinpanoista, puhelusta ja sähköposteista (H8). H4 jatkaa tähän myös, että Fluent Planneriin yhdessä tehdyn viikoittaisen seurannan avulla pystyttiin työmaan tilanteesta kartalla edes jotenkin. Tässä hän viittasi hankalaan työmaahan, jossa oli paljon ristiriitoja ja odottelua, jolloin ongelmat paisuivat nopeasti vallitsevaksi olotilaksi työmaalla. Tästä on hyötyä etenkin suuremmilla työmailla, joissa paljon työnjohtoa, keitä ei välttämättä ehdi nähdä työpäivien aikana, jolloin tulee vähemmän yllätyksiä yhteisissä palaverissa (H1). H10 jatkaa tähän vielä, että tästä on erityistä hyötyä haastatteluhetkellä, sillä heillä työnjohtoa on jaettu eri tiloihin koronaviruksen leviämisen ehkäisemiseksi. Järjestelmän avulla työnjohto pysyy siten paremmin kartalla tapahtumista, ilman perinteistä kanssakäymistä ja erillisiä palaveria. Järjestelmästä on siten paljon hyötyä, vaikka työmaan nykyiset toimintamallit eivät vielä sen käyttöä täysin tukisikaan.

Fluentin janakaavioihin perustuvissa näkymissä on kuitenkin monimutkaisissa hankkeissa ongelma se, jos on kymmeniä mestoja työnalla, ei jananäkymä aina selkeytä tilannetta paljoakaan (H3; H6). Järjestelmässä näkymä voidaan kuitenkin pilkkoa eri vastualueisiin, jolloin tehtävien hahmottaminen helpottuu haastateltujen mukaan merkittävästi. H4 korostaakin tämän merkitystä kertoen, että Exceleissä tilanne oli selvästi hankalampi, kun yhdessä suunnitelmassa saattoi olla jopa 80 riviä tavaraa kerralla, jolloin tilanteen hahmottaminen ja käsittely oli hyvin haastavaa. Fluentin näkymät mahdollistaa siten monimutkaisten tehtäväkokonaisuuksien sulavamman käsittelyn sekä työmaan vaivattomamman ohjaamisen.

Tiedon liikkumisen kannalta järjestelmästä on hyötyä siinä, että työmaan eri toimijat käyttävät ylipäättään samaa alustaa toiminnassaan (H11). Tällöin pystytään välttämään muutoin lähes väistämättömät päällekkäiset ja hajanaiset tiedostot sekä sähköpostit. Tästä yhtenäisestä järjestelmästä on käytännön hyötyä myös esimerkiksi siinä, etteivät Excel taulukot ole aina mukana, jolloin tilanteen läpikäynnissä voi unohtua jotain (H2). Asioita voi myös jäädä sanomatta tai unohtua, kun käydään useampia suunnitelmia läpi samanaikaisesti yhteisissä palavereissa. Yhtenäisen suunnittelun avulla työnjohtajilla on siten parempi kokonaiskuva alueiden tapahtumista, jolloin pystytään paremmin huomioimaan myös muiden tekeminen omassa suorituksessaan (H1; H3; H5; H6; H9).

Viikkosuunnitelmiin tulee myös merkittyä erillisiä aiemmissa suunnitelmissa ennakoimattomia tehtäviä, jolloin ne tulevat tietoon myös vastaaville työnjohtajille ja työmaainsinööreille asti (H3; H5; H7; H9). H4 ja H5 nostivat esille myös sen, että Fluent Plannerin selkeät tilannenäkymät toimivat myös hyvänä pohjana keskustelun avaamiselle ja asioiden läpikäynnille. Tällöin asioista tulee myös puhuttua luontaisesti. H6 jatkaa tähän mainitsemalla käytännön esimerkiksi sen, että järjestelmästä näkee helposti, mikäli samoja työntekijöitä on suunniteltu useampaan paikkaan samanaikaisesti. Järjestelmästä on siten merkittävää hyötyä työmaan kokonaiskuvan ja sen mahdollisten ongelmakohtien esille tulemisessa. H4 korostaa vielä tämän merkitystä mainitsemalla, että olettaminen on suuri ongelma rakennusalalla, josta aiheutuu paljon erinäköistä vaivaa, joita ei usein huomata ennen kuin virhe on jo tapahtunut.

Tiedon ajantasaisuuden kannalta järjestelmä auttaa tuotannonohjauksessa, kun tietoa saadaan työmaalta paremmin kuin ennen (H9; H10). Tiedon ajantasaisuus vaihteli kuitenkin voimakkaasti työmaiden käytäntöjen takia. Tästä syystä tiedon ajantasaisuudesta saatavaa hyötyä, ei juurikaan oltu haastateltujen mukaan havaittu. Työmailla seuranta tehdäänkin vaihtelevasti, tilanteen mukaan ja karkeasti viikkotasolla. Näitä toteumia käydään pääasiassa läpi yhteisissä viikkopalavereissa, eikä järjestelmään päivitetä sen useammin. H9 työmaalla järjestelmä toimi kuitenkin kohtuullisesti, jolloin tietoa tehtävien valmiusasteista ja keskeytymisistä saatiin selvästi tasaisemmin kuin ennen. Samalla suunnitelmien muutokset tulivat myös muiden nähtäväksi, minkä johdosta he pysyivät paremmin kartalla siitä missä mennään.

Järjestelmässä onkin haastateltujen mukaan potentiaalia erityisesti keskeytysten ilmoittamisessa ja kommentoinnissa. Tämä ei ole kuitenkaan vielä toteutunut kunnolla järjestelmän käytettävyyden ja työmaiden nykyisten toimintamallien takia. Keskeytysmerkintä Fluent Go!n kautta yhdistettynä Fluent Plannerissa toimivaan hälyttimeen mahdollistaisi kuitenkin välittömän reagoimisen sekä syiden tehokkaan selvityksen ja ylös kirjaamisen

(H3; H4). Tästä olisi merkittävää hyötyä, sillä rakentamisen aikaiset keskeytykset ovat myös H3 mukaan merkittävä tuottavuutta rajoittava tekijä. H6 nostaakin esille, että heille tiedon ajantasaisuus olisi tärkeää, jotta tiedettäisiin oikeasti, mitä seuraavalla viikolla voidaan tehdä. Nykyisessä tilanteessa on hänen mukaansa ongelmana se, että tilannepäivitykset saattavat tulla vastaavien työnjohtajien tai työmaainsinöörien tietoon vasta perjantaisin vaiheaikataulua päivittäessä. Tällöin viikon ongelmat jäävät automaattisesti vaikuttamaan seuraavalle viikolle suunniteltuihin tehtäviin. Samalla aiheutuu myös erinäisiä väärinymmärryksiä, kun suunnitellaan epävarman tiedon pohjalta.

Järjestelmän vaikutukset väärinymmärryksiin ovat kuitenkin vaihtelevia, johtuen järjestelmän vaihtelevasta käyttötavasta. Sen selkeiden näkymien koettiin kuitenkin vähentävän väärinymmärryksen syntymisen vaaraa, samalla edistäen osin rajoittunutta tiedonvälitystä työnjohdon keskuudessa (H2). Toimiessaan siitä onkin hyötyä erityisesti aliurakoitsijoiden sekä vastaavan työnjohdon ja työmaainsinöörien välisessä kommunikaatiossa (H3; H5; H6; H11). Ilman järjestelmää yhteistyö rajoittuu usein lähinnä urakkapalavereihin, jolloin yhteinen järjestelmä toimii toimivan kommunikoinnin edistäjänä (H3). Tästä päästään myös työmaalla tyypilliseen ajatusmalliin, jossa eletään viikon, ehkä kahden näkymässä (H6). Järjestelmän avulla voidaan vähentää näitä yhteisen toiminnan ongelmia, kun saadaan se kolmaskin viikko osaksi työnjohdon suunnitteluprosessia. Tällöin pystytään paremmin pohtimaan, mitä voidaan tehdä ja milloin, ilman, että joudutaan tekemään karkeita oletuksia muiden tekemisistä.

### **5.2.3 Ajankäyttö tuotannosuunnittelussa**

Viikkosuunnitelmien tekeminen koettiin Fluent Plannerilla yksinkertaisemmaksi, kuin Excel tai Word pohjilla, mutta kaikki eivät kuitenkaan havainneet sen lyhentävän itse suunnitteluun kuluvaan ajankäyttöä (H1; H2; H6; H11). H1 mukaan järjestelmän käyttöönoton jälkeen suunnitteluun on jopa käytetty hieman enemmän aikaa kuin ennen. Tämä johtui kuitenkin siitä, että helppokäyttöisellä järjestelmällä suunnittelu oli mielekästä, jolloin suunnittelua oli myös tehty enemmän ja tarkemmin. H7 jatkaakin tähän, että hänen kokemuksensa mukaisesti viikkosuunnittelun hahmottelu on nopeampaa tehdä Fluent Plannerilla, kuin entisillä järjestelmillä. H8 ja H10 ovat tässä samaa mieltä sanoen, että järjestelmällä suunnittelu on yksinkertaisempaa ja nopeampaa, kuin Excel pohjilla, johtuen järjestelmän selkeydestä sekä tiedon saatavuudesta. H9 jatkaa tähän osaltaan, että suunnitelmien tekemiseen tarvittavan tiedon keräämiseen menee merkittävästi vähemmän aikaa kuin ennen. Nämä hyödyt korostuvat haastateltujen mukaan silloin, kun joudutaan tekemään suunnittelua seurantatiedon pohjalta laajemmassa skaalassa yleisai-

kataulutasolla. Käytännössä tämä näkyy esimerkiksi siinä, ettei tarvitse olla erikseen yhteyksissä useisiin henkilöihin muun kiireen keskellä (H9). Järjestelmään tallentuvan tiedon avulla suunnittelu voi myös nopeutua jatkossa, kun käytössä on valmiita suunnitelmapohjia, eikä siten tarvitse lähteä rakentamaan suunnitelmia uudelleen täysin alusta asti (H2; H4; H6; H7).

Ajallista hyötyä tulee haastateltujen mukaan myös siitä, että viikkosuunnitelmat pystytään tekemään suoraan järjestelmään, jolloin irrallisten suunnitelmien tekeminen jää kokonaan pois. Tämä on tarpeen, sillä esimerkiksi H11 mukaan paperille tehtävä viikkosuunnittelu on edelleen yksinkertaisempaa ja nopeampaa, kuin järjestelmässä. Niitä joutuu kuitenkin kirjaamaan uudelleen erillisille Word tai Excel pohjille, jolloin tehdään samaa työtä useampaan kertaan. Järjestelmän avulla suunnitelmille ei myöskään tarvitse tehdä erillistä yhteensovitusta, jolloin säästetään arviolta vartin verran jokaisessa aikataulupalaverissa (H2). H8 tukee tätä korostamalla, että palavereissa Fluent Plannerista näkee yhdellä silmäyksellä, mikä tilanne on. Se nopeuttaa siten asioiden läpikäymistä palavereissa, kun osalliset ovat jo valmiiksi osittain perillä siitä, mitä on suunnitteilla (H4). Järjestelmä vähentää hänen mukaansa myös merkityksellisesti tiedon etsimiseen kuluva ajankäyttöä, kun päivitetään tilanteen edistymistä fyysisiin vaiheikatauluihin. H6 kertoo osaltaan, että järjestelmä helpottaa merkittävästi vastaavien työnjohtajien sekä työmaainsinöörien työtä, kun heidän ei tarvitse etsiä ja olla yhteyksissä eri työnjohtajiin heidän suunnitelmiensa osalta. Hänen mukaansa tähän ylimääräiseen voi mennä tunnista kolmeen tuntiin, jonka aikana ei pysty juurikaan tekemään muita tehtäviä. Tämä on myös johtanut siihen, ettei suunnitelmia ole pystytty tarkastelemaan ohimennen sopivassa välissä, vaan sille on pitänyt varata oma aikansa työpäivästä.

Varsinaisen työmaatiedon keräämiseen kuluvaan aikaan järjestelmä vaikuttaa haastateltujen mukaan myös jossain määrin. Tämä vaihteli kuitenkin hyvin paljon eri vastaajien keskuudessa. Suurin hyöty tästä oli H11 mukaan se, ettei aina tarvitse käydä varmistamassa tehtävien edistymistä työmaalla erikseen. Tämän ajallinen merkitys oli kuitenkin vaikeasti arvioitavissa ja riippui hyvin paljon käynnissä olevista työvaiheista ja käytetyistä aliurakoitsijoista. Näiden aikatauluvaikutusten arviointi olikin haastateltavien mukaan hyvin haastavaa. Suunnittelun ajankäyttö riippuukin muun muassa tehtävien ja toimijoiden määristä, tehtävien luonteesta sekä olosuhteista. Samalla osa työnjohdosta tekee paljon tarkemmin suunnittelua, kuin toiset, jolloin myös henkilöiden välillä on suurta vaihtelua. Tästä vaihtelusta huolimatta haastateltavat olivat lähes yhtä mieltä siitä, että järjestelmä suoraviivaistaa suunnittelua, jolloin se myös vähentää tehotonta ajankäyttöä tuotannonohjauksessa.



## 6. JÄRJESTELMÄN POTENTIAALI TYÖMAILLA

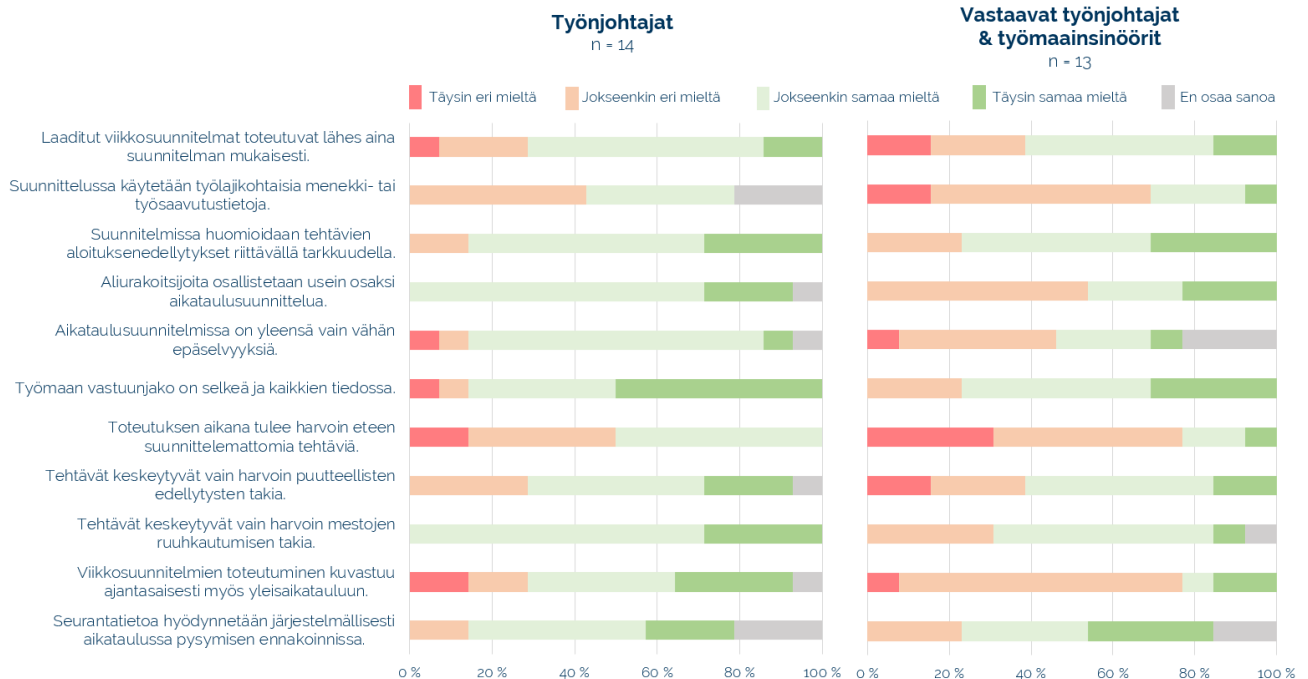
Tässä osiossa käsitellään aluksi kyselytutkimuksen tulokset jaettuna kyselyrunгон mukaisesti kokonaisuuksiin. Tämän jälkeen on pohdintaa järjestelmän tuottamista kustannusvaikutuksista vertaillen saatuja tuloksia kirjallisuuteen.

### 6.1 Työnjohdon näkemyksiä työmaiden tuotannonohjauksesta

Työnjohdon näkemyksistä ensin käydään läpi tuotannonohjauksen toimivuudesta, toiseksi työmaiden tiedonvälitystä ja kolmanneksi näkemyksiä työmaan digitalisuudesta. Lopuksi tarkastellaan työnjohdon ajankäyttöä lyhyenaikavälin suunnittelussa ja seurannassa.

#### 6.1.1 Tuotannonohjauksen toimivuus

Kyselytutkimuksen ensimmäisessä osassa selvitettiin työmaiden yleistä näkemystä lyhyenaikavälin tuotannonsuunnittelun ja ohjauksen toiminnasta (kuva 19). Ensimmäisenä tuloksista nähdään, että työnjohtajilla oli keskimäärin selvästi positiivisempi näkemys tuotannonohjauksen toiminnasta, kuin vastaavilla työnjohtajilla ja työmaainsinööreillä. Tämä johtuu arvioidusti siitä, että työnjohtajilla on keskimäärin omat selvät vastuualueensa, jolloin omien viikkosuunnitelmien tekeminen ja seuranta on suoraviivaisempi prosessi, kuin kokonaisuuden hallinta. Tällöin heillä on tarvetta lähinnä tämän rutiini suunnittelun ja ohjauksen helpottavalle työkalulle. Vastaavien työnjohtajien ja työmaainsinöörien pitää puolestaan hallita työmaan kokonaisuuksia, jolloin heillä on tarve tarkemmalle suunnittelutiedolle ja seurannalle. Tämä näkyy esimerkiksi aikataulusuunnitelmien epäselvyyksien ja toteutuksen aikana eteen tulevien suunnittelemtomien tehtävien osalla. Työnjohtajista vain 14 % on sitä mieltä, että aikataulusuunnitelmassa on epäselvyyksiä. Tämä luku on puolestaan 46 % vastaavilla työnjohtajilla ja insinööreillä. Suunnittelemtomia tehtävien osalta 50 % työnjohtajista pitää niitä yleisinä tai jokseenkin yleisinä, kun taas vastaava luku on 77 % laajempaa suunnittelua tekevillä. Vastaavat työnjohtajat ja insinöörit tekevät siten tarkempaa tuotannonsuunnittelua epävarmemman tiedon pohjalta.



**Kuva 19.** Työnjohdon näkemys tuotannonohjauksesta.

Kuvasta nähdään myös, että työmaan yhteisenä mielipiteenä on, että tehtävien aloitus-edellytykset huomioidaan riittävällä tarkkuudella. Tämä on mielenkiintoista, sillä tämä on osittain ristiriidassa haastatteluista saatujen tulosten kanssa, sillä haastatelluiden perusteella edellytyksiä ei juurikaan pohdittu tai varmistettu muiden kuin suurempien tehtäväkokonaisuuksien kohdalla. Tähän saadut vastaukset ovat myös osittain ristiriitaisia jäljempänä olevan kysymyksen kanssa, jossa kysytään tehtävien keskeytymisistä puutteellisten edellytysten takia. Siinä vastaavista työnjohtajista ja insinööreistä 15 % piti tätä yleisenä syynä tehtävien keskeytymiselle. Näiden tulosten perusteella herää epäily siitä, ettei tehtävien edellytykset ole käsitteenä täysin selkeä työmaiden henkilöstölle. Niiden merkitys on myös todennäköisesti osaltaan hämärän peitossa, jolloin niihin ei juurikaan ole kiinnitetty huomiota päivittäisessä toiminnassa. Toisaalta edellytysten suunnittelu ja varmistaminen on myös kohtuullisen työlästä, jolloin siihen ei välttämättä kiinnitetä tästä syystä huomiota. Mestojen ruuhkautumiset ovat kuitenkin selkeä ongelma, mutta sen merkitys oli keskimäärin hyvin pientä molempien joukkojen näkemyksessä. Ruuhkautumiset kohdistuvatkin todennäköisemmin vain selkeisiin ongelmatilanteisiin.

Tulosten perusteella työmaan vastuunjaossa ei ole myöskään ihmeellisyyksiä. Aliurakoitsijoita osallistetaan myös aktiivisesti viikkosuunnitteluun työnjohtajien tasolla. Vastaavat työnjohtajat ja työmaainsinöörit eivät olleet tästä kuitenkaan täysin samaa mieltä.

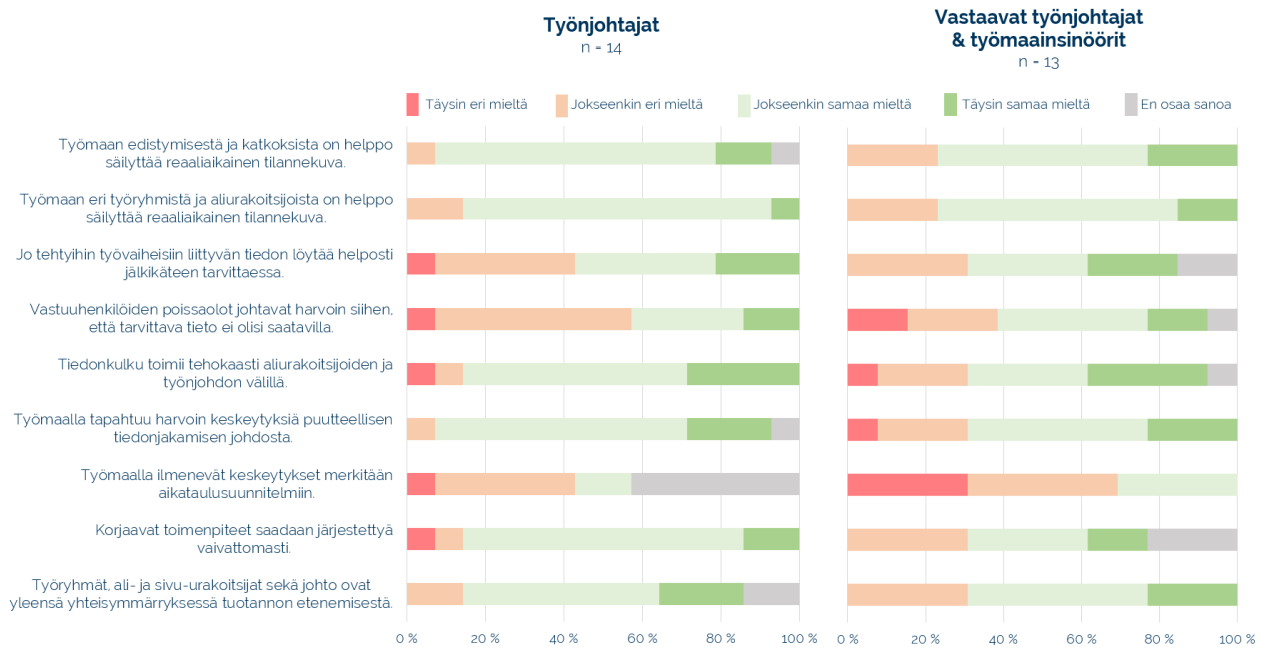
Tässä vaikuttaa kuitenkin todennäköisesti suunnittelutasojen eroavaisuudet, sillä yleis- ja vaiheaikataulua tehdessä ei olla vielä tiiviissä yhteistyössä työn lopullisen suorittajan kanssa.

Lyhyen aikavälin suunnittelussa ei myöskään vielä käytetä työlajikohtaisia menekki tai työsaavutustietoja systemaattisesti. Tämä näkyy siinä, että melkein 70 % vastaavista ja insinööreistä on eri mieltä niiden käytöstä. Suurin osa suunnittelusta tehdään siten edelleen hahmottelemalla oman kokemuksen ja yhteisten arvioiden pohjalta. Työnjohtajista osa ei myöskään ollut varmoja asiasta, voidaan arvioida, ettei kaikki työnjohtajat tehneet itsenäisesti viikkosuunnittelua.

Lopuksi kuvasta nähdään, että työnjohtajien näkemys tiedon seurannan ajantasaisuudesta poikkeaa merkityksellisesti vastaavan työnjohdon ja insinöörien näkemyksestä. Työnjohtajista 28 % ei pidä viikkotason seurannan kuvastumista yleisaikatauluun ajantasaisena, kun vastaava luku on 77 % ylemmässä portaassa. Tästä voidaan päätellä, ettei viikkotason tieto välity riittävän tehokkaasti ylempiin suunnitelmiin. Samalla voidaan päätellä, ettei seurantatiedon merkityksestä ja sen jakamisesta olla yhteisymmärryksessä eri toimijoiden keskuudessa. Seurantatiedon hyödyntämisestä ja aikataulun ennakoinnista oltiin kuitenkin samoilla linjoilla. Tähän kysymykseen tuli kuitenkin melko paljon en osaa sanoa -vastauksia, mikä osoittaisi, ettei työmailla ole myöskään täyttä selvyyttä siitä, miten tai kuka aikataulussa pysymistä arvioisi.

### **6.1.2 Työmaan tiedonvälitys**

Kyselytutkimuksen toisessa osassa selvitettiin työnjohdon näkemystä työmaan tiedonvälityksestä ja tilannekuvasta (kuva 20). Ensimmäisenä tuloksista nähdään, ettei tilannekuvan ylläpidossa tai tiedonvälityksessä ole vastaajien mielestä erityisiä ongelmia. Tästä olivat molemmat joukot lähes samoilla linjoilla, eikä kukaan ollut täysin eri mieltä ensimmäisen kahden tilannekuvan ylläpidon helppoutta käsittelevän kysymyksen kohdalla. Lähes identtinen vastausjakauma saatiin myös viimeiseen kysymykseen työmaan toimijoiden yhteisymmärryksestä työmaan etenemisestä. Tämä on mielenkiintoista, sillä oletuksena oli, että jakaumat vastaisivat edellisiä tuloksia siitä, että vastaavilla työnjohtajilla ja työmaainsinööreillä olisi negatiivisempi näkemys työmaan tilannekuvan hallinnasta. Tämä ei kuitenkaan näy kuin jokseenkin eri mieltä asteikolla ja 10 % luokassa, mitä ei voida pitää merkittävänä tämän otoksen kannalta. Vastaavat ja insinöörit olivat myös useammin täysin samaa mieltä väitteen kanssa, kuin työnjohtajat.



**Kuva 20.** Työnjohdon näkemys työmaan tiedonvälityksestä.

Kysymyksessä tiedonkulusta aliurakoitsijoiden ja työnjohdon välillä oli molemmissa ryhmissä yhdet vastaajat, jotka pitivät tiedonkulkua puutteellisenä. Tässä oli myös hieman enemmän negatiivista painoa vastaavien työnjohtajien ja työmaainsinöörien puolella. Tiedonvälitys ei siten ole täydellistä, mutta ei siinä ole havaittu erityisiä ongelmiaakaan. Nämä tulokset osoittavat siten, että nykyinen tiedonvälitys ja ylläpidetty tilannekuva mielletään kokonaisuudessaan riittäviksi työmaiden johtamiseksi.

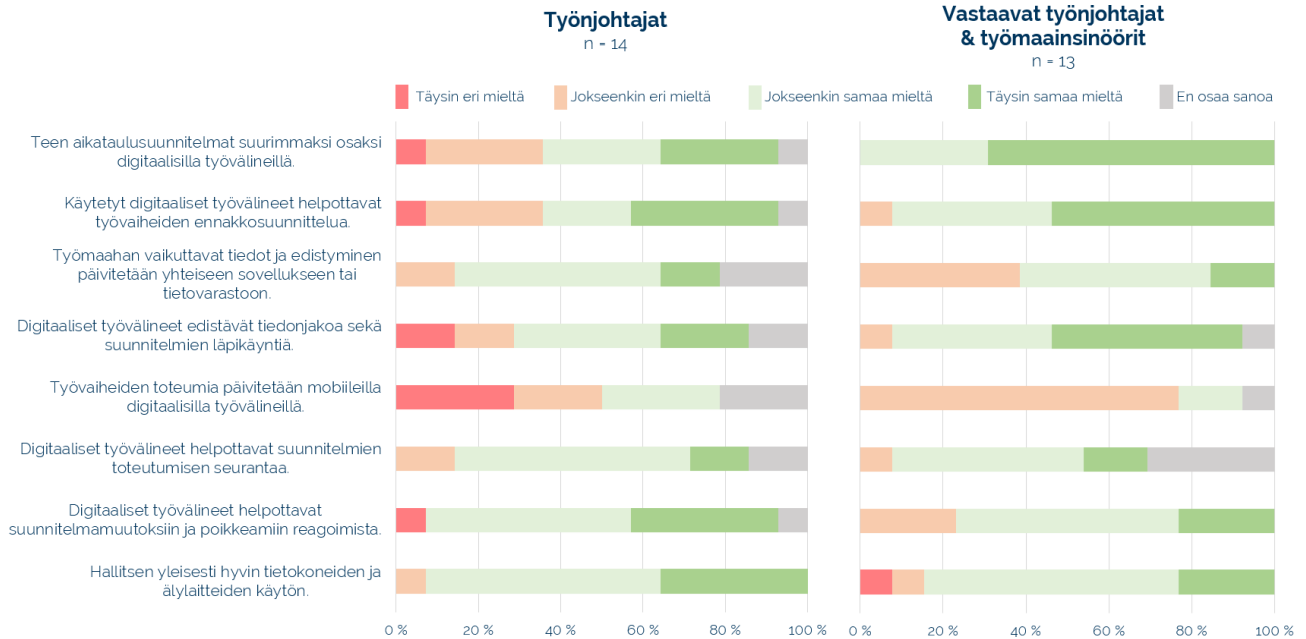
Tiedon saatavuuden osalta vastaukset eivät ole kuitenkaan yhtä positiivisia, kuin tilannekuvan kohdalla. Jo tehtyihin työvaiheisiin liittyvän tiedon löytäminen koettiin jokseenkin hankalaksi tai hankalaksi 43 % työnjohtajan osalta. Vastaavista ja insinööreistä 30 % piti tiedon löytämistä jokseenkin hankalalta. Tämä vaikuttaisi siltä, ettei työmaalla ole selvää paikkaa tai toimintamallia näiden tietojen tallentamiseksi, jolloin tietoa ei ole tai se on hajautuneena ei paikkoihin. Sama näkyy vastuuhenkilöiden poissaoloa selvittävässä kysymyksessä. Siinä melkein 60 % työnjohtajista on sitä mieltä, että poissaolot johtavat ongelmiin tiedon saatavuuden kanssa. Vastaavat työnjohtajat ja työmaainsinöörit ovat tässä samoilla linjoilla, mikä osoittaa, että tiedon puutetta on havaittu myös toimistolla. Nämä vastaukset osoittavat sen, että yksittäisten henkilöiden vaikutukset melko suurilla työmailla, tiedon kasautuessa vastuuhenkilöille. Mikä osoittaisi tarvetta paremmalle tiedonjaolle, jotta tieto on käytettävissä myös henkilön poissa ollessa.

Tiedonjaon puutteellisuus ei myöskään näy työnjohtajien näkemyksessä työmaalla tapahtuvien tehtävien keskeytymisien syynä. Vain yksi työnjohtaja piti tiedonjaon puutteellisuutta jokseenkin merkittävänä vaikuttajana tehtävien keskeytymisessä. Vastaavat työnjohtajat ja työmaainsinöörit olivat kuitenkin hieman eri linjalla asian kanssa, 30 % ollessa jokseenkin tai täysin eri mieltä väittämän kanssa. Tämä näyttäisi siltä, että näillä kahdella joukolla on näkemyseroja keskeytysten syistä. Tällöin ei välttämättä osata varautua asioihin ennakolta, kun kaikkea tarvittavaa tietoa ei saada yhdistettyä tehtävien suunnitteluun ja ohjaukseen. Tämä tuotannonohjaustiedon hyödyntämisen häilyvyys näkyy myös siinä, ettei suuri osa, yli 40 %, työnjohtajista osannut sanoa, merkitäänkö tehtävien keskeytyksiä aikataulusuunnitelmiin. Lähes kaikki loput olivat myös sitä mieltä, ettei tätä seurantaan tehdä. Vastaavien työnjohtajien ja insinöörien vastauksissa nähdään puolestaan selvästi, ettei keskeytyksiä merkitä aikataulusuunnitelmiin ainakaan systemaattisesti, 31 % ollessa täysin eri mieltä ja 38 % jokseenkin eri mieltä väittämän kanssa. Tämä osoittaa sitä, että tehtävien keskeytykset sulautuvat osaksi rakennusvaiheiden kestoja, eikä toteutumisen seurantaan tehdä järjestelmällisesti viikkotasolla. Korjaavien toimenpiteiden järjestämisessä ei kuitenkaan ollut vastaajien mielestä juurikaan epäselvyyksiä. Keskeytykset ratkaistaan siten omalla painollaan, eikä niitä siten seuratakkaan sen enempää.

### **6.1.3 Tuotannonohjauksen digitaalisuus**

Tässä kolmannessa osassa selvitettiin digitaalisten työvälineiden käyttöä työmailla sekä niistä miellettyjä vaikutuksia (kuva 21). Ensimmäisenä tuloksista nähdään, että vastaavat työnjohtajat sekä työmaainsinöörit käyttävät enemmän digitaalisia työvälineitä ja pitävät niitä myös hyödyllisempinä, kuin työnjohtajat. Digitaalisista työvälineistä on siten suurempi hyöty, mitä enemmän ja mitä laajempaa suunnittelua työmaalla ollaan tekemässä.

Työnjohtajista osa kokeekin perinteisten menetelmien vastaavan paremmin heidän tarpeisiinsa. Yksi työnjohtaja kommentoi tätä erikseen vapaassa palautteessaan kertoen, että Exceleissä on liika täydennettäviä kohtia, jolloin viikkoaikataulu on välillä helpompaa tehdä vain ruutupaperille. Toinen työnjohtaja oli myös sitä mieltä, että liian digitaalisuuden takia vieraannutaan työmaasta ja unohdetaan ne pienimmät asiat, jotka vaikuttavat seuraaviin työvaiheisiin. Digitaaliset työvälineet eivät ole siten vielä riittävän yksinkertaisia ja käytettäviä, jotta ne olisivat tulleet luonnolliseksi osaksi työmaan toimintaa.



**Kuva 21.** Työnjohdon näkemys tuotannonohjauksen digitaalisuudesta.

Vastaajien mielestä työmaahan liittyvät tiedot päivitetään kuitenkin yhteiseen sovellukseen tai tietovarastoon ainakin jossain määrin. Osa työnjohtajista ei ollut tästä kuitenkaan varmoja. Vastaavissa työnjohtajissa ja työmaainsinööreissä oli myös melkein 40 %, jotka olivat jokseenkin eri mieltä väittämän kanssa. Tämä osoittaisi sitä, että tietoa kyllä kerätään jossain määrin, mutta ei kaikkea, eikä sitä välttämättä kerätä yhteen selkeään paikkaan. Tässä digitaalisten työvälineiden koettiin vastaavien ja insinöörien osalta auttavan merkityksellisesti, lähes kaikkien ollessa sitä mieltä, että digitaaliset työvälineet edistävät tiedonjakoa ja suunnitelmien läpikäyntiä ainakin jossain määrin. Työnjohtajista kaksi oli kuitenkin täysin tätä vastaan, eivätkä toiset kaksi osanneet sanoa, onko tällä merkitystä.

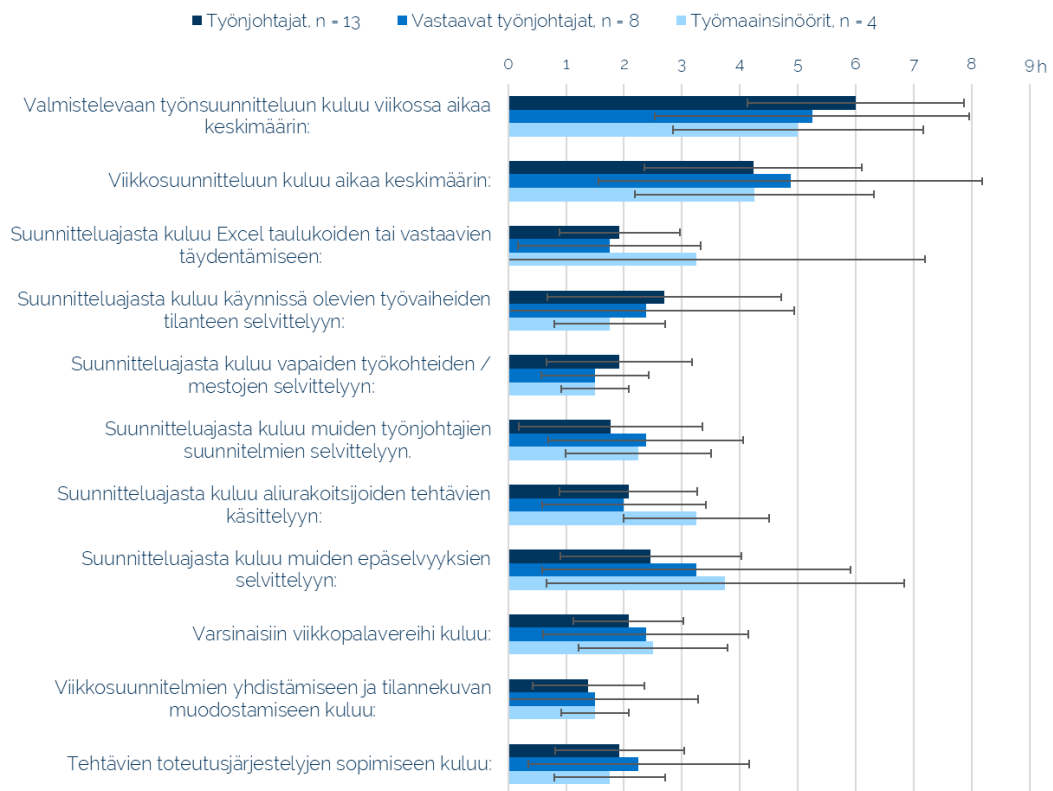
Työvaiheiden seurannan osalla, työmailla ei juurikaan käytetä mobiileja digitaalisia työvälineitä tehtävien toteutumien merkinnässä. Digitaalisten työvälineiden ajatellaan kuitenkin helpottavan toteutumisen seuranta, eikä vastaajajoukoissa ole tässä asiassa eriäviä näkemyksiä. Vastaavista työnjohtajista kolme ei kuitenkaan osannut vastata tähän kysymykseen. Tämä osoittaa sitä, että digitaalisten työkalujen käytössä ja tuotannon seurannassa on vaihtelua työmaakohtaisesti. Taustalla voi vaikuttaa se, ettei suunnitelmien toteutumista vielä seurata järjestelmällisesti viikkotasolla, eikä seuranta välttämättä tehdä digitaaliseen järjestelmään, jolloin sen merkityksen arviointi on mahdotonta.

Suunnitelmamuutosten ja poikkeamiin reagoinnin yhteydessä digitaalisia työvälineitä pidettiin kuitenkin tasaisen hyödyllisinä. Ne edistävät siten työmaan joustavaa toimintaa, jolloin mahdollisten ongelmien vaikutuksia saadaan pienennettyä.

Viimeisessä mielipidekysymyksessä selvitettiin vastaajien omaa näkemystä heidän IT osaamisestaan. Tulosten mukaan lähes kaikki vastanneet hallitsevat tietokoneiden ja älylaitteiden käytön hyvin tai melko hyvin. Tämä osoittaisi sitä, ettei työmailla pitäisi olla suoranaista taustaosaamisen puutetta järjestelmien käytössä. Järjestelmiä kyllä siten opitaan todennäköisesti käyttämään, kunhan niiden hyödyt saadaan tuotua selkeästi esille.

### 6.1.4 Ajankäyttö lyhyenaikavälin suunnittelussa

Kyselyn ajankäytöllisessä osiossa selvitettiin, kuinka paljon viikoittaista suunnittelua tehdään ja mihin eri suoritteisiin siinä aikaa kuluu (kuva 22). Ensimmäisenä pitää huomioida se, ettei työtehtäväkohtaisia tuloksia voida pienten otoskokojen takia pitää tilastollisesti merkitsevinä. Kuvaajassa virhepalkit kuvaavat keskihajontaa. Sattuma on siten vaikuttanut merkittävästi etenkin työmaainsinöörien kohdalla. Tulokset näyttävät kuitenkin yhdessä suuntaa sille likimääräiselle alueelle, jonne merkitsevät tulokset asettuisivat.



**Kuva 22.** Työnjohdon ajankäyttö viikoittaisessa suunnittelussa.

Ensimmäisistä kysymyksistä nähdään, että valmistelemaan suunnitteluun kuluu viidestä kuuteen tuntiin ja viikkosuunnitteluun noin neljä tuntia viikossa. Näiden määritelmät ja erot eivät ole kuitenkaan todennäköisesti kaikille selvillä, jolloin ajankäytössä on päällekkäisyyttä. Tässä valmisteleva työsuunnittelu kuvastaakin todennäköisimmin osaltaan tehtäväsuunnittelua, joka on itsessään laajempi kokonaisuus. Näistä voidaan kuitenkin päätellä, että viikosta menee arviolta noin yksi päivä suunnitelmien tekemiseen. Näissä selvästi suurin vaihtelu oli vastaavilla työnjohtajilla, joista kolme teki suunnittelua yhteensä 3 – 4 tuntia, kun taas toiset kaksi 16 ja 19 tuntia. Vaikuttaisikin siltä, että vastaavien työnjohtajien toimintamallit voivat olla hyvin vaihtelevia toimenkuvasta tai tehtävän- jaosta riippuen.

Tästä suunnitteluajasta kuluu vastaajien mukaan se vajaa pari tuntia Exceleiden tai vastaavien täydentämiseen. Suunnittelua tehdään siten muilla menetelmillä ja tiedot vain syötetään käytettyyn järjestelmään. Nämä alhaiset tunti määrät osoittavat sitä, etteivät digitaaliset suunnittelualustat ole vielä erityisen merkittävässä asemassa viikoittaisessa suunnittelussa. Tässä kysymyksessä oli myös suurta vaihtelua työmaainsinöörien kohdalla, jolloin tästä ei voida tehdä juuri mitään johtopäätöksiä heidän kannaltaan.

Tuotannosuunnitteluun kuuluvan tiedon keräämisen osalta ajankäyttö jakautuu melko tasaisesti eri osa-alueiden selvitykseen. Käynnissä olevien työvaiheiden tilanteen selvitykseen kuluu se yhdestä kolmeen tuntiin. Vaihdellen kohtuullisen paljon eri tekijöiden ja siten luonnollisesti käynnissä olevien hankkeiden mukaisesti. Siinä suurinta vaihtelua oli jälleen vastaavien työnjohtajien vastauksissa, suurimmalla osalla mennessä 1 – 2 tuntia, kun taas yksi ilmoitti, että voi mennä jopa 8 tuntia näiden selvitykseen. Työnjohtajilla jakauma oli selvästi kapeampi, suurimman osan vastauksista rajautuessa 3 ja 4 tunnin paikkeille. Heissä oli kuitenkin myös useampi, joilla ei mene kuin tunti tähän, mikä osoittaa seurannan tason tai laajuuden vaihtelua. Vapaiden mestojen osalta ei kuitenkaan mennyt paljoakaan, suurimman osan vastauksista rajautuen tunnin kahden paikkeille.

Muiden työnjohtajien suunnitelmien selvityksen osalta aikaa meni myös samoissa määrin, tunnista kolmeen viikoittain. Työnjohtajissa oli kuitenkin kolme vastaajaa, jotka ilmoittivat tähän käytettäväksi ajaksi nollan. Tämä viittaa todennäköisesti siihen, että vastuualueiden rajaukset ovat näissä hankkeissa niin selkeät, ettei muiden työnjohtajien tulevilla tehtävillä ole vaikutusta heidän suunnitteluunsa. Vastaavilta työnjohtajilla meni tähän kuitenkin kaikilta ainakin tunti ja useammalta selvästi enemmän. Myös insinööreiltä kului hieman enemmän aikaa tähän, heidän ollessa aika hyvin samaa mieltä kuluvan ajan määrästä. Suunnitelmien yhdistämiseen ja riittävän tilannekuvan muodostamiseen menee siten aikaa kaikissa suunnittelutasoissa.



Sama pätee aliurakoitsijoiden suorittamien tehtävien käsittelyn osalla. Tähän saaduissa vastauksissa oli kohtuullisen vähän vaihtelua, suurimmalla osalla mennessä sen yhdestä kolmeen tuntiin näiden asioiden hoitamisessa viikossa. Tässä työmaainsinöörit käyttivät kuitenkin noin tunnin enemmän aikaa, kuin toisissa tehtävänimikkeissä. Samalla vain yksi työnjohtaja ilmoitti, ettei käytä aikaa aliurakoitsijoiden tehtävien käsittelyyn. Tämä osoittaa, että lähes kaikki työnjohdosta ovat jossain määrin ohjaamassa aliurakoitsijoiden toimintaa.

Muiden epäselvyyksien selvittelyyn työnjohdolta kului selvästi enemmän aikaa, kuin edellisten kysymysten vakio tilannekuvan selvitykseen. Tähän kuluu useimmilla työnjohtajilla kahdesta neljään tuntia. Vastaavilla työnjohtajilla oli puolestaan suurta vaihtelua epäselvyyksien selvittämiseen kuluvan ajan vaihdellessa nollostaa tunnista kahdeksaan. Insinööreillä vastaukset olivat myös niin hajallaan, ettei tästä voida juuri päätellä sen kummempia. Kokonaisuudessaan tuotannosuunnittelussa tulee kuitenkin vastaan kohtuullisesti epäselvyyksiä, joiden selvittämiseen kuluu ylimääräistä aikaa työmailla. Tämä näkyy myös suunnitelmissa, sillä yksi työnjohtaja kommentoi vielä erikseen, että ”puutteellisten tuotantosunnitelmien korjaukseen ja päivitykseen kuluu turhan paljon aikaa”. Suunnitelmia ei siten saada tehtyä kerralla kuntoon ja niitä joudutaan muokkaamaan toistuvasti.

Varsinaisiin viikkopalaveriinhin työmailla kuluu se noin kaksi tuntia, joskin vastaavilla työnjohtajilla oli tässä jonkin verran vaihtelua. Yhden vastaavan mukaan viikkopalaveriinhin ei kulu ollenkaan aikaa, kun taas toisilla neljästä viiteen tuntiin. Tässäkin vaikuttaa todennäköisesti työmaan sisäisesti sovittu tehtävien jako sekä toimenkuva. Tämä jatkuu tehtävien toteutusjärjestelyiden sopimiseen, johon kuluu keskimäärin vajaa pari tuntia viikossa. Tässäkin oli vaihtelua erityisesti vastaavien työnjohtajien keskuudessa.

Viikkosuunnitelmien yhdistämiseen ja tilannekuvan muodostamiseen kuluu puolestaan se tunti – kaksi, vaihdellen sekin kohtuu voimakkaasti. Tässä jopa kolme vastaavaa oli myös vastannut, ettei tähän mene ollenkaan aikaa. Työnjohtajilta löytyi puolestaan kohtuu tasainen yhden – kahden tunnin linja, muuttamia poikkeuksia huomioimatta. Sama yhden – kahden tunnin linja löytyy myös insinööreiltä. Tämä on itsessään mielenkiintoista sillä, vastaavien työnjohtajien luulisi käyttävän tähän aikaa, kun ohjataan useiden tehtäväjoukkojen kokonaisuuksia. Vaikuttaisikin siltä, että suunnitelmat tehdään itsenäisesti ja seuranta tapahtuu muun muassa vaiheakataulu tasolla, jolloin viikkosuunnitelmista ei muodosteta erillistä seurattavaa kokonaisuutta.

## 6.2 Digitaalisen tuotannonohjauksen kustannusvaikutuksia

Saadut tulokset osoittavat, että yhtenäisestä digitaalisesta tuotannonohjauksjärjestelmästä on hyötyä työmaiden tuotannonohjauksessa. Mitä nämä hyödyt sitten tarkoittaisivat kustannusten näkökulmasta? Tätä voidaan tarkastelemalla vastaavien hyötyjen vaikutuksia rakentamisen tuottavuuteen, ilmenevän hukan määrään sekä rakennushankkeen sopimusperusteisiin kustannuksiin. Näiden tarkasteluilla voidaan tehdä joitain johtopäätöksiä siitä, miten järjestelmä vaikuttaa rakentamisen kannattavuuteen. Mahdollisissa kustannushyödyissä tulee kuitenkin huomioida se, että suurin osa havaituista hyödyistä vaihteli voimakkaasti järjestelmän käyttöasteen, rakennusvaiheen sekä rakennushankkeen kompleksisuuden mukana. Tällöin myös arvioitavat kustannushyödyt ovat hyvin tilannekohtaisia ja hypoteettisia.

Aikataulullisesti tuottavuuden parantamisen kustannussäästöt muodostuvat kuitenkin pääosin työn virtauksen tehostumisesta sekä nopeammasta reagoinnista ilmeneviin ongelmiin. Tällöin rakennustehtävät saadaan todennäköisemmin suoritettua suunnitellusti ja ilman turhaa odottamista. Havaintojen perusteella järjestelmän avulla pystytään siten vaikuttamaan käytettävän työvoiman määrään sekä etenkin kalliisiin lisäresursseihin sekä ylityötunteihin, joita tarvitaan aikatauluviiveen kiinni kirimiseen. Samalla pystytään vaikuttamaan yleisiin aikasidonnaisiin käyttö- ja yhteiskustannuksiin. Tarkemman suunnittelun arveltiin myös vaikuttavan jossain määrin havaittaviin vikoihin ja uudelleen tekemiseen. Näiden lisäksi järjestelmällä oli potentiaalia tehtävien edellytysten määrittelyssä ja varmistuksessa, jolla on kirjallisuuden ja tulosten mukaan hyvin merkittävä vaikutus tehtävien suunnitelman mukaiseen toteutukseen.

Näiden arvioimiseksi tulee kuitenkin huomioida työmaiden toimintamallit. Järjestelmä ei vaikuta läheskään kaikkiin Last Planner -menetelmästä saataviin hyötyihin, mutta se edistää sen toimintaa suunnittelun ja seurannan tasolla. Sen merkitystä tukeekin esimerkiksi Lagos et al. (2017), joidenka tutkimus monilta osin vastaava järjestelmä johti korkeampaan Last Planner -menetelmän omaksumisasteeseen. Samalla sen paremmalla noudattamisella saavutettiin keskimäärin 10 prosenttiyksikköä parempi viikkosuunnittelujen tehtävien toteutumisaste. Fluentin järjestelmästä on siten näiden tulosten perusteella hyötyä myös Dave et al. (2015) ja Lagos et al. (2016) esittämien Last Planner -menetelmän implementoinnissa ilmenneiden ongelmien ratkaisemisessa. Se auttaa tässä keräämällä suunnittelussa ja ohjauksessa tarvittavan tiedon yhteen, edistämällä yhtenäistä suunnittelua sekä yhdistämällä eri suunnittelutasot yhteen muodostaen selkeämmän kokonaiskuvan työmaan ohjaamiseksi.

## 6.2.1 Vertailua kirjallisuuteen

Tarkastellaan ensin Andersen et al. (2012) tutkimaa sairaalan rakennushanketta. Siinä Lean-periaatteiden implementointi vaikutti kustannussäästöihin, joita laskettiin olleen 2.6 – 3.4 % per rakennettu m<sup>2</sup>. Näiden säästöjen taustalla oli lyhentynyt rakentamisaika sekä parempi aikataulun noudattaminen. Nämä oli puolestaan saavutettu heidän mukaansa tarkemmin pilkotetuilla ja hallittavissa olevilla kontrollialueilla, selvemällä palaverissa saadulla tilannekuvalla sekä alkujaan realistisemmillä suunnitelmissa. Fluent Plannerin kannalta tässä on yhtenevyyksiä paremmassa tilannekuvassa, tehtävien jakamisessa pienempiin ja paremmin hallittaviin vastuualueisiin sekä realistisemmissä suunnitelmissa lyhyellä aikavälillä. Näiden lisäksi Lean-periaatteiden avulla saavutettiin heidän tutkimuksessaan 55 % pienemmät takuukustannukset. Tämän taustavaikutuksina oli osaltaan mestojen ruuhkautumisen sekä resurssien koordinoitongelmien väheneminen. Fluent Constructionilla voi siten olla tältä osin vaikutuksia myös työn laatuun. Tässä oli kuitenkin myös paljon muita havaittuja vaikutteita, jolloin ei koordinoinnin parantumisen vaikutuksia pystytä erittelemään. Projektissa Lean-periaatteet vaikuttivat myös moneen muuhun osa-alueeseen, jotka eivät kuulu työmaan tuotannonohjaukseen. Tällöin myös havaitut kokonaiskustannushyödyt kohdistuvat eri osa-alueille. Parempi tilanteen hahmottaminen, tarkemmat suunnitelmat sekä tehokkaampi resurssien koordinointi olivat kuitenkin oleellisia muuttujia hankkeen onnistumisen kannalta. Tällöin voidaan olettaa, että Fluentin hyödyntämisellä voidaan edistää vastaavanlaisien hyötyjen saavuttamista.

Järjestelmän edistämästä tarkemmasta suunnittelusta ja tilannekuvasta arvioitiin olevan hyötyä myös virheiden ja uudelleen tekemisen vähentämisessä. Näiden vaikutusten arviointi oli kuitenkin hyvin vaikeaa, jolloin tästä ei voida tehdä merkityksellisiä johtopäätöksiä. Vioista ja uudelleen tekemisestä aiheutui tutkimusten mukaan kuitenkin paljon ylimääräisiä kustannuksia. Näistä urakoitsijoiden toiminnan ja siten tuotannonohjauksen vaikutuspiiriin kuuluva osuus tästä on Love et al. (2018) mukaan keskimäärin 0.39 % urakkasopimusten arvosta. Tämä olisi siten arvioidusti se suuruusluokka mihin tarkemalla ja yhteistyössä tehtävällä suunnittelulla pystytään vaikuttamaan tältä osin. Yksittäisistä ongelmista ja virheistä saattaa myös aiheutua suuriakin kustannuksia, kuten Chester & Hendrickson (2005) esimerkissä yhden ongelman aiheuttamasta 5.7 % lisäyksestä projektin kokonaiskustannuksiin. Tarkempaan suunnitteluun nojaavalla toimintamallilla voitiinkin haastateltujen mukaan ehkäistä näiden ongelmien syntymistä. Järjestelmä ei kuitenkaan itsessään takaa tätä, mutta se kuitenkin alentaa kynnystä tarvittavan tarkemman suunnittelun järjestelmälliselle tekemiselle.

Työn tuottavuuden osalta Min et al. (2011) havaitsivat, että Last Planner -menetelmä paransi työn virtausta merkityksellisesti öljynjalostamon laajennuksessa. Tämän taustalla oli se, että menetelmän avulla resurssit saatiin paremmin kohdistettua suunniteltuihin työvaiheisiin. Lopputuloksena oli, että työn virtaus poikkesi selvästi vähemmän suunnitellusta ja oli siten paremmin ennustettavissa. Näiden vaikutusten perusteella Fluent Constructionin käytöllä pitäisikin pystyä edistämään vastaavien hyötyjen saavuttamista. Kustannusten puolesta tämä näkyi heidän tutkimuksessaan siinä, että arvioidut työ kustannukset alittuivat työn urakoitsijalta 24 %. Urakoitsijan ei myöskään tarvinnut maksaa erillisiä ylityökorvauksia, joilla on tavallisesti koitettu houkutellessa pätevämpiä työntekijöitä projekteihin. Samalla tutkimuksesta nähtiin, että työn virtauksen mittarina toimiva tehtävien toteutumisprosentti korreloi myös merkitsevästi työn tuottavuuden kanssa. Tällöin voidaan puolestaan tarkastella työn kustannustehokkuutta seuraamalla indikaattorina toimivaa TTP:tä. Fluentin järjestelmä edistääkin tämän tekemistä, jolloin pysytään paremmin tilanteen tasalla työmaan tuottavuudesta ja siten kustannusten kertymisestä.

Mohan & Iyer (2005) analysoivat puolestaan 16 tapaustutkimusta, joidenka rakennushankkeissa hyödynnettiin Lean-periaatteita. Näissä hankkeissa saavutettiin 11 – 42 % kustannussäästöjä sekä jopa 60 % ajallisia säästöjä. Näistä vaikutuksista he kohdistivat vastausten määrien perusteella viikkosuunnitteluprosessille 22.4 %, TTP seurannalle 18.2 % ja valmistelevalle suunnittelulle 12.6 %. Nämä kolme olivatkin merkittävimmät säästöjen tuottajat 12 mitatusta kokonaisuudesta. Fluent Construction edistäisi siten suurinta osaa näiden hyötyjen realisoitumisessa. Tässä on kuitenkin huomattava tutkimuksen kohdistuminen 90 luvulle ja 2000- luvun alkuun, jolloin Lean-rakentaminen oli vielä uusi keksintö. Nykyisin ei todennäköisesti saavuteta yhtä merkittävää kehitystä, sillä Lean-filosofia on jo osittain sisäistetty työmaiden toiminnassa. Työmailla on kuitenkin edelleen havaittavissa samoja ongelmia uudelleen tekemisen, odottamisen, resurssien koordinoinnin sekä tehtävien toteutumisen kanssa. Järjestelmä voi siten haastatteluiden tulosten perusteella edistää merkittävästikin näiden toimintamallien käyttöönottoa ja niistä saatavia hyötyjä.

Locatelli et al. (2013) tutkimuksessa tarkasteltiin myös 19 aikaisempaa tapaustutkimusta Lean-periaatteiden käyttöönotosta eri rakennushankkeissa. Näissä hankkeissa saavutettiin heidän mukaansa 20 – 30 % ajalliset säästöt sekä samantasoiset kehitykset tuottavuudessa. Näiden vaikutusten taustalle oli määritetty monia eri tekijöitä, joista tuotannonohjauksen kannalta olennaista oli Last Planner -menetelmällä tehtävä tarkempi suunnittelu sekä vaihtelun pienentyminen. Tarkemman suunnittelun avulla työmaita pystyttiin heidän mukaansa johtamaan paremmin, helpottamaan resurssien koordinoitua

sekä edistämään tekijöiden sitouttamista. Samalla saatiin vähennettyä työmailla tapahtuvaa ylimääräistä odottamista ja siten myös rakentamisen kestoa. Kokonaisuutena Lean-periaatteet vaikuttivat kuitenkin hyvin moniin asioihin asiakkaan ja toimittajien osallistamisesta työntekijöiden kouluttamiseen, jolloin tuotannonohjauksen merkitystä ei tässäkään pystytä rajaamaan. Fluent Constructionin näkökulmasta tutkimuksessa havaittiin kuitenkin paljon samoja kokonaisuuksia, joita kehitettiin uuden toimintamallin avulla. Tällöin myös tämä tutkimus tukee järjestelmän hyödyllisyyttä rakentamisen keston lyhentämisessä ja siten kustannusten alentamisessa.

Lyhentyvään aikatauluun voidaan kohdistaa karkeasti säästöjä työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksissa, jotka olivat 15 % – 18 % luokkaa rakennushankkeiden kustannuksista Suomessa (Kiviniemi 1996; Helin 2013; Tyrni 2015; Salminen 2016; Niskanen 2017). Näiden lisäksi lyhentyvät ja paremmin ennustettavat aikataulut vaikuttivat hankkeiden sopimusperusteiseen palkitsemiseen ja sanktioihin. Näiden suuruus on hyvin tilanne- ja sopimus kohtaista, mutta käytännössä puhutaan tuhansista euroista päivässä. Esimerkkinä Lahdenperä & Koppinen (2003) käyttämä arvio 4000 € odotetuista päivittäisistä hyödyistä, joita saataisiin valmiista rakennuksesta. Tällöin rakennuksen luovutuksen myöhästymisestä voi kertyä suuriakin kustannuksia, etenkin jos menetetyt bonukset lasketaan niihin. Näiden aikatauluvaikutusten merkitystä tuki Umstot et al. (2014) tutkimus, jossa 34:stä perinteisin menetelmin johdetuissa rakennushankkeesta vain neljä valmistui aikataulussa. Suomessa yleinen tilanne ei ole läheskään näin hankala, mutta viivästymiset ovat silti edelleen arkipäivää.

Näiden lukuarvojen analysoinnissa tulee huomata, että tutkimuksissa kehitettiin toimintaa selvästi laajemmassa mittakaavassa, kuin mihin Fluentin järjestelmällä voidaan vaikuttaa. Kaikissa näissä tutkimuksissa käsiteltiin kuitenkin täysin samoja muuttujia, joihin järjestelmällä oli positiivisia vaikutuksia haastatteluiden perusteella. Varsinaiset muutokset tapahtuvat kuitenkin vasta järjestelmän integroitua osaksi tuotannonohjausprosessia. Kustannushyötyjen näkökulmasta tämä tarkoittaa sitä, ettei järjestelmän käyttöönotto leikkaa taianomaisesti rakennushankkeiden kestoa tai niihin tarvittavia resursseja. Se kuitenkin mahdollistaa tehokkaamman toiminnan ja sen kehittämisen. Tällöin ajantasaisemman seurannan, parantuneen tilannekuvan ja yhtenäisen suunnittelun avulla pystytään hankkeen etenemistä hallitsemaan sekä ennustamaan selkeästi paremalla tasolla kuin aikaisemmin. Tämä puolestaan johtaa tehokkaampaan resurssien käyttöön sekä lyhentyneisiin rakentamisen kestoihin, alentaen loppupelissä rakentamisen kustannuksia.

## 7. POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä tutkimuksessa selvitettiin yhtenäisen digitaalisen tuotannonohjausjärjestelmän käytöstä havaittavia hyötyjä talotuoannossa. Tarkoituksena oli saada parempi ymmärrys siitä, mitä hyötyjä järjestelmän käytöstä on ja mitä ne merkitsevät tuotannonohjauksen ja siten rakennushankkeiden onnistumisen kannalta. Saadut vastaukset osoittavat, että järjestelmä ratkaisi kirjallisuudessa esitettyjä ongelmia johtamisen, tiedonvälityksen ja suunnitelmallisuuden osalla. Nämä hyödyt myös jakautuivat odotetusti kolmen ensimmäisen tutkimuskysymyksen mukaisiin osa-alueisiin: tuotannonohjauksen tarkentumiseen, tiedonhallinnan kehittymiseen sekä työnjohdon ajankäytön tehostumiseen. Näistä oli puolestaan havaittavissa vaikutuksia rakentamisen tuottavuuteen sekä kerääntyviin kustannuksiin.

Nämä tutkimuksen tulokset osoittavat siten, että tämä uudenlainen digitaalinen tuotannonohjausjärjestelmä toimii käytännössä työmailla. Tämä ei ollut itsestään selvyyttä, sillä uusien menetelmien ja järjestelmien hyödyntämisessä on ollut paljon ongelmia aikaisemman kirjallisuuden perusteella (e.g. Dave et al. 2010; Lagos et al. 2017). Työmailla havaittiin kuitenkin, että tutkitun toimijat toisiinsa yhdistävän järjestelmän avulla, tieto suunnitelmista ja toteutuksista liikkui tehokkaasti tarvitseville osapuolille. Tällöin tuotantoa koskevat päätökset ja suunnitelmat pystyttiin tekemään tiedon, ei oletusten perusteella. Työmailla havaittujen asenteiden ja käytettyjen toimintamallien kahtiajako oli kuitenkin merkittävä vaikuttaja järjestelmän hyödyntämisessä. Saadut tulokset tukevatkin kirjallisuuden havaintoja hyvin monimuotoisesta ja työmaakohtaisesta rakentamiskulttuurista. Tutkimuksen aikana pystyttiin kuitenkin määrittelemään näitä käytännön ongelmia, jotka voidaan nyt ottaa paremmin huomioon järjestelmän kehityksessä ja käyttöönotoissa. Tämän tiedon avulla on siten saatu muodostettua käytännönläheisempi kuva erilaisten työmaiden edellytyksistä tämän kaltaisen uuden järjestelmän hyödyntämisessä.

Näiden tulosten perustelemiseksi tässä luvussa käydään ensin tiiviisti läpi, mitä hyötyjä järjestelmästä oli työmailla sekä mikä näiden hyötyjen merkitys oli järjestelmää käyttämättömien näkökulmasta. Tämän jälkeen on pohdintaa järjestelmän merkityksestä tuotannosuunnittelussa ja työnjohdon toiminnassa sekä rakentamisen tuottavuudessa ja kannattavuudessa. Näiden jälkeen tarkastellaan tämän tutkimuksen merkitystä sekä tulosten luotettavuutta. Lopuksi käydään vielä läpi tutkimuksen johtopäätökset sekä jatko-tutkimusehdotukset.

## 7.1 Tulosten yhteenveto

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että yhtenäisestä tuotannonohjausjärjestelmästä on paljon hyötyä työmailla (taulukko 4). Fluent Planner koettiin myös helppokäyttöiseksi, jolloin sen käyttöönotossa ei havaittua suurempia ongelmia. Sen hyödyt vaihtelivat kuitenkin suuresti järjestelmän käyttöasteen sekä hankkeiden monimutkaisuuden ja laajuuden mukana. Kaikkia näitä hyötyjä ei myöskään aina saavuteta käytännössä johtuen työmaiden toimintamalleista, jotka eivät vielä täysin tukeneet järjestelmän käyttöä. Tässä nousivat esille erityisesti vaihtelevuudet aikataulusuunnittelun tekemisessä sekä seurantatiedon keräämisessä ja kirjaamisessa. Näissä on kuitenkin huomioitava, että osalla työmaista tutkittu järjestelmä oli käytössä ensimmäistä kertaa, jolloin sen käyttöön tottuminen oli vielä työnalla. Tästä huolimatta työmaiden perinteiset suunnittelu- ja seuranta-prosessit pitäisi kuitenkin saada vastaamaan paremmin tätä systemaattista toimintamallia, kaiken järjestelmän potentiaalin irti saamiseksi. Sen käyttö ei kuitenkaan edellytä tätä, ja siitä olikin tulosten mukaan paljon hyötyä myös perinteisemmillä työmailla.

Näiden hyötyjen taustalla on se, että helpon ja yhtenäisen tuotannonohjausalustan avulla edistetään suunnittelun tekemistä siten, että suunnittelu- ja seurantatiedot kerääntyvät yhteen paikkaan. Tällöin eri osapuolilla on parempi tilanteen kokonaiskuva, jonka perusteella suunnittelua ja ohjausta tehdään. Samalla edistetään tiedon ajantasaisuutta, minkä avulla tiedetään paremmin mitä työmaalla voidaan oikeasti tehdä. Järjestelmä luo siten sillan työmaan edistymisestä ja suunnitelmista eri toimijoiden ja työnjohdon välille. Tämän seurauksena on, että suunnittelua pystytään tekemään tarkemmin, lisäten tuotannon suunnitelmanmukaista toteutumista, samalla lyhentäen tuotannosuunnitteluun sekä ohjaukseen kuluvaa ajankäyttöä.

**Taulukko 3. Hyötyjä digitaalisesta tuotannonohjaustyökalusta.**

Hyödyt	Vaikutus
Tiedot kerääntyvät yhteen paikkaan	Tieto välittyy kaikille toimijoille. Tiedon etsimiseen kuluu vähemmän aikaa. Tieto on helpommin käsiteltävissä. Tiedot jäävät muistiin.
Yhteistoiminnallisuuden parantuminen	Yhtenäistää suunnittelua. Edistää tekijöiden sitoutumista suunnitelmiin. Saadaan huomioitua toimijoiden erityisosaaminen.
Selkeämpi kokonaiskuva tilanteesta	Tiedetään mitä voidaan tehdä, missä, miten ja milloin. Suunnitelmissa vähemmän ristiriitaisuuksia. Rakennusvaiheiden parempi ennustettavuus.
Suunnittelun helpottuminen	Suunnittelua tehdään enemmän. Suunnitteluun kuluu vähemmän aikaa. Suunnitelmat ovat laadukkaampia.
Suunnitelmien yhdistämisen suoraviivaistuminen	Pysytään paremmin perillä kokonaiskuvasta. Kokonaiskuvan muodostamiseen kuluu vähemmän aikaa.
Resurssien kohdistuksen helpottuminen	Tiedetään miten kuorma on jakautunut työntekijöille ja missä heitä tarvitaan. Resurssija pystytään uudelleen kohdistamaan sulavammin lennosta.
Suunnitelmien parempi hyödyntäminen	Selkämät vastualueet, tehtävien tavoitteet sekä toimintaympäristö.
Suunnitelmien muokkauksen helpottuminen	Suunnitelmat vastaavat paremmin todellisuutta. Muutokset tulee merkittyä myös pienempien tehtäväkokonaisuuksien kohdalla.
Seurannan tehostuminen	Tiedon parempi ajantasaisuus. Tiedetään, miten tilanne vastaa suunniteltua. Tiedetään mitä voidaan tehdä seuraavaksi. Pystytään reagoimaan ongelmiin.
Tuottavammat palaverit	Selkeämpi suunnitelmien ja tilanteen läpikäynti.
Suunnitelmatiedon tallentuminen	Ei tarvitse rakentaa suunnitelmia täysin alusta samankaltaisissa rakennuksissa. Suunnitelmia pystytään vertaamaan edellisiin toteutuksiin.
Suunnittelukäytäntöjen yhtenäistyminen	Selkeä käytössä oleva alusta pakottaa tekemään yhtenäistä suunnittelea ja seuranta.

Mitä nämä tulokset sitten merkitsevät suurimmaksi osaksi Fluent Constructionia käyttämättömän työnjohdon näkökulmasta? Kyselyn tulosten perusteella tuotannonohjauksessa esiintyy kohtuullisesti näitä esille tuotuja ongelmia, joita voitaisiin helpottaa järjestelmällä. Kyselyvastausten yleisilme oli kuitenkin selvästi positiivisempi kuin mitä haastatteluissa oli havaittu. Tässä oli kuitenkin selvä kahtiajako työnjohtajien sekä vastaavien työnjohtajien ja työmaainsinöörien välillä. Vastauksissa näkyi se, että mitä laajempaa



aikataulusuunnittelua tehdään, sitä monimutkaisempaa ja siten ongelmallisempaa suunnittelu on. Nykyaikaisten digitaalisten työvälineiden hyödyllisyys kasvoi myös suunnitelmien laajuuden mukana. Niiden koettiin myös edistävän tiedonjakoa, suunnitelmien läpikäyntiä sekä seurannan tekemistä. Kyselyn tulokset tukevat siten haastatteluista saatuja tuloksia siitä, että järjestelmän hyödyt korostuvat työmaan kokonaisuuden hallinnassa. Järjestelmän avulla saadaan siten koottua nämä monet liikkuvat osat paremmin yhteen, jolloin niitä pystytään myös johtamaan tehokkaammin.

Kyselytuloksissa oli kuitenkin havaittavissa myös selviä ristiriitoja haastatteluista saatujen tulosten kannalta. Esimerkiksi työmaiden tilannekuvasta oli vastaajien mukaan helppo säilyttää reaaliaikainen tilannekuva eikä tiedonjaossa ollut ongelmia. Haastatteluissa käytännössä kaikilla oli kuitenkin jonkin asteisia ongelmia reaaliaikaisen tilannekuvan muodostamisessa. Tämä viittaisi siihen, että työmailla on totuttu toimimaan perinteisen toimintamallin mukaisesti, eikä siihen siten osata kaivata muutosta. Sama tilanne oli tehtävien aloituksen edellytysten kohdalla. Kyselyvastaajien mukaan edellytykset huomioitiin riittävällä tarkkuudella, vaikka haastatteluissa niiden määrittely ja varmistaminen oli selvästi vajavaista ja vaihtelevaa. Työmailla ei ole siten ehkä myöskään käsitystä siitä, mikä merkitys edellytysten varmistuksella on tehtävien suunnitelmanmukaisen toteutumisen kannalta.

Suunnittelun tarkkuuden osalta kolmas osa kyselyyn vastanneista kertoi, etteivät viikkosuunnitelmat toteudu läheskään aina suunnitelmien mukaisesti. Viikkosuunnitelmien toteutumisessa on siten myös kyselytulosten mukaan tasaisesti ongelmia. Toteutuksen aikana tulee myös heidän mukaansa kohtuullisen usein vastaan suunnittele mattomia tehtäviä. Tämä tukee puolestaan kirjallisuuden sekä haastatteluista saatujen tulosten kertomaa siitä, että suunnittelua tehdään karkealla tasolla ja tilanteisiin reagoidaan niiden ilmetessä. Näiden ongelmien lisäksi tehtävissä ilmeneviä keskeytyksiä ei juurikaan merkitty vastausten perusteella aikataulusuunnitelmiin, eikä viikkotason suunnitelmien toteumat peilautuneet yleisaikatauluun. Viikkosuunnitelmat ovat siten lähinnä työnjohtajien ja työntekijöiden suuntaviivoja, jotka eivät linkity systemaattisesti ylemmän asteen suunnitelmiin.

Parinteisiä menetelmiä, kuten ruutupaperia, korostettiin työnjohtajien viikkosuunnittelussa. Selkeät ja rajatut työvaiheet on siten helppo hahmotella paperille, mutta niistä on hankalampi muodostaa kokonaiskuvaa ylemmällä tasolla. Tarvittavat tiedot ovat vastaajien mukaan myös usein vain vastuhenkilöillä, jolloin heidän poissaollessaan ei tietoa ole aina saatavilla. Tällöin olisi hyvä, että ainakin osa tarvittavasta tiedosta olisi tallessa yhteisessä järjestelmässä. Perinteisten menetelmien käytöstä huolimatta lähes kaikki

vastanneet kokivat kuitenkin hallitsevansa tietokoneiden ja älylaitteiden käytön kohtuullisen hyvin. Työmailla ei siten pitäisi olla ongelmia teknologisen osaamisen kannalta. Tällöin ei helpokäyttöisen järjestelmän käyttöönotossakaan pitäisi olla tältä osin erityisiä ongelmia.

Ajankäytöllisesti viikoittaiseen suunnitteluun käytetään kyselyvastausten perusteella noin kymmenen tuntia. Vastaukset kuitenkin vaihtelivat voimakkaasti osan tehdessä suunnittelua vain muutaman tunnin toisten tehdessä lähemmäs kahtakymmentä. Tästä suunnitteluajasta kuluu työmaan tilanteen selvitykseen viikossa keskimäärin noin puolet eli viiden tunnin verran. Tämä vastaa myös haastateltujen mainintoja ajankulusta tilannekuvan päivittämisessä. Tämän päälle tulevat myös aliurakoitsijoiden tehtävät, joita käsitteellään pari tuntia ja muut epäselvyydet, joihin kuluu myös vaihtelevasti toiset pari tuntia viikossa. Suuri osa suunnitteluajasta kuluu siten tiedon keräämisen ja epäselvyyksien selvittelyyn. Tällöin myös nämä kyselytutkimuksen tulokset tukevat yhtenäisen tuotannonohjausjärjestelmän merkitystä rakennustyömaiden tuotannonohjauksen tehostamisessa.

## 7.2 Tulosten pohdinta

Tulosten yhteenvedosta nähdään, että Fluentin järjestelmästä oli hyötyä monessa eri tuotannonohjauksen osa-alueessa. Siitä nähdään myös, että nämä ratkaistavat ongelmat ovat yleisiä työmailla. Tällöin voidaan olettaa, etteivät havaitut hyödyt ole ainakaan täysin tilannekohtaisia. Tuloksista voidaan siten muodostaa karkeasti yleistettävä malli vastaavien yhtenäisten digitaalisen tuotannonohjausjärjestelmien tuottamista hyödyistä talotyömailla. Tämä puolestaan tarkoittaa, että työssä on saatu vastattua sen päätutkimuskysymykseen siitä, minkälaisia hyötyjä digitaalisella lyhyenaikavälin tuotannonohjauksella voidaan saavuttaa. Tässä on kuitenkin tarpeellista tehdä se korjaus, että tutkimuksessa vastattiin kysymykseen tämänhetkisten rakentamisen toimintamallien sekä teknologian kontekstissa. Tutkimuksessa ei siten ole yritetty määritellä niitä kaikkia eri osa-alueita ja hyötyjä, joita voitaisiin teoriassa saavuttaa ideaalilla järjestelmällä.

Näiden tämänhetkisten hyötyjen selvittämiseksi tutkimuksen päätutkimuskysymys jaettiin alakysymyksiksi tuotannosuunnittelun tarkkuudesta, tiedonhallinnasta sekä ajankäytöstä tuotannosuunnittelussa. Nämä alakysymykset nousivat esille järjestelmän käyttötarkoituksen perusteella. Tutkimuksessa selvitettiin siten, miten nämä järjestelmän tavoitteelliset hyödyt ilmenevät käytännössä. Tuloksista nähdään, että näitä suunniteltuja hyötyjä on myös havaittu työmailla. Käytännön toimintamallit eivät kuitenkaan vastan-

neet järjestelmän taustalla olevaan ideaalista asetelmaa tuotannonohjauksen prosesseista. Tällöin järjestelmän tuottamissa lopullisissa hyödyissä oli paljon vaihtelua eri työmailla ja tilanteissa. Tästä monimuotoisuudesta saatiin kuitenkin nostettua esille selkeitä yhtenevyyksiä sekä vuorovaikutussuhteita, joiden perusteella pystytään muodostamaan käsitys järjestelmän hyödyistä eri tilanteissa. Tällöin myös asetetut alakysymykset ovat olleet toimivia tutkimuksen päätutkimuskysymykseen vastaamisessa.

Ennen näiden hyötyjen selvittämistä työn taustalla oli kuitenkin kysymys siitä, miten järjestelmästä olisi hyötyä rakentamisen tuottavuuden parantamisessa sekä kustannussäästöjen muodostamisessa. Näihin kysymyksiin vastaaminen vaati kuitenkin sen, että ensin tiedetään nämä tämän tutkimuksen päätutkimuskysymyksen mukaiset laadulliset hyödyt. Näiden laadullisten hyötyjen merkitystä on kuitenkin hankala hahmottaa, ellei ole itse ollut toiminnassa mukana työmailla. Tästä syystä tutkimukseen lisättiin alatutkimuskysymykseksi tämä alkuperäinen mielenkiinnon kohde järjestelmän tuottamien hyötyjen vaikutuksista rakentamisen tuottavuuteen ja kustannuksiin. Näiden vaikutusten arviointi ei kuitenkaan ollut yksinkertaista johtuen rakennushankkeiden, havaittujen hyötyjen sekä havaittujen hyötyjen tilannekohtaisen merkityksen suuresta vaihtelevuudesta. Tästä syystä saadut tulokset jäivät tämän tutkimuksen osalta lähinnä suuntaa antaviksi. Ne osoittavat kuitenkin sitä kustannusvaikutusten kokoluokkaa, joihin tutkitulla järjestelmällä voidaan vaikuttaa.

### **7.2.1 Vaikutuksia tuotannonohjauksen tarkentumiseen**

Tutkimuksen ensimmäisenä alakysymyksenä oli järjestelmän vaikutukset tuotannosuunnittelun tarkkuuteen. Tämän tausta ideana oli, että järjestelmää käytettäessä suunnittelua tehtäisiin tarkemmalla tasolla kuin perinteisesti, mistä seuraisi, että rakennustehtävät toteutuisivat todennäköisemmin suunnitelmien mukaisesti. Tästä pystyttiin kirjallisuuskatsauksen perusteella muodostamaan ensimmäinen hypoteesi siitä, että mikäli tuotannosuunnittelu olisi tarkempaa, se edistäisi tehtävien suunnitelmanmukaista toteutumista (Ballard & Howell 1998; Koskela 2000; Lindhard et al. 2019).

Ensin oli kuitenkin selvitettävä, oliko järjestelmällä tehtävä suunnittelu sen tarkempaa, kuin ennen. Haastatteluiden perusteella järjestelmä yksinkertaisti ja helpotti suunnittelu-prosessia, jolloin sitä myös tehtiin tarkemmalla tasolla. Tässä korostui se, että suunnittelua tehtiin yhtenäisesti samaan järjestelmään, jolloin pystyttiin tarkemmin kartalla työmaasta kokonaisuutena. Järjestelmään oli myös helppo lisätä ja muokata pienempiä työvaiheita, jolloin suunnitelmista kävi tarkemmin ilmi, mitä työtehtävissä oikeasti tapahtui. Samalla tarkemman seurannan avulla tiedettiin, mitä pystytään seuraavaksi tekemään,

jolloin seuraavien viikkojen toimintaa pystyttiin suunnittelemaan tarkempien lähtötietojen pohjalta. Suunnittelun helpottuessa tätä hieman pidemmän aikavälin suunnittelua tuli myös tehtyä useammin.

Nämä tulokset tukevat siten kirjallisuuden perusteella muodostetun hypoteesin väittämää tarkemman suunnittelun vaikutuksista tehtävien suunnitelman mukaisesti toteutumisesta. Samalla järjestelmä muodosti selkeän ajantasaisen kokonaiskuvan, jonka perusteella systemaattista viikkosuunnittelua pystyttiin tekemään. Tämän merkitystä korostivat Koskela & Koskenvesa (2003) kertoen, ettei perinteisessä suunnittelumallissa ole ollut mahdollisuutta tämän systemaattisen viikkosuunnittelun tekemiselle. Tämä viikkosuunnittelu on kuitenkin jäänyt Dave et al. (2015) mukaan erilliseksi kokonaisuudeksi, eikä se yhdistynyt ylemmän tason suunnitelmiin. Vastaavaa oli havaittavissa myös näiden tulosten pohjalta, suunnittelun jakautuessa osalla työmaista tavoitteellisiin vaiheikatauluihin sekä operationaalisiin viikkosuunnitelmiin. Järjestelmän avulla pystyttiin kuitenkin yhdistämään nämä suunnittelutasot paremmin toisiinsa. Tämän avulla suunnittelua saatiin tehtyä paremmilla lähtötiedoilla, vähentäen tarvetta karkeiden oletusten tekemiselle.

Nämä saadut tulokset eivät kuitenkaan olleet yksimielisiä. Suurimmaksi ongelmaksi nousi työmaan toimintamallien ja järjestelmän käytön ristiriidat. Tämä näkyi seurannan ja viikkosuunnitelmien tekemisessä. Tietoa päivitettiin kerran viikossa ja suunnittelua tehtiin vaihtelevasti. Tehtävien toteutumisprosentin seuranta ei myöskään ollut systemaattista, eikä poikkeamia juurikaan merkitty järjestelmään. Nämä ongelmat viikkosuunnitelmien tekemisessä nousivat esille myös muun muassa Ahosteen (2020) tutkimuksessa, jossa hän argumentoi, ettei työmailla tehtävä viikkosuunnittelu ohjannut oikeastaan, vaan ne toimivat lähinnä muistilistoina niistä tehtävistä, joita pitäisi suorittaa. Tämän taustalla on puolestaan ymmärryksen ja osaamisen puutetta sekä osittain niiden pohjalta kumpuavaa muutosvastarintaa, joiden merkitystä on korostettu myös kirjallisuudessa (e.g. Fernandez-Solis et al. 2013). Haastateltujen mukaan järjestelmän käytön koettiin kuitenkin edistävän jossain määrin tämän kulttuurimuutoksen tekemistä kohti yhtenäisempää ja systemaattista tuotannonohjausprosessia. Tällöin voidaan pitää todennäköisenä, että kokemuksen karttuessa työnjohto ja urakoitsijat saadaan paremmin sitoutettua tämän yhteisen järjestelmän käyttämiseen ja ajantasaiseen päivittämiseen. Samalla paremman tilannekuvan avulla pystytään myös edistämään näiden yhteisten suunnitelmien noudattamista.

Tällä hetkellä ja näistä käytännön ongelmista huolimatta järjestelmästä oli erityistä hyötyä tehtävien yhteensovituksessa, resurssien kohdistuksessa sekä päällekkäisyyksien

hahmottamisessa. Tämän kokonaiskuvan selkeytymisen avulla tiedettiin paremmin missä mennään sekä mitä tehdään seuraavaksi. Tämä voitiin myös viedä yksittäisten työntekijöiden tasolle, jolloin pystyttiin varaamaan tarvittava määrä tekijöitä niille tehtäville, joita pystyttiin oikeasti edellisten toteumien perusteella suorittamaan suunnitellusti. Mahdollisia ongelmia, kuten työntekijöiden päällekkäistä suunnittelua pystyttiin myös enakoimaan paremmin järjestelmän luoman kokonaiskuvan avulla. Rakennustyömailla tapahtuu kuitenkin paljon keskeytyksiä, eikä järjestelmästä havaittu olevan vielä erityistä hyötyä keskeytysten määrän vähentämisessä. Tässä oli taustalla tehtävien edellytysten määrityksen suuri merkitys, mitä järjestelmä ei vielä juurikaan edistänyt. Näiden keskeytysten merkinnässä ja niihin reagoinnissa oli myös osaltaan puutteita, jolloin myös alustan merkitys jäi vähäiseksi. Haastateltavat olivat kuitenkin lähes yhtä mieltä, että järjestelmästä oli hyötyä ongelmiin reagoinnissa, kun tehtyjä suunnitelmia pystyttiin muokkaamaan helposti yhteisten päätösten perusteella.

Työmaiden tuotannonohjaus tapahtui kuitenkin suurimmilta osin vaiheikataulutasolta, jolloin järjestelmä jäi osittain sivuun toiminnan tukemisesta. Se mahdollisti kuitenkin tiedon tehokkaamman keräämisen, jolloin edistymistä saatiin päivitettyä myös fyysisisiin vaiheikatauluihin. Tämän merkitystä tukevat Ahosteen (2020) havainnot siitä, että tehtävien viivästyessä myös vaiheikataulun tilannekuva jäi jälkeen todellisuudesta, jolloin ei pystytä enää tarkasti tietämään, milloin mitkään työt pystytään aloittamaan. Tällöin tarkemman seurannan avulla pystytään välttämään näitä vanhentuneiden aikataulujen aiheuttamia ongelmia. Tämä toiminnan epätasaisuus johti tulosten mukaan kuitenkin siihen, ettei järjestelmän käytöllä ollut vielä vaikutuksia tarvittavien aikapuskureiden määrään. Sen arvioitiin kuitenkin pidemmän päälle tasaavan rakennusvaiheiden kestoja, jolloin myös rakennusten luovutukset saadaan todennäköisemmin tehtyä suunnitelluissa ajankohdissa.

Järjestelmän käyttöönoton osalta siinä oli oma kynnyksensä näiden mainittujen hyötyjen irti saamiseksi. Tuotannosuunnittelun tarkkuuden kohdalla piti työmailla yhteisesti sopia sen hyödyntämisestä sekä käytön kouluttamisesta. Tällöin toiminnan tarkentuminen riippui siitä, millä käyttöasteella järjestelmään lähdettiin käyttämään ja miten tekijät saatiin sitoutettua tämän yhteisen järjestelmän käyttämisen. Tulosten perusteella järjestelmä koettiin kuitenkin helppokäyttöiseksi ja selkeäksi, jolloin se myös sisäistettiin nopeasti. Tässä ei havaittukaan erityisiä ongelmia koulutuksen tai teknisenosaamisen suhteen. Järjestelmässä on siten onnistuttu muun muassa Omar & Nehdi (2016) esille nostamien käyttöönoton ongelmien minimoinnissa.

## 7.2.2 Vaikutuksia tiedonhallintaan

Tutkimuksen toisena alakysymyksenä oli digitaalisen tuotannonohjauksen vaikutukset työmaiden tiedon jakamiseen sekä tilannekuvan ylläpitämiseen. Tästä pystyttiin kirjallisuuskatsauksen perusteella muodostamaan hypoteesi, että yhtenäinen ja ajantasainen tuotannonohjausnäkyminen ehkäisisi epäselvyyksien syntymistä sekä vähentäisivät niiden haitallisia vaikutuksia (Chen & Kamara 2011; Dave et al. 2014; Kärkkäinen et al. 2019). Tuloksista nähtiinkin, että Fluentin järjestelmän avulla työnjohto pysyi paremmin yhteisymmärryksestä työmaan tapahtumista ja suunnitelmista. Tämä johtui siitä, että työmaan tiedot kerääntyivät yhteen paikkaan ja helposti hyödynnettävään muotoon. Tämä helpotti puolestaan kokonaisuuden hahmottamista ja siten yhteisen tilannekuvan ylläpitämistä. Haastateltujen mukaan tässä korostui järjestelmän visuaalisesti selkeät näkymät, joista näki nopeasti, mistä oli kyse. Nämä tulokset vastasivat myös kirjallisuuden havaintoja visualisoinnin tärkeydestä tiedon hyödyntämisessä (e.g. Ballard & Tommelein 2016 & Tezel & Aziz 2017). Samalla vähennetään riskiä, että jotain jää ymmärtämättä tiedon ylikuormituksen takia (Eppler & Mengis 2004).

Tämän tilannekuvan merkityksen hahmottamisessa oli kuitenkin ongelmana se, ettei työmailla ollut selkeää määritelmää sille, mikä riittävä tilannekuva on. Tämä tietotarve riippuikin vielä työmaakohtaisesta suunnittelun ja seurannan toimintamallista. Tämä tukee Kärkkäinen et al. (2019) huomioita siitä, ettei työmaan työnvirtaustiedolle ole vielä ollut selkeää määritelmää tai jaottelua. Työmailla ei myöskään ole ollut systemaattista tapaa suunnittelun ja todellisen tilanteen vertailulle. Fluent Construction ehkäisi kuitenkin tätä ongelmallisuutta sillä, että sen avulla pystyttiin ylipäättään muodostamaan riittävän tasainen tilannekuva tästä muuten hajanaisesta työmaadatasta. Tämä olikin Chen & Kamara (2011) sekä Kärkkäinen et al. (2019) mukaan ollut ongelmana, kun hitaan tiedon keräämisen takia on tilannekuva pystytty päivittämään parhaillaankin vain viikon välein.

Tähän tilannekuvan tarkkuuteen vaikutti kuitenkin mainitut ongelmat työmaan käytännöistä, jotka rajoittivat tiedon ajantasaisuutta. Useat haastatellut olivat kuitenkin sitä mieltä, että järjestelmästä oli suuri apu jo pelkästään siinä, että kerääntyvä tieto on helposti saatavilla, visuaalisesti selkeässä muodossa ja helposti käsiteltävissä. Tämän merkitys tukevatkin Ahosteen (2020) havainnot siitä, että aikataulutuksen teknisen toimivuuden sijaan suurempi merkitys olisi siellä, että tilannekuva saadaan tuotua ymmärrettävään muotoon. Tältä osin järjestelmässä oli kuitenkin myös ongelmansa. Suunnitelmien monimutkaistuuessa voi näkyä kertyä useitakin kymmeniä tehtäväjanoja samanaikaisesti. Tällöin ei näkymistä ymmärtänyt nopealla vilkaisulla paljoakaan. Nämä voitiin kuitenkin jakaa pienemmiksi vastuualueiksi, jolloin tehtävien osoittaminen ja arvioiminen

selkeytyi jonkin verran. Yksi haastateltu korostikin, että sama tilanne on ollut Exceleissä, joissa tiedon käsittely oli vielä merkittävästi hankalampaa. Järjestelmässä on siten puolensa, mutta ei se silti kaikki näitä ongelmia pysty poistamaan.

Tiedon liikkumisen osalta järjestelmästä oli siinä hyötyä, että työmaan eri toimijat käyttivät samaa alustaa toiminnassaan. Tällöin saatiin vähennettyä näitä kirjallisuudessa esitettyjä ongelmia tiedon pirstaleisuudesta ja puutteellisuudesta (Hari et al. 2004; Soibelman et al. 2008; Carrillo et al. 2013; Dave et al. 2014). Samalla tarkemman viikkosuunnittelun johdosta myös pienemmät ja ennakoimattomat työvaiheet tulivat paremmin vastaavien työnjohtajien ja työmaainsinöörien tietoisuuteen. Vastaavasti tehdyt suunnitelmamuutokset tulivat suoraan myös muiden nähtäviksi, jolloin tilannetiedon ajantasaisuus ei jäänyt erillisten tapaamisien ja muun kommunikoinnin varaan. Tallentuva tieto vaikutti myös siihen, että tieto on saatavilla, vaikka vastuhenkilö ei olisikaan paikalla, minkä havaittiin kyselyn perusteella olevan kohtuullisen tavallista työmailla. Järjestelmä helpottaa siten muun muassa Chen & Kamara (2011) määrittelemän hitaan ja puutteellisen tiedonliikkeen aiheuttaman tuottavuuden pullonkaulan aukaisemisessa.

Tämän merkitystä korostivat myös Koskela ja Koskenvesa (2003) argumentoiden, että tehtävien toteutumisen vaihtelun takia on työmailla haastavaa pysyä kartalla siitä, missä työmaalla ollaan oikeasti menossa. Fluent Construction mahdollistaakin kohtuullisen vaihtoman tilanteen päivityksen ja seurannan, jolloin saadaan varmistettua, että työryhmät ja aliurakoitsijat pääsevät suunnitellusti työkohteisiinsa. Tämän päivittäisen seurannan merkitys korostui, kun työmaalla oli useita toistaan riippuvaisia työryhmiä samanaikaisesti. Haastateltavien mukaan järjestelmästä olikin hyötyä erityisesti aliurakoitsijoiden sekä työnjohdon välisessä kommunikaatiossa. Ilman järjestelmää yhteistyö on heidän mukaansa rajoittunut pitkälti urakkapalavereihin sekä sähköpostien lähettelyyn. Tämä hajanaisten ja synkronoimattomien menetelmien hyödyntäminen onkin ollut yksi työmaiden tiedonhallinnan suurimmista ongelmista, joka on hankaloittanut työryhmien koordinaointia (Dave et al. 2010).

Näissä järjestelmän tuottamissa hyödyissä on kuitenkin muistettava, ettei kaikkea tietoa ei pystytä tai ylipäätään kannata lisätä järjestelmään. Ylimääräisellä kirjaamisella lisätäisiin vain tiedonkirjaamiseen kuluva ajankäyttöä. Perinteinen tiimityöskentely ja vapaa kommunikointi onkin edelleen monissa tilanteissa parempi vaihtoehto, kuin erillisten huomioiden lukeminen järjestelmästä. Haastatteluissa havaittiin kuitenkin, että käytännössä jokaisella työmaalla hyödynnetään erinäköisiä tietoa tiivistäviä ja selkeyttäviä tulosteita, joita käytettiin tiedon välityksessä. Tältä osin Fluent Plannerista saatiin ulos joitain käytökelpoisia tulosteita, mutta niissä oli vielä tulosten mukaan selvästi parannettavaa.

Tämän osa-alueen kehityksellä järjestelmällä voidaankin tukea työnjohdon sekä työnjohdon ja työntekijöiden välistä kanssakäymistä. Tällöin asiat saadaan käytyä tehokkaammin läpi, vähentäen samalla mahdollisten epäselvyyksien ja vääринymmärrysten määrää. Tätä tiedon suodattamisen, luokittelun ja hyödynnettävään muotoon muokkaamisen tärkeyttä korostettiin kirjallisuudessa (Trupp et al. 2004; Carrillo et al. 2013; Lehtovaara et al. 2019). Tällöin järjestelmän tekemät puoliautomaattiset tulostanalyysit helpottavat oleellisen tiedon hyödyntämistä, kun tietoa ei erikseen tarvitse kerätä ja käsitellä manuaalisesti ja ne saadaan sellaisinaan käyttöön tarvittuihin tilanteisiin. Tällöin vähennetään myös Ballard & Tommelein (2016) mainitsemia ongelmia siitä, että tuotannonohjauksessa hyödynnetään yli viikon vanhoja tulosteita sekä yleisaikatauluja, jotka eivät välttämättä vastaa tilannetta enää kovinkaan tarkasti.

### **7.2.3 Vaikutuksia ajankäyttöön lyhyenaikavälin suunnittelussa**

Tutkimuksen kolmantena alatutkimuskysymyksenä järjestelmän hyödyistä oli sen vaikutukset työnjohdon ajankäyttöön lyhyenaikavälin tuotannosuunnittelussa. Kirjallisuuden perusteella yhtenäisen järjestelmän olisi pitänyt vähentää tuotannosuunnitteluun, tiedonjakamiseen ja tiedon kirjaamiseen kuluva ajankäyttöä (Navon & Sacks 2007; Deibert et al. 2009; Omar & Nehdi 2016). Näin myös oli tämän tutkimuksen tulosten mukaan käynyt. Vaikutukset ajankäyttöön olivat kuitenkin hyvin vaihtelevia johtuen työnjohdon tekemän suunnittelutason tarkkuuden eroista. Keskimäärin suunnittelu koettiin kuitenkin helpommaksi ja yksinkertaisemmaksi järjestelmän avulla. Ajankäytön suhteen varsinaisessa suunnittelussa tulokset olivat kuitenkin osittain ristiriitaisia, sillä järjestelmän käyttöönotto oli osalla lisännyt tehtävän suunnittelun määrää ja tarkkuutta, jolloin siihen myös kului enemmän aikaa kuin ennen. Tämä vastaisikin muun muassa Marjasalon (2011) havaintoja perinteisesti tehtävän suunnittelun vaihtelevuudesta ja niukkuudesta. Haastateltujen mukaan suunnittelu-aika saatiin kuitenkin käytettyä paremmin itse suunnittelun tekemiseen, jolloin suhteellinen ajankäyttö oli tehokkaampaa järjestelmää käytettäessä.

Suurimmat ajankäytölliset hyödyt järjestelmästä huomattiinkin olevan suunnitteluun tarvittavan tiedon hankkimisessa ja etenkin vastaavien työnjohtajien ja työmaainsinöörien tehtävissä. Pelkästään viikkosuunnittelutiedon etsimiseen saattoi kulua yhden työmaainsinöörin mukaan ennen tunnista kolmeen tuntiin. Nämä tulokset tukevat siten Soibelman et al. (2008) argumentointia siitä, että tiedot kyllä ovat olemassa, mutta ne ovat hautautuneena irrallisissa tiedostoissa ja henkilöillä. Järjestelmän avulla tästä pystyttiin leikkaamaan suuri osa pois, jolloin erillistä yhteydenpitoa tarvitaan vain puutteiden tai ongelmien kohdalla. Päivittäisessä toiminnassa järjestelmä vähensi myös tarvetta asioi-



den läpikäynnille ja kyselylle, kun suunnitelmat olivat näkyvillä yhteisessä järjestelmässä. Näiden haastatteluista saatujen tulosten merkitystä tukevat myös kyselytulokset, joista nähdään, että työmaan tilanteen selvitykseen käytettiin viikoittain noin viiden tunnin verran, minkä päälle tuli vielä vaihtelevasti toiset pari tuntia epäselvyyksien selvittelyyn. Nämä tulokset vastasivatkin muun muassa Kärkkäinen et al. (2019) argumentointia tiedon keräämiseen tarvittavan vaivannäön suuresta määrästä. Käytännön näkökulmasta tämä ei kuitenkaan ole ehkä niin suoraviivaista, sillä myös tiedon keräämisen taso oli erilainen ennen järjestelmän käyttöönottoa. Tulokset osoittavat kuitenkin, että jos tietoa tarvitaan ja käsitellään vakio määrä, on se helpommin saatavissa ja käsiteltävissä järjestelmän avulla.

Työmaan toteumien seurannan osalta järjestelmän ajalliset hyödyt korostuivat vietäessä järjestelmän tilanpäivitys mahdollisuus aliurakoitsijoiden ja työryhmien nokkamiesten tasolle. Tällöin urakkavalvojien ei tarvinnut käydä niin usein tarkistamassa tilannetta työmaalta, jolloin pystytään keskittymään itse suunnittelun tekemiseen. Samalla työnjohdolle jää paremmin aikaa muuhun, kun aliurakoitsijat tekevät omat suunnitelmansa suoraan järjestelmään. Järjestelmällä pystyttiin siten olennaisesti helpottamaan työnjohdon ja työryhmien välistä viestintää, minkä on aikaisemmissa tutkimuksissa havaittu olevan usein riittämätöntä (e.g. Dave et al. 2010).

Useilla työmailla toimintaa ei kuitenkaan saatu vietyä tälle tasolle. Tämä korostui etenkin järjestelmän mobiiliversion Fluent Go! osalta, mitä ei vielä koettu tarkoitukseen sopivaksi. Varsinaista ajankäyttöä on myös vaikea määritellä näissä mainituissa tilanteissa johtuen erilaisista työmaista ja valvottavien tehtävien määrästä. Järjestelmästä oli kuitenkin hyötyä osassa palavereista, joissa sen avulla pystyttiin leikkaamaan vaihdellen noin vartin verran suunnitelmien yhdistämisestä ja tilanteen läpikäynnistä. Keskimääräisten havaintojen perusteella joudutaan kuitenkin päättelemään, ettei seurantaan käytettävä aika juurikaan pienene tämänhetkisen järjestelmän käyttöönoton avulla. Tämä johtui ongelmista työmaiden toimintamalleissa sekä järjestelmän käytettävyydessä. Järjestelmässä nähtiin kuitenkin potentiaalia tulevaisuuden kannalta, etenkin sen mobiiliversiossa, mikäli se saadaan hiottua oikeasti toimivaan muotoon sekä sisäistettyä työmaan toimintamalleihin. Tässä tuettiin osaltaan Ballan & El-Diraby (2011) havaintoja siitä, että teknologiaa kehitetään työmaille, mutta ne eivät kuitenkaan aina vastaa työmaan todellisia tarpeita.

Koottujen havaintojen perusteella järjestelmä voi kuitenkin tuottaa muutaman tunnin viikoittaiset ajalliset säästöt työnjohtoon kuuluville henkilöille, ajallisen hyödyn kasvaessa tehtävän suunnittelun laajuuden mukana. Tulokset osoittavat kuitenkin myös sen, että

työnjohdon tekemän suunnittelun tarkkuus ja siihen kuluva aika vaihtelee hyvin voimakkaasti, jolloin suoraa yleistystä on lähes mahdotonta tehdä. Henkilölle, joka on tehnyt suunnittelua 20 tuntia viikossa, voi järjestelmä tuottaa suuretkin ajalliset hyödyt, kun taas toiselle sen ajankäytöllinen merkitys voi jäädä vain nimelliseksi. Tämä ei kuitenkaan ollut yllätys, sillä vastaavaa on havaittu myös aikaisemmin (e.g. Marjasalo 2011).

Vaihtelu korostui myös siinä, että järjestelmästä oli selvästi enemmän hyötyä laajoissa ja monimutkaisissa hankkeissa. Tällöin voidaan arvioida, että viikoittaiset ajalliset hyödyt rajautuvat keskimäärin siihen tunnin paikkeille selkeillä rakennustyömailla, kuten toistoa sisältävissä asuinkerrostalohankkeissa. Näissä järjestelmä mahdollisti kuitenkin suoraviivaisen toistuvien suunnittelukokonaisuuksien uudelleen käytön, jonka hyödyntämisestä voi olla paikoittain suurtakin hyötyä. Laajemmissa ja monimutkaisemmissa hankkeissa ajalliset hyödyt voivat tulosten mukaan olla siinä kahden ja kolmen tunnin välillä. Tehtävänjaon mukaan tämä voi luonnollisesti olla enemmänkin esimerkiksi työmaan aikatauluinsinööreillä. Näiden muutaman säästetyn tunnin lisäksi järjestelmä tehostaa muuta ajankäyttöä, kun tekeminen ei katkea erilaisten suoraan järjestelmästä löytyvien asioiden selvittelyyn.

#### **7.2.4 Vaikutuksia rakentamisen tuottavuuteen**

Järjestelmällä havaittiin olevan myönteisiä vaikutuksia työmaiden tuotannonohjaukseen ja johtamiseen. Miten tämä parantunut ohjaus sitten näkyy rakentamiseen käytettyjen panosten sekä saatujen tuotosten suhteen muutoksessa? Tulosten mukaan rakennusprosessin panoksissa pystyttiin vaikuttamaan tarvittavaan työvoimaan vähentämällä tarvetta aikataulullisten sekä resurssien koordinointiin liittyvien ongelmien aiheuttamalle ylimääräisen työvoiman ja ylityötuntien käytölle. Järjestelmän havaittiin myös vaikuttavan työnjohdon tekemän suunnittelun ja tiedonvälityksen laadun sekä niihin käytetyn ajan suhteeseen. Sen avulla saatiin siten luotua parempia aikataulusuunnitelmia lyhyemmässä ajassa. Näiden lisäksi järjestelmän havaittiin myös yhdistävän eri työvaiheiden ja osaurakoiden tekijöitä toisiinsa, jolloin se edisti osaltaan koko rakentamisen ketjun kitkattomampaa toimintaa.

Näiden tuottavuudellisten vaikutusten tarkka määrittäminen ei kuitenkaan ollut tässä tutkimuksessa mahdollista. Tämän taustalla oli rakennushankkeiden sekä sovelluksen käytön tilannekohtaisuus sekä tämän tutkimuksen rajoitteet. Pelkkien haastatteluiden ja kyselyiden avulla saadaan selvitettyä vain asiasta tietävien yksittäisiä näkemyksiä sekä suuntaa antavia arvioita eri muuttujista. Jatkuvasti muuttuvassa toimintaympäristössä näiden

arvioiden tekeminen on kuitenkin hyvin haastavaa, jolloin tarvittaisiin suuri määrä epävarmoja arvauksia, jotta päästäisiin edes kohtuullisen paikkansapitävään tilannekohtaiseen arvioon. Näiden vaikutusten tarkemman merkityksen selvitykseksi pitäisikin pystyä seuraamaan ja vertailemaan useampia hankkeita useamman tuottavuuden mittarin avulla, jotta pystyttäisiin kohdistamaan ja osoittamaan tämänkaltaisten monivaikutteisten hyötyjen vaikutuksia saavutettuun tuottavuuteen. Sama tilanne on rakentamisen kustannusten osalla. Tästä mittaamisen ongelmasta huolimatta voidaan tämän tutkimuksen tulosten sekä aikaisemman kirjallisuuden pohjalta tehdä suuntaa antavia johtopäätöksiä.

Yleisellä tasolla tehostuneen suunnittelun sekä seurannan avulla pystyttiin siirtämään tuotannonohjauksen painotusta lähemmäs viikkotasoa, jolloin saatiin tuettua esimerkiksi Last Planner -menetelmässä asetettuja tavoitteita lyhyenaikavälin tuotannonohjauksen tehostamisesta (Ballard 2000). Toimiva viikkosuunnittelu olikin avainasemassa resursien käytön ohjaamisessa ja häiriöiden poistamisessa. Fluent Construction auttoi tässä sillä, että se luo selvän kokonaiskuvan, jonka perusteella suunnittelua tehdään. Pelkän vaiheikataulun ja erinäisten palaverien perusteella on vaikea tietää, mitä työmaalla pystytään oikeasti tekemään. Tällöin on erityisen hyödyllistä, että yhdessä tehdyn vaiheikataulun perusteella on tehty valmistelevaa suunnittelua ja siten määritetty raamit sekä edellytykset tehtävien viikkotason toteutukselle. Näiden parannusten avulla pystyttiin tulosten perusteella vähentämään tuotannonaikaisia poikkeamia. Tämän avulla pystytään puolestaan haastateltujen sekä muun muassa Wambeke et al. (2011) aikaisempien havaintojen perusteella lisäämään kokonaisten tehtäväketjujen ennustettavuutta. Tällöin saadaan vähennettyä ylimääräistä työtä ja odottelua, jolloin myös rakentamisen kesto ja kustannukset pienentyvät (Ballard & Howell 1998; Koskela 2000; Lindhard et al. 2019).

Tässä toiminnan tehostumisessa vaikutti kuitenkin merkittävästi rakennushankkeiden monimutkaisuus. Monimutkaisemmissa ja laajemmissa hankkeissa oli haastateltujen perusteella enemmän töitä tehtävien suunnittelussa ja resurssien koordinoinnissa, vastaten Luo et al. (2017) havaintoihin työmaatiedon kompleksisuuden vaikutuksesta projektien onnistumiseen. Toiminta helpottuikin haastateltujen mukaan merkittävästi, kun on käytössä yhtenäinen järjestelmän, johon työmaatietoa kerätään. Muuten on lähes mahdotonta muodostaa järkevää ja ajantasaista kokonaiskuvaa suunnitelmien ja todellisuuden yhtenevyydestä. Samalla tämän hajanaisen tiedon keräämiseen kuluu vielä enemmän aikaa. Tällöin järjestelmää käytettäessä työnjohdolta vapautuu aikaa tarkemman suunnittelun tekemiseen tai tuotannonohjaukseen.

Varsinaisen työn tuottavuuden sekä tehtävien keskeytysten ja häiriöiden osalta järjestelmän merkitys jäi kuitenkin vielä vaihtelevaksi. Järjestelmän hyötynä oli se, että sen avulla

pystyttiin ehkäisemään mestojen ruuhkautumista sekä työntekijöiden päällekkäistä suunnittelua. Samalla ehkäistiin tilanteita, joissa kesken viikon ilmenee muita suunnittemattomia työvaiheita, jotka voisivat häiritä suunniteltujen tehtävien suorittamista. Se ei kuitenkaan vielä vaikuttanut työryhmätason toimintaan, eikä se edistänyt tehtävien edellytysten määrittämistä tai varmistamista. Tästä puolestaan johtui, ettei sen havaittu vaikuttavan merkittävästi tapahtuvien tehtävien keskeytymisien määriin. Järjestelmällä ei siten vielä pystytty vaikuttamaan Ballard (2000) sekä Koskela (2004) korostamaan making-do hukkaan. Tarkemman seurannan avulla näihin ongelmiin pystyttään kuitenkin haastattelujen mukaan reagoimaan nopeammin, jolloin niiden haitallisia vaikutuksia saadaan rajattua varhaisemmassa vaiheessa, kuin ennen. Samalla poikkeamat pystytään myös huomioimaan seuraavien tehtävien suunnittelussa, ehkäisten tehtäväketjuissa kumuloituvaa tuotannon häiriintymistä. Tämän merkitystä korostivatkin Koskela et al. (2013) argumentoimalla, että poistamalla näitä varhaisia ongelmia pystytään vaikuttamaan näiden monihaaraisten ongelmien ketjureaktioiden syntymistä.

Fluent Plannerin avulla tiedot myös jäävät tehtäväkohtaisesti talteen, jolloin niitä voidaan hyödyntää myös jatkossa. Tämän merkitystä tukevat monet edelliset tutkimukset, joissa on havaittu, ettei työmailla saada selvitettyä ongelmien taustasyitä tai ne jäivät vain muuttaman työnjohtajan muistiin (Fernandez & Sune 2009; Mossman 2009; Hamzeh et al. 2011; Lagos et al. 2016). Järjestelmässä olikin potentiaalia näiden ongelmien tehtäväkohtaisessa merkitsemisessä ja kommentoinnissa. Tällöin niiden juurisyitä voitaisiin myös analysoida kiireen helpottaessa, eikä tarvitsisi luottaa tuuriin kestävän ratkaisun löytämisessä (Love et al. 2000; Mossman 2009). Samalla pystyttäisiin vertailemaan eri hankkeissa tehtyjä havaintoja toisiinsa, jolloin pystyttäisiin lisäämään organisaation oppimista (Park et al. 2005). Tulosten perusteella tätä ongelmien merkitsemistä ei kuitenkaan juurikaan tehty, vaikka siihen oli mahdollisuus järjestelmässä. Osaltaan tässä oli taustalla rinnakkaiset aikaisemmat järjestelmät, joihin ongelmia jossain määrin merkittiin. Tämän tutkimuksen puitteissa ei vielä kuitenkaan saatu selvitettyä sitä, miten aikataulullinen tehtävien seuranta ja ongelmien taustasyiden tarkastelu saataisiin yhdistettyä käytännössä järkeväksi toiminnaksi.

Kokonaisuudessaan saadut tulokset osoittavat kuitenkin, että yhtenäisen digitaalisen tuotannonohjausjärjestelmän hyödyntämisellä saadaan edistettyä Sacks (2016) määrittelemää rakentamisen hyvää virtausta. Näistä tämän tutkimuksen perusteella merkittävimpinä hyötyinä ovat työn virtauksen luotettavuuden parantuminen sekä käytettyjen työryhmien sekä keskeneräisten työalueiden määrän yhtenäistyminen. Tällöin saadaan

tehokkaammin hallittua resurssien käyttöä sekä rajattua rakentamiseen tarvittavan aikataulun pituutta. Järjestelmän vaikutukset rajautuivat kuitenkin osittain tehtävien ja resurssien koordinointiin, työryhmätason toiminnan vaikutusten jäädessä vielä vähäisiksi. Tällöin sillä ei saada vielä korjattua näitä rakentamisen perusongelmia, kuten puutteellisilla edellytyksillä työskentelyä ja niistä seuraavia viivästyksiä ja keskeytyksiä (Ballard & Howell 1998; Koskela 2000).

Toisaalta, koska tehtävien toteutumisen vaihtelu on työmailla vielä kohtalaisen suurta, on tuotannon aikatauluttaminenkin ongelmallista. Tällöin Fluent Plannerin yhtenäiset ja ketterät lyhyenaikavälin tuotannonohjausnäkyvät ovat edukseen tämän reaktiivisen toiminnan kasassa pitämisessä. Tehtävien edellytysten tarkemmalla määrittelyllä ja varmistamisella voitaisiinkin vähentää näitä virtauksen ongelmia, jolloin ei välttämättä olisi yhtä suurta tarvetta tehdä tätä jatkuvaa seuranta- ja reaktiivista suunnitelmien päivittämistä. Tällä hetkellä työmaiden johtaminen on kuitenkin hyvin pitkälti reaktiivista ongelmien ratkomista tämän tutkimuksen tulosten sekä kirjallisuuden perusteella (e.g. Styhre 2006; Marjasalo 2011; Fernandez-Solis et al. 2013; Naoum 2016). Tällöin voidaan kohtuullisen luotettavasti sanoa, että järjestelmästä on paljon apua nykyisten työmaiden johtamisessa.

### **7.2.5 Vaikutuksia rakentamisen kustannuksiin**

Järjestelmän tuottamat hyödyt vaikuttivat monilta osin rakennushankkeiden tuotannon suorittamiseen. Nämä vaikutukset ilmenivät tutkimuksen tulosten sekä kirjallisuuden mukaan resurssien käytön tehostumisena, kokonaistuottavuuden parantumisena sekä rakennusaikojen lyhentymisenä. Tutkimuksessa ei kuitenkaan vielä pystytty osoittamaan selviä kustannushyötyjä sillä Fluent Constructionia ei vielä saatu hyödynnettyä tarkoituksenmukaisesti työmailla. Haastatellut kuitenkin arvioivat näiden hyötyjen tulevan paremmin esille sitä mukaa, kun järjestelmä juurtuu sisään tuotannonohjausprosesseihin. Merkittävimpinä kustannushyötyjen lähteinä olivat kirjallisuuden ja tulosten perusteella alhaisemmat työkustannukset (e.g. Hanna et al. 2008; Koskenvesa et al. 2010) sekä aikatauluun sidotut sopimusperusteiset kustannukset (Lahdenperä & Koppinen 2003). Näiden lisäksi rakennusaikojen lyhentymisellä on vaikutuksia työmaan aikasidonnaisiin käyttö- ja yhteiskustannuksiin.

Työkustannusten kohdalla järjestelmä vaikutti siihen, että tiedettiin paremmin, mitä tehtäviä pystytään milloinkin tekemään ja mitä resursseja näiden tehtävien suorittamiseen on käytettävissä. Tällöin työryhmät ja aliurakoitsijat pääsevät tekemään työsuoritteitaan suunnittelulla hetkellä, eivätkä tehtävät veny turhaan suunnittelemattomien tehtävien tai

ruuhkautumisen takia. Yhdessä tehtävän suunnittelun avulla saatiin myös tehtyä realistisempia arvioita töiden kestoista, jolloin pysyttiin paremmin kartalla siitä, kuinka paljon resursseja ja aikaa tehtävien suorittamiseen on tarpeellista varata. Näiden lisäksi järjestelmän edistämä tarkempi ja yhtenäisempi suunnittelun arvioitiin ehkäisevän mahdollisia virheitä ja uudelleen tekemistä, joidenka kumuloituvat kustannusvaikutukset voivat kasvaa useisiin prosenteihin projektin kokonaiskustannuksista (e.g. Chester & Hendrickson 2005).

Aikataulullisesti järjestelmän hyödyt ilmenevät siinä, kun pysytään paremmin aikataulussa, ei tule tarvetta aikataulun kirkistamiselle, eikä siten tarvita ylimääräisiä työntekijöitä ja tai ylityötunteja tilanteen korjaamiseen. Haastatellut eivät kuitenkaan osanneet vielä sanoa tämän merkitystä, sillä järjestelmän lyhyen käyttökokemuksen takia, ei vielä pystytty erottamaan toiminnan kehitystä sattuman vaikutuksesta. Järjestelmän käyttöaste vaihteli myös paljon, eikä osalla työmailla päästykään näin pitkälle sen hyödyntämisessä. Siitä havaittiin kuitenkin olevan paljon samoja hyötyjä, kuin mitä tuotannonohjauksen kehityksestä on ollut aikaisemman kirjallisuuden pohjalta ollut (kappale 6.2). Tällöin voidaan päätellä, että työmaan toimintamallien ja järjestelmän pelatessa kohtuullisesti yhteen, eivät arviot muutaman prosentin kokonaiskustannus säästöistä ole täysin hatusta vedettyjä. Tätä väittämää tukee myös esitetty kirjallisuus, joissa on korostettu näiden tuotannonohjauksen ongelmien vaikutuksia, joita pystytään nyt järjestelmän avulla ratkaisemaan.

Näiden työmaakustannusten lisäksi lyhyemmällä rakentamisen kestolla pystyttiin vaikuttamaan rakentamisen sopimusperusteisiin kannustinjärjestelyihin. Tämän merkitystä korostivat Lahdenperä & Koppinen (2003) sekä Pelin (2011, s. 106) esimerkit useiden tuhansien eurojen päivärahoista, joidenka perusteella pääurakoitsijan bonuksia tai viivästyssakkoja arvotetaan. Tällöin hallitsemattomille tuotannon viiveille alkaa nopeasti kertymään hintaa rakennuksen luovutuspäivämäärän lähestyessä. On siten hyödyllistä, että käytetään järjestelmää, jolla pystytään seuraamaan työmaan etenemistä lähes reaaliaikaisesti ja ennakoimaan tulevia ongelmia, ennen kuin ne alkavat häiritsemään tuotannon virtausta. Samalla aikataulussa pysymisellä pystytään myös vaikuttamaan esimerkiksi siihen, että saatavat maksuerät saadaan tilaajalta sovituissa ajankohdassa tai jopa aikaisemmin, jolloin voidaan osaltaan vaikuttaa työmaan rahoituskustannuksiin.

Tähän aikataulussa pysymiseen ja kustannusten muodostumiseen liittyi oleellisesti myös se, että Fluent Construction suoraviivaistaa tehtävien toteutumisprosentin TTP seuranta, jolloin projektin onnistumista pystytään arvioimaan jo varhaisessa vaiheessa (Alarcon & Garrido 2014). Samalla voidaan tukea rakennushankkeissa yleisesti käytettäviä

tuloksen arvon mukaisia S-käyrällä tehtäviä karkeita arvioita työmaiden etenemisestä. Tällöin hanke saadaan suoritettua entistä todennäköisimmin suunnitelluissa kustannus- ja aikataulutavoitteissa. Tämä on merkityksellistä, sillä vaikka osalla työmailla seurattiinkin TTP:tä, ei se tulosten perusteella ollut kuitenkaan vielä järjestelmällistä. Osalla työmaita sitä ei myöskään seurattu lainkaan. Yleinen prosessin hallitseminen on siten perin haastavaa, jos sitä ei mitata mitenkään. Tällöin voidaan tunnusluvun sekä muun kerääntyvät tilannekohtaisen tiedon paremmalla seurannalla myös vertailla työvaihteita sekä kokonaisia hankkeita toisiinsa, jolloin tiedetään mihin pitäisi pystyä ja milloin on mitäkin korjattavaa. Tällöin edistetäänkin yhtä Lean-filosofian tausta-ajatuksista eli panostamista jatkuvaan kehitykseen (Koskela 1992). Samalla toteutumisen seurannalla edistettiin myös poikkeamien merkitsemistä, jolloin niihin oli helppo palata ja osoittaa, miksi työ oli esimerkiksi vielä kesken.

Tällä hetkellä järjestelmässä ja sen käytössä oli kuitenkin vielä puutteita, eivätkä työmaan toimintamallit tukeneet sitä tarkoituksen mukaisesti. Tällöin voivat myös lopulliset laskennalliset hyödyt jäädä vielä arvioidusti pienehköiksi. Tässä tulee kuitenkin huomioida, että selvimmät ongelmat havaittiin työmailla, joissa järjestelmä oli vielä uusi työväline. Kokemuksen karttuessa järjestelmän käyttö oli jo selvästi luontevampaa. Se helpotikin työnjohdon toimintaa, jolloin se myös todennäköisesti edistää toiminnan kehitystä sekä heidän jaksamistaan työmaiden epävarmuuden ja konfliktien keskellä. Tulokset osoittivat myös varovaisia merkkejä kulttuurimuutoksen etenemisestä työmaakäytäntöjen sekä digitaalisuuden osalta. Tällöin voidaan olettaa, että järjestelmän sekä omaksuttavien tuotannonohjausmenetelmien hyödyt alkavat nousemaan paremmin esille status quo:n hiljalleen kehittyessä kohti suunnitelmallisempaa tulevaisuutta.

## **7.2.6 Edellytykset järjestelmän hyödyntämiselle**

Tutkimuksessa havaittiin, että järjestelmästä on selkeää hyötyä työmailla. Nämä saavutetut hyödyt vaihtelivat kuitenkin voimakkaasti. Tästä syystä on vielä avattava lyhyesti, mitä järjestelmän käyttö edellyttää työmailta näiden hyötyjen irti saamiseksi, tutkimuksessa tehtyjen havaintojen perusteella.

Nämä järjestelmän käytön edellytykset voidaan jakaa karkeasti kolmeen osa-alueeseen: teknologiseen kyvykkyyteen, työmaan toimintamalleihin sekä järjestelmän hallitsemiseen. Teknologian osalta järjestelmän hyödyntäminen vaatii hyvin vähän panostamista. Sovellusperheen selainversion Fluent Plannerin käyttöön riittää käytännössä mikä tahansa tietokone sekä internet yhteys. Tämän ei pitäisi olla ongelmana nykyisillä työmailla. Fluentin mobiiliversio Fluent Go! toimii puolestaan lähes kaikissa puhelimissa,

jolloin ei tältä osalta pitäisi olla ongelmia, etenkin Suomen olosuhteissa, joissa langattoman verkon rajaton käyttö on arkipäivää.

Tähän teknologiseen kyvykkyyteen liittyy oleellisesti myös käyttäjien teknologinen osaaminen ja asenteet. Tämä ei kuitenkaan ehkä ole niin merkittävä tekijä, ainakaan Suomessa, kuin mitä kirjallisuudessa on havaittu (e.g. Omar & Nehdi 2016), sillä tämän tutkimuksen tulosten perusteella rakennustyömaiden henkilöstöstä lähes kaikki kokivat hallitsevansa tietokoneiden ja älylaitteiden käytön ainakin kohtalaisen hyvin. Tässä on kuitenkin ongelmaa termien määrittelyssä, jolloin hyvä osaaminen voi tarkoittaa hyvin erilaisia asioita. Haastatteluissa kukaan ei kuitenkaan kertonut, että järjestelmän käyttäminen olisi jäänyt pois pelkän osaamisen puutteen takia. Tällöin voidaan päätellä, ettei työmailta edellytetä erityistä teknistä osaamista järjestelmän käyttämiseksi. Asenteiden osalta tulokset olivat kuitenkin vaihtelevia. Työmailta tulee siten kiinnittää erityistä huomiota mielipidevaikuttajien asenteisiin, sillä he voivat olla ratkaisevassa asemassa järjestelmän implementoinnin onnistumisessa.

Työmaan toimintamallien osalta järjestelmän käyttö vaatii myös hieman enemmän panostuksia. Tämäkin riippuu luonnollisesti lähtötilanteesta, mutta toiminnan keskiössä on, että kaikki työnjohdosta saadaan sitoutettua järjestelmän käyttämiseen. Tämä olikin selvästi ongelmallisin osa-alue haastatteluiden perusteella. Lähes jokainen haastateltu kertoi, että heillä oli ollut jonkin asteisia vaikeuksia tiedon päivittämisessä ja suunnittelussa. Osalla työmailta oli myös kieltäytytty järjestelmän käytöstä suoraan, sillä siitä koettiin olevan vain ylimääräistä vaivaa työnjohtajille. Tässä korostui myös se, että keskenhankkeen käyttöön otettaessa uusi järjestelmä koettiin osittain irralliseksi ja ylimääräiseksi osaksi tuotannonohjausprosessia. Näiden tulosten perusteella järjestelmä pitäisi saada rakennettua osaksi toimintamallia hankkeen alusta lähtien, jolloin saadaan vähennettyä näiden totuttujen toimintamallien rikkomisen vaikutuksia. Ali- ja sivu-urakoitsijoiden osalla ei haastatteluiden perusteella ollut kuitenkaan erityisiä ongelmia. Järjestelmän käyttöä ei vielä saatu veloitettua urakkasopimuksissa, mutta suuri osa otti sen käyttöön vapaasta tahdostaan.

Tästä päästääkin järjestelmän käytön oppimiseen. Haastatteluiden perusteella havaittiin, että järjestelmä oli työmaakäyttäjien mielestä selkeä ja helppokäyttöinen. Tästä huolimatta sen käytössä huomattiin selkeitä käyttäjävirheitä. Tämä johtui siitä, että suunnittelutasot monimutkaistuivat nopeasti, jolloin järjestelmää vähemmän käyttäneet työnjohtajat eivät enää löytäneet oikeaa tasoa omien tietojensa lisäämiselle. Tämän ratkaisuna oli kuitenkin, että suunnitelmia käytiin aktiivisesti yhdessä läpi muun muassa viikkopalave-



reissa, jolloin suunnitelmat saatiin korjattua. Samalla henkilöt oppivat lisää, miten järjestelmää käytetään. Tämä yhteistyössä tehtävän oppimisen merkitys korostuikin useammassa vastauksissa. Nämä vastasivat osaltaan Carillo et al. (2013) havaintoja siitä, että tehokkain oppimisen menetelmä oli suora yhteistyössä tehtävä kanssakäyminen. Tällöin työmailla olisi hyvä olla ainakin yksi tai muutama järjestelmään paremmin perehtyvä vastaava työnjohtaja ja tai työmaainsinööri, jotka tukevat alkuun muuta työnjohtoa järjestelmän käytössä. Käyttöönotto kannattaa tulosten perusteella tehdä myös vaiheittaisesti, ettei tule liikaa asiaa kerralla. Parhaiten järjestelmään pääsikin vastausten perusteella sisälle työtä tekemällä, jolloin opittiin tasaisesti ensin perusteet, minkä jälkeen pystyttiin lisäämään tarvittuja ominaisuuksia ilman suurempia ongelmia.

### **7.2.7 Tutkimuksen kontribuutio kirjallisuuteen sekä toimeksiantajalle**

Tutkimuksessa saatiin selvitettyä, mitä hyötyä yhtenäisestä tuotannonohjausjärjestelmästä oli havaittavissa työmailla. Vastaavaa tietoa oli kirjallisuudessa vain rajallisesti (e.g. Lagos et al. 2017) ja suurin osa koostuikin lähinnä ongelmien havainnoinnin yhteydessä tehdyistä kehitysideoista. Nyt saatiin siten luotua käytännön näyttöä siitä, miten tämän kaltaisella järjestelmällä saadaan käytännössä edistettyä työmaiden toimintaa ja mitä ongelmia siihen liittyy. Samalla pystyttiin arvioimaan, miten nämä hyödyt vaikuttavat rakentamisen tuottavuuteen, onnistumiseen sekä syntyviin kustannuksiin. Tältä osin tulokset jäivät kuitenkin suurimmilta osin kirjallisuuteen vertailevan pohdinnan tasolle. Tässä on kuitenkin paljon hyvää pohjatietoa jatkotutkimusten tekemiselle. Tutkimuksen tulosten avulla pystyttiin arvioimaan, miten erilaiset kirjallisuudessa esitetyt ongelmat esiintyivät työmailla. Tähän liittyvät oleellisesti esille nostetut ongelmat työmaiden toimintamalleissa sekä edellytyksissä järjestelmän hyödyntämiselle. Tällöin saatiin osaltaan vahvistettua sekä arvioitua kirjallisuudessa esitettyjen väittämien merkitystä erilaisilla työmailla ja erilaisissa käytännön tilanteissa.

Fluentin Progress Oy:n kannalta tämä tutkimus loi paljon arvokasta lisätietoa heidän tuotteidensa kehittämisen tueksi. Tämän käyttäjätiedon sekä tiivistetyn teorian avulla pystytään kiinnittämään paremmin huomiota olennaiseen, jolloin hekin tietävät, mitä kannattaa kehittää ja korjata seuraavaksi. Tällöin pystytään vähentämään näitä Dave et al. (2010) sekä Ballan & El-Diraby (2011) havaitsemia ongelmia, joiden taustalla oli käytännössä toimimattomia ja hajanaisia digitaalisia ratkaisuja. Tällöin järjestelmä saadankin paremmin vastaamaan työmaan tarpeita, jolloin siitä on entistä enemmän hyötyä jat-

kossa. Tutkimuksen aikana tehtiinkin listaustausta kehitysehdotuksista ja niiden suhteellisista merkityksistä, joidenka avulla pystytään viemään kehitystä eteenpäin tarkoituksenmukaisesti.

### 7.2.8 Tulosten luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuuden kannalta analyysiin sisältyy laadullisen tutkimuksen yleiset ongelmat havaintojen paikkansapitävyyden vaikeasta todistettavuudesta. Tällöin jouduttiin nojautumaan hyvin pitkälti pragmaattiseen ajattelumalliin. Havaintoja pidettiin tosina siinä määrin, kuin niitä pidettiin järkeenkäypinä ja toimivina. Tässä jouduttiin kuitenkin tekemään oletuksia havaintojen todellisista merkityksistä sekä tilannekohtaisuuksista. Näitä pyrittiin kuitenkin arvioimaan tarkastelemalla samoja muuttujia useammassa haastattelussa sekä vertailemalla näitä tehtyjä havaintoja kirjallisuuteen. Tällöin saatiin ainakin osittain varmennettua havaintojen ja tehtyjen johtopäätösten luotettavuutta.

Tässä vaikutti kuitenkin osaltaan se, että tutkimuksessa pyrittiin etsimään järjestelmän hyötyjä, jolloin niitä myös löydettiin. Tutkijan olikin vaikea pysyä objektiivisina tiedon keräämisen, havaintojen tekemisen sekä johtopäätösten tekemisen yhteydessä. Tämä johti esimerkiksi siihen, että haastatteluissa jouduttiin jokunen kerran palaamaan jo käsiteltyihin asioihin, jotta voitiin kysyä tarkemmin mitä asia merkitsee todellisuudessa. Taustalla oli se huomio, että ensimmäisellä kerralla tehtiin vain aikaisemman käsityksen perusteella suora havainto, että ”hyötyä on” ja menttiin eteenpäin. Tämä ei kuitenkaan tuottanut mitään lisätietoa ja osaltaan vääristikin todellista kokonaiskuvaa tilanteesta. Tämä ongelma tuli kuitenkin tiedostettua jo kohtuu varhain, teoreettisen taustan muodostuksen yhteydessä, jolloin sen vaikutuksia pystyttiin ehkäisemään tiedon jatkuvalla kriittisellä tarkastelulla.

Puolueellisuuden lisäksi tutkimustulosten analysoinnin haasteena oli se, ettei työmailta ole aikaisemmin juurikaan kerätty vastaavaa tietoa töiden etenemisestä tai ohjauksesta. Tällöin ei ollut käytettävissä selvää lähtö- tai vertailukohtaa järjestelmän vaikutuksille. Tähän vaikutti osaltaan myös teorian ja käytännön ristiriitaisuuden, joidenka takia kirjallisuuden ja tulosten analysoinnista tuli iteratiivinen prosessi. Ymmärryksen lisääntyessä pitää palata eri aihealueisiin yhä uudelleen, jotta sitä pystyi tarkastelemaan riittävän kriittisesti ja oikeasti ymmärtäen, mistä ilmiöissä on kyse.

Alalle tyypillinen tilannekohtaisuus sekä tutkittujen kohteiden suhteellinen vähäisyys johti myös siihen, ettei tuloksia pystytty varmuudella yleistämään koskemaan koko toi-

mialaan. Tätä ongelmaa lievennettiin kuitenkin kyselytutkimuksella, joilla saatiin varmennettua ilmenevien ongelmien ja siten myös kehitysmahdollisuuksien yleistettävyyttä. Tulokset vastaavakin tehtyjen havaintojen perusteella kohtuudella vastaavan toteutusmuodon ja laajuusluokan rakennushankkeita. Tämän väitettä tukee myös se, että tutkimukseen saatiin mukaan useampia henkilöitä samankaltaisista hankkeista, jolloin saatuja vastauksia pystyttiin vertailemaan toisiinsa. Tällöin pystyttiin rakentamaan kohtuullisen luotettava kokonaiskuva ilmiöstä.

Tulosten toistettavuuden eli reliabiliteetin osalta näiden laadullisten tulosten täydellinen toistaminen on mahdotonta. Tämä johtuu tutkimuksen kohteen luonnollisesta monimuotoisuudesta ja suuresta vaihtelusta. Tästä monimutkaisuudesta huolimatta saatujen tulosten paikkansa pitävyyttä arvioitiin useita kertoja tiedonkeräyksen, analysoinnin ja pohdinnan aikana. Tällöin jäljelle jääneet ja esitetyt tulokset ovat sellaisia, että ne nousisivat suurimmaksi osaksi samalla tavalla esille, mikäli tutkimus toistettaisiin samankaltaisissa hankkeissa, saman tyyppisellä otoksella sekä samoilla haastattelu- ja kyselyrungoilla.

Käytettyjen tutkimusmenetelmien ja niissä mitattujen muuttujien sopivuuden eli toisin sanoen tutkimuksen validiteetin kannalta ei tutkimuksessa havaittu ongelmia. Tutkimuksessa haluttiin selvittää mitä hyötyä yhtenäisen digitaalisen järjestelmän käytöstä oli työmailla. Tästä ei ollut kuitenkaan olemassa käytettävää seurantatietoa, jota olisi voitu analysoida, jolloin jouduttiin käyttämään täysin laadullisia menetelmiä. Tätä tietoa sai puolestaan parhaiten suoraan tietolähteiltä, joilla oli käytännön kokemusta ilmiöstä. Rakennustyömaiden työnjohto oli siten toimiva kohderyhmä käytettävien tulosten keräämiseksi. Näiden hyötyjen arvioitujen vaikutusten osalta käytetyt mittarit eivät kuitenkaan riittäneet täysin paikkansapitävien tulosten muodostamiseen. Tämä ei kuitenkaan kuulunut tämän tutkimuksen tarkoituksiin, jolloin voidaan todeta, että tutkimuksessa käytetty strategia oli onnistunut asetettuihin tutkimuskysymyksiin vastaamisessa.

Haastatteluiden osalta tulosten oikeellisuuden arvioinnissa on kuitenkin vielä huomiotava rakennusalan toimintakulttuuri ja työnjohdon ammattitaito. Haastateltavien vastaukset ovat vain henkilöiden näkemyksiä, ja ne ovat värittyneet heidän maailmankuvansa mukaisiksi. Tähän vaikuttaa luonnollisesti myös haastattelija kysymyksillä aiheuttama johdattelu, mitä pyrittiin kuitenkin aktiivisesti välttämään. Haastateltavien asenteet ovat on myös vaikuttanut siihen, ketä tutkimukseen osallistui. Nämä osallistuneet olivat siten se joukko, jotka olivat ehkä kehitysmielisempiä ja siksi myös teknologia suuntautuneempia, kuin keskimääräinen rakennustyömaiden työnjohto. Sama pätee myös kyselytutkimukseen. Kyselyyn ovat vastanneet vain ne henkilöt, joita aihe on kiinnostanut edes

vähäsen. Tällöin otoksesta on jäänyt pois joukko henkilöitä, joilla voi olla hyvinkin erilainen näkemys selvitetystä asiasta. Tältä osin vaaditaan lisää tutkimusta, jotta saadaan tarkasteltua tässä tutkimuksessa esitettyjen väittämien todellista paikkansapitävyyttä.

### 7.3 Johtopäätökset

Hyödyt yhtenäisestä lyhyenaikavälin tuotannonohjausjärjestelmästä talotyömailla ilmenevät selkeämpänä ja ajantasaisempana tilannekuvana sekä toimivampina ja paremmin ennustettavina suunnitelmina. Tämä johtuu siitä, että tämä tietoa yhteen keräävä järjestelmä luo sillan erillisten viikolla suoritettavien rakennustehtävien ja työmaan suunnittelun kokonaiskuvan edistymisen välille. Samalla yhdistäen ali- ja sivu-urakoitsijat yhteen ohjausjärjestelmään, jolloin pysytään paremmin kartalla eri toimijoiden tekemisestä ja suunnitelmista. Tällöin ennen irralliset ja hanaiset työmaatiedot ja viikkosuunnitelmat saadaan kerättyä suoraviivaisesti yhteen paikkaan ja helposti ymmärrettävään muotoon. Tästä tiedosta pystytään puolestaan havaitsemaan resurssien tai mestojen käytölliset ongelmat, ennen kuin ne ilmenevät työmailla. Tällöin niihin pystytään myös puuttumaan varhaisessa vaiheessa. Sama tilanne on työmaalla ilmenevien poikkeamien kohdalla, jotka tulevat järjestelmän avulla paremmin yhteiseen tietoisuuteen, jolloin ne voidaan ottaa huomioon seuraavien viikkojen suunnittelussa. Näiden toiminnallisten hyötyjen lisäksi järjestelmään kerääntyy tietoa tehdyistä suunnitelmista ja toteumista, jolloin niitä voidaan hyödyntää projektin onnistumisen arvioinnissa ja ennakoinnissa projektin aikana sekä vastaavissa kohteissa tulevaisuudessa. Samalla tehtäviin voidaan merkitä ilmenevät ongelmat ja muut havainnot, jolloin niihin voidaan palata helposti myöhemmin mahdollisten selvittelyjen tai juurisyyanalyysien yhteydessä.

Näiden laadullisten hyötyjen seurauksena on, että järjestelmällä on myös vaikutuksia rakentamisen tuottavuuteen ja kustannuksiin. Tämä näkyy työhön ja aikatauluun sidottujen kustannusten pienentymisenä. Nämä juontavat paremmin kassa pysyvään tuotantoon, kun saadaan varattua oikea määrä resursseja oikeaan paikkaan ja oikeaan aikaan. Samalla myös aliurakoitsijat pääsevät suorittamaan tehtävänsä sovitulla hetkellä, ilman ylimääräisiä häiriötekijöitä. Tällöin pysytään paremmin aikataulussa, jolloin rakentamisen kestoa saadaan lyhennettyä, eikä tarvitse tehdä merkittäviä kirimistoimenpiteitä luovutuspäivämäärän lähestyessä. Näissä vaikutuksissa erityishuomiona on, että järjestelmän työmaakohtainen merkitys kasvoi hankkeiden monimutkaisuuden mukana. Mitä monimutkaisempi hanke ja mitä enemmän toimihenkilöitä ja tekijöitä työmaalla on, sitä toden-

näköisemmin pakka myös leviää jossain vaiheessa. Tällöin on hyvä, että on tämänkaltaisen yhtenäisen järjestelmän, jonka avulla pystytään välttämään vastaavan epätoivotun tilanteen syntymistä.

Näistä hyödyistä huolimatta oli uuden tuotannonohjausjärjestelmän hyödyntämisessä myös ongelmansa. Suurimpana se, että työmaiden toimintamallit eivät vielä vastaa täysin järjestelmän hyödyntämiseen, jolloin sen potentiaalia ei saada tuotua käytäntöön. Järjestelmä on tehnyt seurannan ja suunnittelun helpoksi, mutta se on kuitenkin enemmän, kuin mitä on saatettu tottua tekemään. Tällöin uuteen järjestelmään tehtävä suunnittelu ja seuranta koetaan ylimääräisenä työnä, eikä sen hyötyjä ole vielä tiedostettu. Nämä toimintamallit ja asenteet vaihtelevat myös työmaakohtaisesti, jolloin järjestelmän käyttäminenkin on pitkälti kiinni työmaiden auktoriteettihenkilöistä. Nämä ongelmat pienyvät kuitenkin kokemuksen karttuessa, jolloin järjestelmän käyttöön tottumisen jälkeen alkaa se rakentumaan luontaiseksi osaksi tuotannonohjausprosessia.

Mitä tämänkaltaiset uudet digitaaliset ratkaisut sitten merkitsevät talonrakennusteollisuuden tulevaisuuden kannalta? Näiden tulosten perusteella tämän kaltaiset toimintaa yhdistävät ratkaisut ovat avainasemassa työmaiden kehittämisessä monien erillisten toimijoiden muodostamasta hajanaisesta kokonaisuudesta yhtenäiseksi ja toimivaksi työmaajärjestelmäksi, jolla on selkeä yhteinen päämäärä asiakasarvon luomisessa. Järjestelmä ohjaakin työmaan toimintamalleja kohti yhteistyössä tehtävää rakennustehtävien yhteensovittamista, jossa eri osapuolet myös vastaavat omasta osuudestaan. Samalla se tuo paljon kaivattua selkeyttä työmaiden epävarmuuden keskelle. Tällöin pystytään välttämään tätä työmailla yleisesti ilmenevää hukkaa, joka syö suuren osan rakentamiseen käytettävistä resursseista. Tämän kehityksen myötä on siten mahdollisuus rakennusyritysten kilpailukyvyn parantamiseen ja sitä kautta koko toimialan tuottavuuden eteenpäin viemiseen.

### **7.3.1 Jatkotutkimus ehdotukset**

Tässä tutkimuksessa saatiin luotua kohtuullinen katsaus rakennustyömaiden tuotannonohjaukseen sekä sen digitaaliseen kehittämiseen. Tämä selvitys loi kuitenkin ainakin yhtä monta uutta kysymystä, kuin mitä siinä ratkaistiin. Tässä niistä muutama, joilla voitaisiin tarkastella tässä tutkimuksessa esitettyä väittämiä sekä lisättyä uutta tähän pohjustettuun kokonaisuuteen.

Ensimmäiseksi olisi hyvä saada kokenut rakennuspuolen henkilö tarkastelemaan tämän tutkimuksen tuloksia kriittiseltä näkökulmalta ja mielellään myös kvantitatiivisesti, jotta

tässä tutkimuksessa esitettyjä väittämiä saataisiin varmistettua sekä rajattua tarkemmiksi. Tässä voitaisiin seurata ja vertailla useampaa hanketta tai rakennusta esimerkiksi asuntorakentamisessa, jossa on keskimäärin vähemmän poikkeamia kuin muussa rakentamisessa, jolloin muutokset pystyttäisiin osoittamaan tarkemmin.

Toisena jatkotutkimus ehdotuksena olisi selvittää, minkälaisia prosesseja tarvittaisiin yhdistämään suunnittelu- ja työmaa toisiinsa tehokkaammin. Tässä tutkimuksessa havaittiin, että Fluent Planneria hyödynnettiin myös suunnitteluaikeiden tekemisessä ja seurannassa, jolloin työmaa ja suunnittelu pysyivät paremmin yhteisymmärryksessä toistensa tilanteesta. Tämän merkitys nousi esille kirjallisuudesta, jonka mukaan työmailla joudutaan usein odottamaan suunnitelmia sekä tarkistamaan, mikäli niissä on virheitä. Samalla tiedot toimivista tai ongelmallisista suunnitteluratkaisuista jäivät työmaa henkilöstölle, jolloin samat toimimattomat ratkaisut toistuvat hankkeesta toiseen.

Kolmanneksi palataan tuottavuuteen, jonka tarkasteluun käytettiin monia erilaisia mittareita. Tämän tutkimuksen kannalta olisi hyvä saada tietä, mikä olisi se tunnusluku, jota kannattaisi tämänkaltaisen järjestelmän avulla seurata, joka voitaisiin myös yhdistä projektitason mittareiden kanssa. Miten esimerkiksi saavutettu keskimääräinen TTP vaikuttaa tuotettuun hyötypinta-alaan? Entä toteutuneisiin katetavoitteisiin? Tässä olisi ehkä kuitenkin ensin tarkasteltava, miten luotettavaa tämä TTP mittaus on ja miten sen virhelähteitä saataisiin vähennettyä. Tällöin voitaisiin saada luotua parempi käsitys viikoittaisen toiminnan vaikutuksista rakennushankkeiden tuotannon onnistumisen vertailuun ja kehittämiseen.

# LÄHDELUETTELO

## Painetut:

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (2008). Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press.

Junnonen, J. & Kankainen, J. (2017). Rakennuttaminen. Helsinki: Rakennustieto. pp. 154.

Koskela, L., Koskenvesa, A., & Sipi, J. (2009). Työmaan toimiva tuotannonohjaus: opas Last Planner™ -menetelmään (2. p.). Helsinki: Rakennusteollisuuden kustannus.

Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S. (2011) Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Koskenvesa, A. & Soila, J. (2018). Rakennushankkeen kustannushallinta. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Pelin, R. (2011). Projektihallinnan käsikirja. Projektinjohtorakentaminen Risto Pelin, 7. painos, 400 s.

Rakennustietosäätiö & Haahtela-kehitys Oy. (2008). Talo 2000 -nimikkeistö: Yleisestö. Helsinki: Rakennustieto.

Tuomi, J., & Sarajärvi, A. (2018). Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi (Uudistettu laitos.). Tammi. Verkkokirja.

Vilka, H. (2007). Tutki ja mittaa: määrällisen tutkimuksen perusteet. Tammi. Verkkokirja.

## Sähköiset:

Ahoste, H. (2020). Yhteistoiminnallisen tuotannonohjauksen vaikutus hukkaan työmaalla. Diplomityö. Aaltoyliopisto.

Alarcón, L.F. & Serpell, A. (1996). Performance Measuring Benchmarking, and Modeling of Construction Projects. In: 4th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Birmingham, UK.

AlSehaimi, A., Tzortzopoulos, P., Koskela, L. (2014), Improving construction management practice with the Last Planner System: a case study. Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 21 No. 1, pp. 51-64.  
<https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2012-0032>

Andersen, B., Belay, A., Amdahl, E. (2012). Lean Construction Practices and its Effects: A Case Study at St Olav's Integrated Hospital, Norway. Lean Construction Journal. 2012. 122-149.

- Anysz, H. (2019). Managing Delays in Construction Projects Aiming at Cost Overrun Minimization. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 603, Issue 3.
- Armstrong, G., Gilge, C. (2016). Building a technology advantage. Global Construction Survey 2016. KPMG International.
- Attewell, P. (1992). Technology diffusion and organizational learning: The case of business computing. *Organization science*, 3(1), 1-19.
- Ballan, S. & El-Diraby, T.E. (2011). A value map for communication systems in construction. *Journal of Information Technology in Construction*. ISSN 1874-4753.
- Ballard, G. & Howell, G. (2003). An update on last planner. 11th Annu. Conf. Int. Gr. Lean Constr., pp. 1–10, 2003.
- Ballard, G. (1997). Lookahead Planning: The Missing Link in Production Control, Proceedings of the 5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 5, July, Gold Coast, Australia, pp. 13-26
- Ballard, G. (2000). The last planner system of production control. Doctoral Thesis. The University of Birmingham.
- Ballard, G. (2005). Construction: one type of project production system, 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, University of New South Wales, Sydney, pp. 29–35.
- Ballard, G., & Howell, G. (1998). Shielding production: Essential step in production control. *Journal of Construction Engineering and Management*, 124(1), 11-17. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(1998)124:1(11)
- Ballard, G., & Tommelein, I. (2016). Current process benchmark for the last planner system. *Lean Construction Journal*, 89, 57-89.
- Barrett, P., & Sutrisna, M. (2009). Methodological strategies to gain insights into informality and emergence in construction project case studies. *Construction management and economics*, 27(10), 935-948.
- Brockman, J. L. (2014). Interpersonal conflict in construction: Cost, cause, and consequence. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(2), 04013050.
- Bølviken, T., Aslesen, S., Kalsaas, BT., Koskela, L. (2017). A Balanced Dashboard for Production Planning and Control. In: 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 9th-12th July 2017, Heraklion, Greece.
- Carrillo, P., & Chinowsky, P. (2006). Exploiting knowledge management: The engineering and construction perspective. *Journal of Management in Engineering*, 22(1), 2–10.
- Carrillo, P., Ruikar, K., & Fuller, P. (2013). When will we learn? Improving lessons learned practice in construction. *International Journal of Project Management*, 31(4), 567–578.
- Chen, Y., Kamara, J. (2011). A framework for using mobile computing for information management on construction sites. *Automation in Construction* 20 (2011) 776–788



- Chester, M., & Hendrickson, C. (2005). Cost impacts, scheduling impacts, and the claims process during construction. *Journal of construction engineering and management*, 131(1), 102-107.
- Crawford, P., & Vogl, B. (2006). Measuring productivity in the construction industry. *Building Research & Information*, 34(3), 208-219.
- Daniel, E., Pasquire, C. & Dickens, G. (2015). Exploring the Implementation of the Last Planner® System Through IGLC Community: Twenty One Years of Experience' In: Seppänen, O., González, V. A. & Arroyo, P., 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Perth, Australia, 29-31 Jul 2015. pp 153-162.
- Dave, B., & Koskela, L. (2009). Collaborative knowledge management—A construction case study. *Automation in Construction*. Volume 18, Issue 7, November 2009, Pages 894-902.
- Dave, B., Boddy, S. and Koskela, L (2010). Improving information flow within the production management system with web services , in: 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 14-16 July 2010, Haifa, Israel.
- Dave, B., Hämäläinen, J., Kemmer, S., Koskela, L., & Koskenvesa, A. (2015). Suggestions to Improve Lean Construction Planning. *Proceedings of the 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Perth, Australia, 29-31 July 2015. 10.
- Dave, B., Kubler, S., Främling, K., Koskela, L. (2014). Addressing information flow in Lean production management and control in construction. *Conference: International Group for Lean Construction Oslo, Norway*
- Deibert, S., Hemmer, E., Heinzl, A. (2009). Mobile Technology in the Construction Industry – the Impact on Business Processes in Job Production. *Proceedings of the Fifteenth Americas Conference on Information Systems*, San Francisco, California August 6th-9th.
- Doloi, H. (2008), Application of AHP in improving construction productivity from a management perspective, *Journal of Construction Management and Economics*, Vol. 26 No. 8, pp. 839-852.
- Doloi, H. (2013). Cost overruns and failure in project management: Understanding the roles of key stakeholders in construction projects. *Journal of construction engineering and management*, 139(3), 267-279.
- El-Gohary, K. and Aziz, R. (2014), Factors influencing construction labor productivity in egypt, *Journal of Management in Engineering*, Vol. 30 No.1, pp.1-9. doi:10.1061/(ASCE)ME.19435479.0000168k.
- Emiliani, M. (1998). Lean Behaviors. *Management Decision* 36(9): 615-631
- Eppler, M. J. & Mengis, J. (2004). The Concept of Information Overload: A Review of Literature from Organization Science, Accounting, Marketing, MIS, and Related Disciplines. *The Information Society*, Vol. 20 No. 5, pp 325-344.
- Fayek, A., Dissanayake, M., Campero, O. (2003). Measuring and classifying construction field rework: A pilot study, *Research Rep. (May)*, Construction Owners Association of Alberta COAA. The University of Alberta, Edmonton, Al., Canada.

Fernandez, V. and Sune, A. (2009), Organizational forgetting and its causes: an empirical research, *Journal of Organizational Change Management*, Vol. 22 No. 6, pp. 620-634. <https://doi.org/10.1108/09534810910997032>.

Fernandez-Solis, J., Porwal, V., Lavy, S., Shafaat, A., Rybkowski, Z., Son, K., Lagoo, N. (2013). Survey of Motivations, Benefits, and Implementation Challenges of Last Planner System Users. *Journal of Construction Engineering and Management*. 139. 354-360. 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000606.

Fluent Progress Oy. (2020). Kotisivut. <https://www.fluentprogress.fi/>. Viitattu 17.04.2020.

Formoso C., Isatto E. & Hirota E. (1999). Method for Waste Control in the Building Industry. International Group for Lean Construction-7, California, USA

Formoso, C., Bølviken, T., Rooke, J. and Koskela, L., 2015. A conceptual framework for the prescriptive Causal analysis of construction waste. In: Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction. Perth, Australia, July 29-31, pp. 454-462.

Gamil, Y. & Rahman, I. (2018). Identification of Causes and Effects of Poor Communication in Construction Industry: A Theoretical Review. *Emerging Science Journal*. 1. 10.28991/ijse-01121.

Gao, T., Ergan, S., Akinci, B. and Garrett, J. (2014), Understanding characteristics of assumptions made for construction processes during planning based on case studies and interview, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 46 No. 140, pp. 82-93.

Golden, L. (2012). The Effects of Working Time on Productivity and Firm Performance. International Labour Office. Conditions of work and employment series; No.33; ISSN 2226-8944;2226-8952

González, V., Alarcón, L.F. and Mundaca, F. (2008), Investigating the relationship between planning reliability and project performance, *Production Planning and Control Management of Operation*, Vol. 19 No. 5, pp. 461-474.

Hackett, V., Harte, P. & Chendo, J. 2019, 'The Development and Use of Last Planner® System (LPS) Guidance' In: Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Dublin, Ireland, 3-5 Jul 2019. pp 651-662

Hamzeh, F., Ballard, G. & Tommelein, I. (2012). Rethinking Lookahead Planning to Optimize Construction Workflow. *Lean Construction Journal* 2012 pp 15-34.

Hanna, A.S., Russell, J.S. and Vandenberg, P.J. (1999), The impact of change orders on mechanical construction labour efficiency, *Journal of Construction Management & Economics*, Vol. 17 No. 6, pp. 711-720.

Hari, S., Egbu, C. O., & Kumar, B. (2004). Knowledge Capture in Small and Medium Enterprises in the Construction Industry: Challenges and Opportunities. 20th Annual ARCOM Conference, 2(September), 847–858.

Helin, R. (2013). Käyttö- ja yhteiskustannus-seurannan kehittäminen. Insinööriyö. Turun ammattikorkeakoulu.

Henrich, G. & Koskela, L. (2005) Improving Production Control: Initial Overview.5th International Postgraduate Research Conference. SCRI/BuHu - Salford - UK.

- Hwang, B. Thomas, S., Haas, C., Caldas, C. (2009). Measuring the Impact of Rework on Construction Cost Performance, *J. Constr. Eng. Manage.*, ASCE, Vol. 135 No. 3, pp. 187-198. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135:3(187).
- Josephson, P. & Hammarlund, Y. (1999). The causes and costs of defects in construction: a study of seven building projects. *Automation in Construction*, 8 (6), 681-687.
- Josephson, P. & Saukkoriipi, L. (2007). Waste in construction projects: call for a new approach. Report. The Centre for Management of the Built Environment, Building Economics and Management, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.
- Junnonen, J.-M. & Kankainen, J. 2007. 'Rakennusalan muutostrendit Suomessa', *Rakentajain kalenteri 2007*, Rakennustieto Oy. pp.504-509.
- Kalsaas, B. (2010). Work-Time Waste in Construction. 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Haifa, Israel, 1416 Jul 2010. pp 507-517.
- Kazi, A., & Koivuniemi, A. (2006). Sharing through Social Interaction: The Case of YIT Construction Ltd. In A. S. Kazi, & P. Wolf (Eds.), *Real-Life Knowledge Management: Lessons from the Field* (pp. 63-79).
- Kerosuo, H., Mäki, T. & Korpela, J. (2013). Knotworking-A novel BIM-based collaboration practice in building design projects, *Proceedings of the 5th International Conference on Construction Engineering and Project Management ICCEPM*, 9 – 11.
- Kim, S. D. (2012). Characterizing unknown unknowns. Paper presented at PMI® Global Congress 2012—North America, Vancouver, British Columbia, Canada. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Kiviniemi, M. (1996). Talonrakentamisen tuotteiden ja toimintatapojen vertailu. VTT tiedotteita 1795. 1235-0605.
- Koskela, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction. CIFE Technical Report #82, Stanford University.
- Koskela, L. (2000). An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction. VTT Publications 408.
- Koskela, L. (2004). Making do - the eighth category of waste. *Proceedings of the 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.
- Koskela, L., Bølviken, T. and Rooke, J., 2013. Which are the wastes of construction? In: *Proc. 21st Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction*. Fortaleza, Brazil, Aug. 31-2.
- Koskela, L., Koskenvesa, A. (2003). Last Planner -Tuotannonohjaus rakennustyömaalla. VTT tiedotteita – research notes 2197.
- Koskenvesa, A. (1999). Talvirakentaminen. *Rakennustiedon julkaisuja*. RK99. P.697-713.
- Koskenvesa, A., Koskela, L., Tolonen, T., Sahlsted, S. (2010). Waste and labor productivity in production planning case Finnish construction industry. 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. pp. 477-486.

- Kärkkäinen, R., Lavikka, R., Seppänen, O. and Peltokorpi, A. (2019), Situation Picture Through Construction Information Management, Lill, I. and Witt, E. (Ed.) 10th Nordic Conference on Construction Economics and Organization (Emerald Reach Proceedings Series, Vol. 2), Emerald Publishing Limited, pp. 155-161.  
<https://doi.org/10.1108/S2516-285320190000002028>
- Lagos C.I., Herrera R.F., and Alarcón L.F. (2017). Contribution of Information Technologies to Last Planner System Implementation. In: LC3 2017 Volume II – Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), Walsh, K., Sacks, R., Brilakis, I. (eds.), Heraklion, Greece, pp. 87–94. DOI:  
<https://doi.org/10.24928/2017/0255>.
- Lagos, C., Alarcón, L. F. and Salvatierra, J. L. (2016). Improving the Use of Information Management for Continuous Improvement with the Last Planner System. Proceedings of VII Elagec, Bogotá, Colombia, pp. 737–745.
- Lahdenperä & Koppinen. (2003). Kannustavat maksuperusteet rakennushankkeessa: Osa 1. Kansainvälinen kartoitus. VTT tiedotteita – research notes 2191.
- Lakka, A. (2004). Rakennustyömaan tuottavuus. VTT-WORK-11. 1459-7683.
- Lantelme, E.M.V. and Formoso, C. T. (2000). Improving performance through measurement: the application of Lean production and organisational learning principles. Proceedings of the 8th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Brighton, England
- Lee, S., Diekmann, J., Songer, A. & Brown, H. 1999, Identifying Waste: Applications of Construction Process Analysis In: 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Berkeley, USA, 26-28 Jul 1999. pp 63-72.
- Lehtovaara, J., Seppänen, O., Peltokorpi, A. (2019). Improving the Learning of Design Management Operations by Exploiting Production's Feedback: Design Science Approach. Lean Construction Journal (LCJ). pp. 64-75.
- Liker, J. & Morgan, J. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. Academy of Management Perspectives. 20.  
 10.5465/AMP.2006.20591002.
- Lindhard, S., Hamzeh, F., Gonzalez, V., Wandahl, S., & Ussing, L. (2019). Impact of Activity Sequencing on Reducing Variability. Journal of Construction Engineering and Management, 145(3), 1–1. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001618](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001618)
- Lines, B. C., Sullivan, K. T., Smithwick, J. B., & Mischung, J. (2015). Overcoming resistance to change in engineering and construction: Change management factors for owner organizations. International Journal of Project Management, 33(5), 1170-1179.
- Locatelli, G., Mancini, M., Gastaldo, G., Mazza, F. (2013). Improving Projects Performance with Lean Construction: State Of The Art, Applicability And Impacts. Organization, Technology & Management in Construction: An International Journal. 5. 775 - 783.  
 10.5592/otmcj.2013.2.2.
- Love, P. (2002b). Influence of project type and procurement method on rework costs in building construction projects, J. Constr. Eng. Manage., 128(1): 18–29.

- Love, P. & Li, H. (2000). Quantifying the causes and costs of rework in construction, *Constr. Manage. Econom.* 18(4): 479–490
- Love, P. (2002a). Auditing the indirect consequences of rework in construction: A case-based approach. *Managerial Auditing Journal*, 17(3), 138-146.
- Love, P. and Edwards, D. (2004), Determinants of rework in building construction projects, *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 11 No. 4, pp. 259-274. <https://doi.org/10.1108/09699980410547612>
- Love, P. Li, H., Irani, Z., Faniran, O. (2000). Total quality management and the learning organization: a dialogue for change in construction, *Construction Management and Economics*, 18:3, 321-331, DOI: 10.1080/014461900370681
- Love, P., Mandal, P., & LI, H. (1999). Determining the causal structure of rework influences in construction. *Construction Management and Economics*, 17(4), 505–517. <https://doi.org/10.1080/014461999371420>
- Love, P., Smith, J., Ackermann, F., Irani, Z., & Teo, P. (2018). The costs of rework: insights from construction and opportunities for learning. *Production Planning & Control*, 29(13), 1082-1095.
- Luo, L., He, Q., Xie, J., Yang, D., & Wu, G. (2017). Investigating the relationship between project complexity and success in complex construction projects. *Journal of Management in Engineering*, 33(2), 04016036.
- Macomber, H. & Howell, G. (2004). Two Great Wastes in Organizations, the source of untapped inventiveness, talents, and wisdom; a typology for addressing the concern for the underutilization of human potential. 12th Annual Meeting of the International Group for Lean Construction in Copenhagen, Denmark.
- Macomber, H., Howell, G., Reed, D. (2005). Managing promises with the last planner system: closing in on uninterrupted flow, 13th International Group for Lean Construction Conference: Proceedings, International Group on Lean Construction, pp. 13.
- Marjasalo A. 2011. Rakennustyömaan johdon ajankäyttö ja työntekijöiden ohjaus. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto.
- Min, L., Glenn, B., & William, I. (2011). Workflow variation and labor productivity: Case study. *Journal of Management in Engineering*, 27(4), 236-242. doi:10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000056.
- Mohan, S. B., & Iyer, S. (2005). Effectiveness of Lean principles in construction. In *Proc., 13th Annual Conf. of the Int. Group for Lean Construction (IGLC-13)*.
- Mossman, Alan. (2009). Creating value: a sufficient way to eliminate waste in Lean design and Lean production. *Lean Construction Journal* 2009 pp 13 – 23.
- Naoum, S. (2016). Factors influencing labor productivity on construction sites. *International Journal of Productivity and Performance Management*. 65. 401-421. 10.1108/IJPPM-03-2015-0045.
- Navon, R., and Sacks, R. (2007) Assessing research issues in Automated Project Performance Control (APPC). *Automation in Construction*. Vol 16, pp 474-484.

- Nikanen, J. (2017). KIS-työmaatoimintojen konseptointi. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto.
- Omar, T., & Nehdi, M. L. (2016). Data acquisition technologies for construction progress tracking. *Automation in Construction*, 70, 143-155.
- Park, H.-S., Thomas, S. R., & Tucker, R. L. (2005). Benchmarking of Construction Productivity. *Journal of Construction Engineering & Management*, 131(7), 772–778. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2005\)131:7\(772\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:7(772)).
- Park, M., and Pena-Mora, F. (2004). Reliability buffering for construction projects. *J. Constr. Eng. Manage.* 130 (5): 626–637. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2004\)130:5\(626\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2004)130:5(626)).
- Pasila, H. (2019). Impact of Lean-intervention on productivity. Diplomityö. Aaltoyliopisto.
- Ryan, M., Murphy, C. & Casey, J. 2019, 'Case Study in the Application of the Last Planner® System' In: Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Dublin, Ireland, 3-5 Jul 2019. pp 215-226
- Sacks, R., Radosavljevic, M., & Barak, R. (2010). Requirements for building information modeling based Lean production management systems for construction. *Automation in construction*, 19(5), 641-655.
- Salminen, T. (2016). Käyttö- ja yhteiskustannusten kehittäminen asuntorakennustuotannossa litteratasolla. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- Seppänen, O., Modrich, R. & Ballard, G. (2015). Integration of Last Planner System and Location-Based Management System. 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Perth, Australia, 29-31 Jul 2015. pp 123-132.
- Seppänen, O., Evinger, J., Mouflard, C. (2014). Effects of the location-based management system on production rates and productivity. *Construction Management and Economics*, 2014 Vol. 32, No. 6, 608–624.
- Smith, E. (2001). The role of tacit and explicit knowledge in the workplace. *Journal of Knowledge Management* 5. 3111-321.
- Soibelman, L., & Kim, H. (2002). Data preparation process for construction knowledge generation through knowledge discovery in databases. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 16(1), 39-48.
- Soibelman, L., Wu, J., Caldas, C., Brilakis, I., & Lin, K. (2008). Management and analysis of unstructured construction data types. *Advanced Engineering Informatics*, 22(1), pp. 15–27.
- Suomen virallinen tilasto. (2020). Arvonlisäykseen perustuva työn tuottavuus toimialoitain muuttujina Toimiala ja Vuosi. S1 Koko kansantalous, Työn tuottavuuden indeksi 1975=100. Tilastokeskuksen PxWeb-tietokannat. Saatavissa: <https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/> Viitattu 04.03.2020.
- Tezel, A., Aziz, Z. (2017). From conventional to IT based visual management: a conceptual discussion for Lean construction. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 22, pg. 220-246.

- Thomas, H. R., Sanvido, V. E., & Sanders, S. R. (1989). Impact of material management on productivity—A case study. *Journal of Construction Engineering and Management*, 115(3), 370-384.
- Trupp, T., Soibelman, L., Hashash, Y.M., & Liu, L.Y. (2004). Novel Technologies for Construction Field Data Collection. International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, ICCCB, 10, Weimar, Bauhaus-Universität.
- Tversky, A., Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*. 27 Sep 1974. Vol. 185, Issue 4157, pp. 1124-1131. DOI: 10.1126/science.185.4157.1124
- Tyrni, E. (2015). Käyttö- ja yhteiskustannusten kustannuslaskennan nykyaikaistaminen. Insinööriö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- Umstot, D., Fauchier, D., & da CL Alves, T. (2014). Metrics of public owner success in Lean design, Construction, and facilities operations and maintenance. In 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction (pp. 1495-1506).
- Viana, D., Formoso, C., & Kalsaas, B. (2012). Waste in Construction: a systematic literature review on empirical studies. In ID Tommelein & CL Pasquire, 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. San Diego, USA (pp. 18-20).
- Vilasini, N., Neitzert, T., Gamage, J. (2011). Lean methodology to reduce waste in a construction environment. 15th Pacific Association of Quantity Surveyors Congress 23 – 26 July 2011, Colombo, Sri Lanka.
- Wambeke, B., Hsiang S, Liu, M. (2011). Causes of variation in construction project task starting times and duration. *J. Constr. Eng. Manage.* 137 (9): 663–677. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000342](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000342)
- Womack, J. & Jones, D. (1996). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. An outline of the book. *Journal of the Operational Research Society*. January 1996. doi: 10.1038/sj.jors.2600.
- Zaeri, F., Rotimi, F. E., & Owolabi, J. D. (2016). The effectiveness of the Last Planner System in New Zealand construction industry: Towards an empirical justification. *Creating built environments of new opportunities*, 1, 528.
- Zhai, D., Goodrum, P. M., & Maloney, W. F. (2009). Construction craft workers' perceptions of the factors affecting their productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(3), 217-226.

# LIITE A: HAASTATTELURUNKO

## Fluent Planner: Suunnittelu

### Suunnittelutasot

Miten käytät Fluenttia työtehtävissäsi?

Yleisaikataulun käyttö Fluentissa?

- Onko yleisaikataulun hyödyntäminen helpottunut Fluent Plannerilla?
- Linkittykö yleisaikataulu paremmin viikkotasolle FP avulla?

Valmisteleavan suunnittelun merkitys ja miten tehty ennen?

- Onko valmisteleavan suunnittelun teko helpottunut Fluent Plannerilla?
- Onko valmisteleava suunnittelu tarkentunut FP:n myötä? (edellytykset)
- Onko valmisteleavan suunnittelun tekemiseen tarvittava työaika vähentynyt FP:n myötä?

Viikkosuunnittelun merkitys ja miten tehty ennen?

- Onko viikkosuunnittelun teko helpottunut Fluent Plannerilla?
- Onko viikkosuunnittelu tarkentunut FP:n myötä? (TTP)
- Onko viikkosuunnitelmien luomiseen tarvittava työaika vähentynyt FP:n myötä?
- Onko viikkosuunnitelmien yhdistämiseen tarvittava työaika vähentynyt FP:n myötä?

### Tarkennukset

Työkohteet:

- Selkeyttääkö FP tehtäväkohtaisten vastuiden jakamisessa?
- Onko vaikutuksia lohko/aluejakojen tekemiseen?
- Onko saatu ehkäistyä päällekkäisyyksiä työkohteissa?

Onko suunnittelutasoihin liittyen kehitystarpeita?

### Vaikutukset

Suunnitelmien tarkentuminen järjestelmän käyttöönoton myötä:

- Onko vaikutusta tehtävien aloitus- ja lopetusajankohtien paikkansapitävyyteen?
  - Tehtävien kestojen vaihtelu?
- Onko paremmilla suunnitelmilla saatu vähennettyä ylimääräisiä tai ennakoimattomia työvaiheita?
  - Esimerkiksi materiaalin kuljetuksia tai siirtelyä?
  - Onko tehtävien keskimääräinen toteutumisprosentti parantunut FP myötä? (TTP)

Tehtävien toteutuksen kehittyminen:

- Onko saatu vähennettyä tehtävien aikaisia keskeytyksiä?
- Onko saatu vähennettyä töiden uudelleen tekemistä / korjaamista?
- Meneekö teillä paljon työtunteja hukkaan keskeytyksiin, päällekkäisyyksiin tai uudelleen tekemiseen?

Varamestojen suunnittelu:

- Onko järjestelmällä vaikutusta varamestojen suunnitteluun?

Hankkeen läpimenoajan kehittyminen:

- Lisääkö FP rakennusvaiheiden kestojen ennustettavuutta?
- Onko FP:llä vaikutusta tarvittavien puskurien määriin?
- Laskeeko tarkemmat suunnitelmat rakennusvaiheiden läpimenoaikoja?
  - Kuinka paljon ylimääräinen luppoaika / puskurit merkitsevät työmaalla?
- Laskeeko FP hankkeiden kokonaiskesto?

Alihankinnan hyödyntämisen tehostuminen FP:n myötä:

- Osallistetaanko aliurakoitsijoita enemmän aikataulusuunnittelussa?
- Mikä merkitys aliurakoitsijoiden osallistamisella on tehtävien suunnitelman mukaisen toteutumisen kanalta?



## Fluent Planner: Ohjaus

### Tiedon jakaminen ja tilannekuva

Tiedon liikkumisen parantuminen FP:n myötä:

- Onko tiedonjako tehostunut työnjohdon sisällä?
- Vähentääkö tiedonjakamiseen kuluva ajankäyttöä?

Tiedon käytettävyyden parantuminen FP:n myötä:

- Onko tieto ajantasaisempaa FP:n myötä? (VA%)
  - Millainen merkitys työmaata koskevan tiedon ajantasaisuudella on?
  - Mikä merkitys on tiedon kirjaamiseen kuluvalle ajankäytöllä?

Tilannekuvan parantuminen FP:n myötä:

- Vastaako FP:llä tehty tilannekuva paremmin todellisuutta kuin ennen?
- Onko projektin eri osapuolilla yhtenevämpi käsitys tuotannon etenemisestä?
- Vähentääkö FP epätietoisuutta ja väärinymmärryksiä?
  - Onko ollut ongelmia epävarmuuden tai väärinymmärrysten takia?

Palaveri- ja kokouskäytäntöjen tehostuminen FP:n myötä:

- Selkeyttääkö FP tehtävien edellytysten läpikäymistä?
- Selkeyttääkö FP tavoitteiden, vastuiden ja velvoitteiden läpikäymistä sekä ymmärtämistä?
- Onko FP nopeuttanut palaverissa tarvittavan tiedon läpikäyntiä?

Raportoinnin ja dokumentoinnin tehostuminen FP:n myötä:

- Vähentääkö FP projektin raportointiin ja dokumentointiin tarvittavaa ajankäyttöä?
- Onko teillä kuinka tarkkaa toteuman seuranta ja mikä merkitys on sen raportoinnilla?

Onko tähän liittyen kehitystarpeita?

### Tilanteisiin reagointi

Työmaan etenemisen seurannan tehostuminen FP:n myötä:

- Onko työmaan edistymisen seuranta selkeämpi FP:n myötä?
- Helpottaako FP reagointia vaativien tilanteiden havaitsemisessa tai ennakoinnissa?
- 

Suunnitelmamuutoksiin reagoimisen tehostuminen FP:n myötä:

- Vähentääkö FP suunnitelmamuutosten negatiivisia vaikutuksia?
- Vähentääkö FP suunnitelmamuutoksiin reagointiin kuluva aikaa?
- Joutuuko näitä tehtyjä muutaman viikon suunnitelmia muokkaamaan kuinka usein?
- Meneekö teillä yleensä paljon aikaa uudelleen suunnitteluun?

Poikkeamiin reagoimisen tehostuminen FP:n myötä:

- Helpottaako FP havaittavien ongelmien esilletuomista?
- Saadaanko korjaavat toimenpiteet hoidettua sulavammin FP:n avulla?

Konfliktien ratkaisemisen suoraviivaistuminen FP:n myötä:

- Helpottaako FP eri tahojen, kuten työnjohdon sisäisten sekä aliurakoitsijoiden välisten konfliktien selvittelyä?
- Helpottaako FP reklamaatioiden läpikäymistä sekä jatkotoimenpiteiden suunnittelua?

Onko tähän liittyen kehitystarpeita?

## Fluent Go!

### Tiedon keräys

Kerättävän tiedon määrän muutos Fluent Go! myötä:

- Seurataanko tehtävien aloitus- ja lopetusajankohtia sekä keskeytyksiä tarkemmin FG:n myötä?
- Lisääkö kattavampi seuranta työn laatua?
- Yhtenäistääkö kattavampi seuranta työntekijöiden ja työnjohdon näkemystä työmaan tilanteesta?

Tiedonkeräyksen tehostuminen Fluent Go! myötä:

- Helpottaako FG työmaakerrosten suorittamista?
- Vähentääkö FG tiedon tietokoneelle syöttämiseen kuluvaa aikaa?

Havaintojen tekemisen tehostuminen Fluent Go! myötä:

- Tulevatko työmaalla tehdyt havainnot paremmin esille FG:tä käytettäessä?
- Saadaanko puutteet ja ongelmat selvitettyä varmemmin FG:tä käytettäessä?
- Tuleeko ongelmien syyt dokumentoitua paremmin FG:tä käytettäessä?

Onko tähän liittyen kehitystarpeita?

## Fluent Fix

- Ei käytössä

## Fluent Construction

### Tiedon hyödyntäminen jatkossa

Suunnitelmapohjien sekä määrätietojen kehittyminen:

- Helpottavatko Fluent Planneriin tallennetut projektiakataulut seuraavien projektin suunnittelussa?
- Lyheneekö suunnitelmien tekemiseen käytettävä aika projektitiedon karttuessa järjestelmään?

Ohjauksen ja seurannan kehittyminen:

- Onko kerätystä verrokkitiedosta hyötyä suunnitelmanmukaisen toteutumisen arvioinnissa?

Tiedonjakamisen kehittyminen:

- Pystytäänkö ongelmia ehkäisemään tai eliminoimaan tehokkaammin järjestelmän avulla?
  - Onko teillä ollut joitain toistuvia ongelmia?
  - Lisääkö järjestelmä projekteissa opittavat tiedon leviämistä muuhun organisaatioon?
- Leviääkö tieto toimivista suunnittelu- ja toteutusratkaisuista paremmin organisaation tietoisuuteen järjestelmän avulla?

Projektinhallinnan yhdenmukaistaminen:

- Mahdollistaako järjestelmä suunnittelu- ja arviointikäytäntöjen yhtenäistämistä?

Onko tähän liittyen kehitystarpeita?

### Käytettävyys

Fluent tuotannonohjauksen käytettävyys:

- Onko FP:n avulla tehtävässä suunnittelussa erityisiä ongelmia?

Järjestelmän ominaisuudet

Ominaisuudet:

- Mitkä ovat merkittävimpiä järjestelmän tuomia hyötyjä?
- Onko jokin ominaisuus, minkä käyttäminen tuntuu erityisen haasteelliselta?

Järjestelmän käyttöön tottuminen

- Onko järjestelmä riittävän selkeä ja helposti ymmärrettävä?
- Löytääkö järjestelmästä tarvittavan tiedon helposti?
  - Näkymät

Kokemuksen merkitys:

- Kuinka kattavan koulutuksen järjestelmän käytöstä tarvitaan siihen sisälle pääsemiseksi?
- Onko Fluent Plannerin tilannekuva helposti omaksuttavissa aliurakoitsijoiden osalla?
- Otetaanko järjestelmä positiivisesti vastaan aliurakoitsijoiden keskuudessa?

Onko tähän liittyen kehitystarpeita?