

Peppi Ojala

ONNISTUNEEN VASTAANOTON VARMISTA- MINEN SAIRAALARAKENTAMISESSA

Diplomityö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Tarkastajat:
Professori Arto Saari
Väitöskirjatutkija Kimmo Keskiniva
Joulukuu 2025

TIIVISTELMÄ

Peppi Ojala: Onnistuneen vastaanoton varmistaminen sairaalarakentamisessa
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Rakennetun ympäristön tutkinto-ohjelma
Joulukuu 2025

Viimeistely- ja luovutusvaiheen merkitys rakennushankkeen onnistumisen kannalta on kasvanut talotekniikan määrän lisääntyessä. Sairaalarakennushanke sisältää suuren talotekniikkamäärän lisäksi myös paljon sairaalatoimintaan tarvittavia järjestelmiä ja laitteita. Diplomityön tavoitteena oli tutkia, miten varmistetaan sujuva vastaanotto sairaalarakennushankkeissa. Tutkimuksen tarkoituksena oli lisäksi tutkia tahtituotannon hyötyjä ja haasteita sairaalarakentamisessa ja löytää niihin kehitysehdotuksia. Tutkimuksessa myös selvitettiin, millä viimeistely- ja luovutusvaiheen tuotannonohjauksen keinoilla varmistetaan sairaalahankkeen onnistunut vastaanotto.

Diplomityö koostuu kirjallisuustutkimuksesta sekä toimintatutkimuksesta, joka sisältää tutkimuskohteen esittelyn, tutkijan oman havainnoinnin kohteesta sekä haastattelututkimuksen. Kirjallisuustutkimuksessa käsiteltiin lean-rakentamista ja tahtituotantoa, rakentamisvaiheita painottaen rakentamisen loppupäätä sekä sairaalarakentamista. Kirjallisuuskatsauksessa tahtituotannon osalta käsiteltiin Saksan ja Kalifornian mallit tahtituotannon suunnitteluun, valvontaan ja ohjaukseen. Rakentamisvaiheiden yhteydessä käytiin viimeistely- ja luovutusvaiheen tarkastus- ja testaustoimenpiteet. Kirjallisuuskatsauksen yhteydessä käsiteltiin, mitä erityistä huomioitavaa sairaalarakentamisessa on tavanomaiseen rakentamiseen verrattuna. Toimintatutkimus suoritettiin tutkimuskohteeseen, jossa tutkija on työskennellyt. Toimintatutkimusosiossa tutkija esittelee tutkimuskohteen sekä omia havaintojaan tutkimuskohteesta. Toimintatutkimuksen haastatteluosion tarkoituksena on selvittää objektiivisemmin, miten haastateltavat kokevat tahtituotannon ja viimeistelyvaiheen toteutuksen suhteessa kirjallisuudessa esitettyyn. Haastattelututkimuksen tavoitteena oli myös saada lisää tietoa sairaalarakentamisen viimeistelyvaiheesta huomioitavista seikoista.

Sujuvan vastaanoton toteutumisen takaa huolellisesti ja ajoissa tehdyn viimeiste- ja luovutusvaiheensuunnittelu, aiempien rakentamisvaiheiden sekä suunnittelun aikataulullinen ja laadullinen onnistuminen. Tahtituotanto luo hyvän pohjan viimeistelyvaiheen aloittamiselle sen mahdollistaman tarkemman tuotannon hallinnan ja ennustettavuuden ansiosta. Viimeistely- ja luovutusvaiheessa aikataulun on oltava realistinen ja huolellisesti yhteensovitettu. Talotekniikka- ja sairaalalaittejärjestelmien toimintakokeisiin ja käyttöönottoihin on varattava riittävästi aikaa sekä resursseja. Sairaalan luovutusvaiheessa on oleellista huomioida tarvittavien sairaalalaitteiden sekä tilojen validoinnit ja niiden edellytykset. Vaativan toimitilahankeen resursointi on tehtävä huolella ja varmistettava riittävä erikoisalojen osaaminen. Aikatauluorganisaation on oltava hankkeeseen sopiva tehokkaan aikataulujohtamisen mahdollistamiseksi. Viimeistelyvaiheessa tarvitaan väliä väliä reagoitavia poikkeamiin, mikä saavutetaan tarkalla tuotannon valvonnalla ja ohjauksella.

Avainsanat: sairaalarakentaminen, aikataulun hallinta, tahtituotanto, viimeistelyvaihe, vastaanottomenettely

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

ABSTRACT

Peppi Ojala: Ensuring a Successful Handover in Hospital Construction
Master's Thesis
Tampere University
Master's Degree Programme in Civil Engineering
December 2025

The importance of the finishing and handover phases has increased along with the growing complexity of building services systems. In addition to an extensive number of technical installations, hospital construction projects also include a wide range of specialized systems and equipment required for hospital operations. The objective of this master's thesis was to examine how a smooth handover process can be ensured in hospital construction projects. The purpose of the research was also to investigate the benefits and challenges of takt production in hospital construction and to propose potential improvements. Furthermore, the study aimed to identify production management methods during the finishing and handover phases that contribute to a successful project handover.

The thesis consists of a literature review and an action research component, which includes an introduction to the case project, the researcher's own observations, and an interview study. The literature review discusses lean construction and takt production, with particular emphasis on the final stages of construction and the specific characteristics of hospital building projects. Regarding takt production, the review examines the German and Californian models for planning, monitoring, and controlling takt-based production. In the context of construction phases, inspection and testing procedures during the finishing and handover stages are analyzed. The literature review also highlights the considerations that differentiate hospital construction from conventional building projects.

The action research was conducted on a project in which the researcher was personally involved. This section presents the case project as well as the researcher's own observations. The purpose of the interview study was to provide a more objective understanding of how the interviewees perceive takt production and the implementation of the finishing phase compared to the findings presented in the literature. The interviews also aimed to gather additional insights into the key factors that must be considered during the finishing phase of hospital construction.

A smooth handover can be ensured through careful and timely planning of the finishing and handover stages, as well as through successful scheduling and quality management in the earlier construction and design phases. Takt production provides a strong foundation for initiating the finishing stage by enabling more precise control and predictability of production. During the finishing and handover phases, the schedule must be realistic and thoroughly coordinated. Adequate time and resources must be allocated for the functional testing and commissioning of building services and hospital equipment systems. In the handover phase of a hospital project, it is essential to ensure the validation of required hospital devices and spaces, as well as the fulfillment of their respective conditions. The resourcing of such a demanding facility project must be carried out carefully, with sufficient expertise across various specialties. The scheduling organization must be appropriate for the project to enable effective schedule management. During the finishing phase, immediate response to deviations is required, which can be achieved through precise monitoring and control of production.

Keywords: Hospital Construction, Schedule Management, Takt Production, Finishing Phase, Handover Process

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

TEKOÄLYN KÄYTTÖ OPINNÄYTTEESSÄ

Opinnäytteessäni on käytetty tekoälysovelluksia:

- Ei
 Kyllä

Ilmoitukseni mukaan olen käyttänyt opinnäytteessäni tutkielmaprosessin aikana seuraavia tekoälysovelluksia:

Tekoälysovellusten nimet ja versiot: Open AI ChatGPT-5

Käyttötarkoitus: Tekoälyä käytettiin apuna tiivistelmän kääntämisessä englanniksi. Tekoälyä on hyödynnetty työssä akateemisten lähteiden etsimiseen, joita ei ole löytynyt muiden hakumenetelmien avulla.

Osiot, joissa tekoälyä on käytetty: Abstract
Kirjallisuustutkimus

Olen tietoinen siitä, että olen täysin vastuussa koko opinnäytteeni sisällöstä, mukaan lukien osat, joissa on hyödynnetty tekoälyä, ja hyväksyn vastuun mahdollisista eettisten ohjeiden rikkomuksista.

ALKUSANAT

Tämän diplomityön tekeminen on ollut mielenkiintoinen ja opettavainen prosessi. Diplomityön aikataulu pitkittyi suunnitellusta ajaututtuani täysipäiväisesti työelämään juuri diplomityön alkuvaiheessa. Diplomityö paisui kirjoitusprosessin aikana suunniteltua laajemmaksi, minkä vuoksi opintojen saattaminen päätökseen tuntuukin nyt erityisen palkitsevalta.

Tämä diplomityö toteutettiin toimeksiantona Skanska Talonrakennus Oy:lle. Diplomityön ohjaajina toimivat Tampereen yliopiston professori Arto Saari ja väitöskirjatutkija Kimmo Keskiniva sekä Skanskan puolelta työpäällikkö Juho-Pekka Hämäläinen. Haluan kiittää kaikkia ohjaajia opettavaisista ja rakentavista tapaamisista, joista avautui uusia näkökulmia työn eteenpäin viemiseen. Erityiskiitokset Kimmolle laadukkaista ja monipuolisista vinkeistä sekä kommentteista diplomityön edetessä.

Suuri kiitos Skanskalle, etenkin Jupelle, diplomityön mahdollistamisesta ja mielenkiintoisesta aiheesta. Kiitän myös kaikkia haastattelututkimukseen osallistuneita. Lisäksi haluan osoittaa kiitokset minut aikataulumailmaan perehdyttäneelle Katri Niemelälle.

Haluan kiittää myös opiskelukavereita sekä TARAKI-bändiä, jotka teitte opiskeluajasta monipuolisempaa ja muistorikkaampaa. Lopuksi haluan kiittää avopuolisoani Rikua korvaamattomasta tuesta, sparrauksesta ja yhteisistä pohdintoista diplomityön aiheisiin liittyen.

Tampereella, 13.12.2025



Peppi Ojala

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Tutkimuksen tausta.....	1
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus.....	2
1.3 Tutkimusmenetelmät ja rakenne	3
2. RAKENTAMISVAIHEET	4
2.1 Maanrakennus- ja perustusvaihe	4
2.2 Runko- ja vesikattovaihe.....	5
2.3 Sisävalmistusvaihe	6
2.4 Viimeistely- ja luovutusvaihe	7
2.4.1 Itselleluovutus	8
2.4.2 Rakennustekniset tarkastukset	8
2.4.3 Talotekniset tarkastukset	10
2.4.4 Viranomaistarkastukset.....	12
2.4.5 Vastaanotto.....	14
3. LEAN-RAKENTAMINEN	17
3.1 Lean	17
3.2 Lean rakentamisessa.....	20
3.3 Tahtituotanto.....	22
3.4 Leanin hyödyt viimeistely- ja luovutusvaiheessa	28
4. SAIRAALARAKENTAMISEN ERITYISPIIRTEET	33
4.1 Sairaalarakentamiseen soveltuvat toteutusmuodot	33
4.2 Sairaalarakennuksen suunnittelu	38
4.2.1 Tilojen esteettömyysvaatimukset	38
4.2.2 TATE-suunnittelu sairaalarakentamisessa	39
4.2.3 Sairaaloiden ilmanvaihto	39
4.2.4 Sairaalalaitteiden suunnittelu	40
4.3 Suunnittelun ohjaus	41
4.4 Tuotannon suunnittelu	42
4.4.1 Puhtausluokka P1	45
4.4.2 Sairaalalaitteiden huomiointi tuotannosuunnittelussa	46
4.4.3 Puhdastilat.....	46
4.5 Tuotannon valvonta & ohjaus	47
5. TAHTITUOTANNOSTA LUOVUTUSVAIHEESEEN – TOIMINTATUTKIMUKSEN TULOKSET.....	49
5.1 Case-kohde: Ahveniston sairaala – Assi.....	49

5.2	Sisävalmistusvaihe kohdehankkeessa.....	50
5.3	Viimeistely- ja luovutusvaihe kohdehankkeessa	63
6.	HAASTATTELUTUTKIMUS	69
6.1	Haastattelututkimuksen suoritus	69
6.2	Haastateltavat.....	70
6.3	Tahtituotanto sairaalarakentamisessa	70
6.3.1	Tahtituotannon suunnittelu.....	71
6.3.2	Tahtituotannon valvonta ja ohjaus.....	74
6.3.3	Tahtituotannon toteutus	78
6.3.4	Suunnittelun yhteensovitus tahtituotantoon	80
6.4	Viimeistely- ja luovutusvaihe sairaalarakentamisessa	85
6.4.1	Viimeistelyvaiheen suunnittelu	86
6.4.2	Viimeistelyvaiheen toteutus.....	88
7.	POHDINTA	91
7.1	Suunnittelun haasteet sairaalarakentamisessa	91
7.2	Sairaalahankkeen organisointi.....	94
7.3	Tahtituotanto sairaalarakentamisessa	97
7.4	Viimeistelyvaiheen kehityskohdat sairaalarakentamisessa	101
7.5	Tutkimuksen luotettavuuden arviointi.....	104
8.	JOHTOPÄÄTÖKSET	106
8.1	Tutkimuksen tavoitteiden saavuttaminen	107
8.2	Jatkotutkimusmahdollisuudet.....	108
	LÄHTEET	110
	LIITE A: HAASTATTELURUNKO	115

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Toyotan tapaan ja Lean rakentamisessa -kirjoista mukailtu Toyota talo (Liker 2008, Salminen 2021; Ojala 2023 mukaan).</i>	18
Kuva 2.	<i>Modigin ja Åhlströmin (2013) mukainen tehokkuusmatriisi</i>	20
Kuva 3.	<i>Esimerkkikuva tahtiaikataulusta</i>	22
Kuva 4.	<i>Lean rakentamisessa -kirjan mukaiset aikataulujen esitystavat (Ojala 2023)</i>	26
Kuva 5.	<i>Salmisen (2021) Lean rakentamisessa -kirjan mukaiset lean-rakentamisen määritelmä ja keskeiset periaatteet</i>	29
Kuva 6.	<i>Salmisen (2021) kirjan mukainen Demingin PDCA-ympyrä</i>	30
Kuva 7.	<i>Urakkamuotojen vaikutus päätöksentekoon ja läpinäkyvyyteen (Kaunisvirta 2024).</i>	34
Kuva 8.	<i>Laakson Yhteissairaalan allianssirakenne (Impilä & Heikkinen 2023).</i>	37
Kuva 9.	<i>Assi lukuina (Ahveniston sairaala n.d.)</i>	50
Kuva 10.	<i>Kuuman tahtiaikataulu</i>	51
Kuva 11.	<i>Kuuman sairaalan sisämestakartta tahtituotannosta</i>	52
Kuva 12.	<i>Elektiivisen tahtiaikataulu</i>	52
Kuva 13.	<i>Elektiivisen sisämestakartta, jossa esitettynä myös runkolohkot EA.1-EB.2</i>	53
Kuva 14.	<i>Osaston tahtiaikataulu</i>	53
Kuva 15.	<i>Osaston sisämestakartta tahtituotannosta</i>	54
Kuva 16.	<i>Assin viikkokello sisävalmistusvaiheessa</i>	56
Kuva 17.	<i>Tahdin toteumaseurantaa Trimblessä</i>	60
Kuva 18.	<i>Havainnollistava kuva eräiden toimintakoealueiden aikataulusta</i>	63
Kuva 19.	<i>Assin viikkokello luovutusvaiheessa</i>	65
Kuva 20.	<i>Toimintakoealueiden viimeistelyvaiheen tehtävien toteumaseuranta</i>	67
Kuva 21.	<i>Päätöksenteon, suunnittelun, hankintojen ja urakoinnin ketjuttuminen tarpeiden ja imun näkökulmista. (Keskiniva et al. 2024).</i>	93
Kuva 22.	<i>Tutkimuskohteen aikatauluorganisaatio viimeistelyvaiheessa</i>	95
Kuva 23.	<i>Tutkimustulokset</i>	106

LYHENTEET JA MERKINNÄT

IV	Ilmanvaihto
LPS	Lean Production System, Yhdysvalloissa kehitetty lean-tuotantomalli Last Planner System, Leanin mukainen aikataulutuksenmenettely
LVISA	Lämpö, vesi, ilma, sähkö ja automaatio
KSL	Kiinteät sairaalalaitteet
KVA	LPS:ään liittyvä käännetty vaihe aikataulu, aikataulu tehdään lopusta alkuun päin
KVR	Kokonaisvastuurakentaminen
PDCA	Plan- Do-Check-Act, leanin mukainen tuotannon kehittämisen menetelmä, joka pohjautuu jatkuvaan parantamiseen
PJP	Projektinjohtopalvelu
PJU	Projektinjohtourakka
RAU	Rakennusautomaatio
RO-vesi	Käänteisosmoosilla suodatettua erittäin puhdasta vettä
SSU	Standard Space Units, tahtisuunnittelussa käytettävä vakio tilayksikkö, josta muodostetaan TPTC:n mukaan tahtialueet
TATE	Talotekniikka
TESU	Tehtäväsuunnitelma
TPS	Toyota Production System, Toyotan kehittämä tuotantomalli
TPTC	Takt Time Planning and Takt Control, Saksan malli tahtituotantoon
TTP	Takt Time Planning, Kalifornian malli tahtituotantoon
WIP	Work-in-Process, rakentamisessa keskeneräinen työvaihe, jonka jatkamiseen ei ole edellytyksiä
YSE	Rakennusalan yleiset sopimusehdot

1. JOHDANTO

Viimeisen vuosikymmenen ajan Suomessa on rakennettu sairaaloita tiheämmin kuin aiemmin. Suuri osa Suomen keskussairaaloista on vanhentunut samaan aikaan. (Pesonen 2022). Tutkimustyön tarkoituksena on selvittää, miten varmistetaan onnistunut vastaanotto vaativassa toimitilahankkeessa, kuten sairaalarakennuksessa.

1.1 Tutkimuksen tausta

Rakennushankkeilla on käytössä useita aikatauluja eri rakennusvaiheiden töiden suorittamisen tueksi (Aikataulukirja 2024). Rakennusalalla asennustyöt on totuttu saamaan helposti 95 % valmiiksi aikataulun mukaisesti. Aikataulun mukaan työt on suoritettava kerralla valmiiksi, siten ettei niihin jouduta palaamaan myöhemmin. Tutkimus pohjautuu tarpeeseen selvittää, miten päästäisiin eroon aikataulu- ja laatupoikkeamista siten, ettei häntiä syntyisi.

Rakennusalan taloudellisesta merkittävydestä huolimatta alan tuotantotehokkuuden kasvu on ollut hidasta koko 2000-luvun ajan. Rakennusalan sijaan esimerkiksi rakennustuoteteollisuudessa sekä suunnittelussa tuottavuuden kasvua kuitenkin on havaittu. Tehokkuuden parantaminen edellyttää muun muassa uudistamista, standardointia sekä hukkan vähentämistä. (Ahonen et al. 2020).

Leanin mukaisesti prosessin kaikkea arvoa tuottamatonta osuutta kutsutaan hukaksi (Salminen 2021). Koskelan (2004) mukaan Making-do on hukkan tyyppi, jossa tehtäviä aloitetaan ilman aloitusedellytyksiä. Tämä johtaa siihen, ettei niitä ole mahdollista suorittaa täysin loppuun tai tehtävien alussa on hukkaa aloitusedellytysten saavuttamiseksi. (Koskela 2004). Monimutkaisessa sairaalarakentamisessa, jossa tehtävätkin voivat olla vaativampia, on tärkeää varmistaa tehtävien aloitusedellytykset ajoissa ennen töiden alkua.

Keskeneräistä työtä voidaan kuvata termillä WIP, joka tulee sanoista Work in Process. Rakentamisessa tällä tarkoitetaan työvaiheita, jotka ovat kesken ja joiden jatkaminen riippuu esimerkiksi muista työvaiheista tai resurssien puutteesta. Liiallinen WIP vaikeuttaa rakennusprojektin hallintaa sekä taloudellisesti että operatiivisesti. Keskeneräinen työ vaikeuttaa projektin hallittavuutta, kasvattaa hukkaa sekä sitoo pääomaa keskeneräisiin tehtäviin. (González et al. 2006).

Viimeistely- ja luovutusvaiheella on nykypäivän rakennushankkeissa keskeinen vaikutus hankkeen kannalta (Aikataulukirja 2024). Tutkimuksessa käsitellään, mitä eri toimenpiteitä ja työvaiheita sairaalakohteen viimeistely- ja luovutusvaihe pitää sisällään ja miten ne saadaan suoritettua hyväksytysti aikataulussa.

Tahtituotanto on viime vuosina uudistanut rakennusala tuottamalla merkittäviä hyötyjä rakennushankkeiden aikatauluun sekä laatuun (RIL 2024). Tutkimuksessa käsitellään, miten tahdinohjauskeinoilla työt saataisiin suoritettua valmiiksi niille varatussa ajassa ilman virheitä ja puutteita.

Diplomityön aiheen määrittä Skanska Talonrakennus Oy:n tarve saada selvitettyä, miten varmistetaan vaativan toimitilakohteen, kuten sairaalarakennuksen, onnistunut ja oikea-aikainen luovutus. Eräs tutkimusongelma on onnistuneen työmaan toimintatapojen siirtäminen eteenpäin seuraaville työmaille sekä tahtituotannon että vastaanottomenettelyjen osalta. Suurella osalla työmaaorganisaatiosta ei ole välttämättä aiempaa kokemusta vaativien toimitilojen tahtituotannosta eikä vastaanottovaiheesta. Rakennusalan pitkäjänteisen kehittämisen ongelmana on hyvien toimintatapojen siirtäminen seuraaville projekteille, sillä yhteistyösuhteet ovat usein lyhyitä, yhden hankkeen mittaisia (Ahonen et al. 2020). Vaativan toimitilakohteen onnistuneen ja oikea-aikaisen luovutuksen mahdollistamista on siis hyödyllistä tutkia rakennusalan kehittämisen näkökulmasta.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus

Tutkimuksen tavoitteena on saada selvitettyä, miten varmistetaan sairaalakohteen onnistunut luovutus. Tutkimus rajautuu käsittelemään vastaanoton onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä sisävalmistusvaiheen alkamisesta kohteen luovutukseen saakka. Tutkimus käsittelee myös mitä erityistä huomioitavaa sairaalakohteen luovutuksessa on. Tutkimuksessa käsitellään kohdeyrityksessä toteutettua tahtituotantoa sekä viimeistely- ja luovutusvaihetta ja verrataan näitä kirjallisuustutkimuksessa esiintyneisiin toteutustapoihin.

Sairaalan erityispiirteistä on kirjoitettu suomeksi vain vähän. Sairaalan erityispiirteistä huomioitavia asioita selvitetään toimintatutkimuksen avulla.

Päätutkimuskysymys:

- Miten varmistetaan sairaalarakennuksen onnistunut oikea-aikainen vastaanotto?

Alatutkimuskysymykset:

- Millä tahtituotannon keinoilla voidaan edistää hankkeen aikataulullista ja laadullista onnistumista?

- Miten viimeistelyvaiheessa varmistutaan, että aikataulutetut tehtävät saadaan valmiiksi niille varatuissa ajoissa ja hanke päästään luovuttamaan ajoissa?
- Mitä sairaalarakentamisen erityispiirteitä on huomioitava sujuvan vastaanoton toteuttamiseksi?

Tutkimuksen perusteella hyväksi todettuja toimintatapoja voidaan viedä eteenpäin muihin vaativiin toimitilahankkeisiin tulevaisuudessa.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja rakenne

Tutkimus koostuu kirjallisuuskatsauksesta sekä toimintatutkimuksesta. Kirjallisuuskatsaus syventyy rakennushankkeen vaiheisiin, lean-rakentamiseen sekä sairaalarakentamisen erityispiirteisiin. Rakennushankkeen vaiheiden käsittelyssä tutkimuksessa painotetaan sisävalmistus- ja viimeistelyvaiheita tutkimustyön rajauksen mukaisesti. Lean-rakentamisen käsittelyssä keskitytään tahtituotantoon, sillä se on käytetty tuotantotapa case-kohteen sisävalmistusvaiheessa. Tutkimuksessa keskitytään eniten niihin sairaalarakentamisen erityispiirteisiin, joilla on vaikutusta hankkeen onnistuneeseen luovutukseen. Toimintatutkimus sisältää case-kohteen esittelyn sekä haastattelututkimuksen.

Tutkimuksen teemat liittyvät sairaalahankkeen tahtituotantoon ja viimeistelyvaiheeseen. Sekä tahtituotantoa että viimeistelyvaihetta koskeviin tutkimuskysymyksiin pyritään vastaamaan kirjallisuuskatsauksen sekä toimintatutkimuksen avulla. Kirjallisuuskatsauksessa esitellään teoreettinen lähestymistapa sekä tahtituotannon että viimeistelyvaiheen toteutukseen. Haastattelututkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten teoriaa ollaan onnistuttu soveltamaan käytännössä ja mitä haasteita on ilmennyt.

Sairaalarakentamisesta ja etenkin sairaalakohteen luovutuksesta on kirjoitettu vain vähän. Sairaalan erityispiirteitä esitellään kirjallisuuskatsauksessa 4. luvussa. Kolmanteen alatutkimuskysymykseen on tarkoitus löytää vastaus toimintatutkimuksen avulla. Tutkijan oma kokemus sairaalahankkeesta sekä haastattelututkimus selvittää case-kohteen viimeistelyvaiheeseen vaikuttaneita sairaalan erityispiirteitä.

Tutkimuksen lopuksi pohdinnoissa tutkija kokoaa kirjallisuuskatsauksen sekä toimintatutkimuksen avulla kerätyn tiedon yhteen. Pohdinnoissa vastataan päätutkimuskysymyksen onnistuneesta sairaalakohteen luovutuksesta.

2. RAKENTAMISVAIHEET

Yleisaikataulu kuvaa hankkeen suunnitellun kulun. Yleisaikatauluun pohjautuu työmaan toteutus ja ajoitus. Yleisaikataulu toimii lähtötietona muille tuotannon suunnitelmille, kuten resurssisuunnitelmille, hankintasuunnitelmille, rakentamisvaihe- ja viikkoaikatauluille sekä tehtäväsuunnittelulle. Yleisaikatauluja laaditaan hankkeen aikana kolme toisistaan eroavaa muotoa, jotka ovat alustava yleisaikataulu, sopimusyleisaikataulu sekä työaikataulu. Pää toteuttaja laatii ennen urakkatarjouksen antamista hankkeesta alustavan yleisaikataulun. Sopimusneuvotteluissa alustavaa yleisaikataulua käydään läpi ja tarvittaessa tarkennetaan ja muokataan, jolloin siitä muodostuu sopimusyleisaikataulu. Pää toteuttaja tarkentaa sopimusyleisaikataulua työaikatauluksi aikataulun tarkentamista ja töiden yhteensovittamista varten. Työmaalla tästä työaikataulusta useimmiten käytetään nimitystä yleisaikataulu. (Ratu KI-6036, 2023).

Koskenvesan ja Sahlstedtin (RATU KI-6031, 2017) mukaan rakentamisvaihe aikataulut laaditaan yleisaikataulun pohjalta tarkentamaan sitä. Rakennushankkeen rakentamisvaihe aikataulut tehdään erikseen kaikille rakentamisvaiheille, joita ovat tyypillisesti maanrakennus- ja perustusvaihe, runkovaihe, sisävalmistusvaihe sekä viimeistely- ja luovutusvaihe. Rakentamisvaihe aikataulun laatii pääurakoitsija ja siihen käytetään T3-aikoja sekä ajantasaisia määrätietoja ja suunnitelmia. (RATU KI-6031, 2017). Kosken (RATU KI-6020, 2010) mukaan rakentamisvaihe aikataulua voidaan pitää suuremman kokonaisuuden tehtäväsuunnitelmana, joka sisältää monia työvaiheita.

2.1 Maanrakennus- ja perustusvaihe

Rakentamisvaihe alkaa maanrakennustöillä, joiden tarkoituksena on saattaa maanpinta suunnitelmia vastaavaan korkoon ja rakentamisen aloituksen mahdollistavaan kuntoon. Maanrakennusvaiheessa on välillä myös vahvistettava maapohjaa riittävän kantavuuden varmistamiseksi. Maanrakennustöiden vaativuuteen vaikuttavat rakennuksen suuruus, alueen maa-aines sekä rakentamisen vuodenaika. (RATU KI-6020, 2010).

Kosken (RATU KI-6020, 2010) mukaan maanrakentamisen työlajeja ovat raivaus ja purku, maankaivu, louhinta, paalutus, maa- ja kalliovahvistus, täyttö ja tiivistys sekä putkiasennus. Rakennushankkeen loppuvaiheilla tehdään maanrakennustöistä pintarakenteet sekä aluevarusteiden asennukset. (RATU KI-6020, 2010).

Yksinkertaisemmissa kohteissa rakennesuunnittelija voi vastata myös maanrakennussuunnitelmista, kun taas vaativimmissa kohteissa on erillinen geotekninen suunnittelija.

Maanrakennustöistä etenkin kaivuutyöt aiheuttavat työturvallisuusriskejä sortumavaaran vuoksi, joten kaivantojen suojaus ja tuenta on suunniteltava huolellisesti. Rakennuksen perustusten tarkoituksena on puolestaan siirtää rakenteiden kuormitus turvallisesti maapohjalle. Perustukset myös suojaavat rakennusta maan kosteudelta sekä pohjavesiltä. (RATU KI-6020, 2010).

Kosken (RATU KI-6020, 2010) mukaan perustukset voidaan tehdä joko kalliolle, paa-luille, maanvaraisesti tai erikoisperustusten avulla. Perustamistapa riippuu maapohjan laadusta, kuinka lähellä kallio on maanpintaa sekä siitä, minkä suuruisia kuormia perustusten kautta maapohjalle tuodaan. Suurta ja monimutkaista sairaalarakennusta rakennettaessa painumat ja sallitut muodonmuutokset ovat pienempiä kuin pientaloja rakennettaessa.

Rakentamisvaiheessa maanrakennus- ja perustusvaiheen aikataulu laaditaan yleensä yhteisenä, joten aikataulujen yhteensovitus tehdään jo aikataulun suunnitteluvaiheessa (Junnonen 2010).

2.2 Runko- ja vesikattovaihe

Maanrakennus- ja perustusvaihetta seuraa runkorakentamisen vaihe (RATU KI-6020, 2010). Runkovaiheen onnistumisella on suuri merkitys hankkeen aikataulussa pysymiseen. Se on tahdistava työvaihe, jotta vesikattotyöt päästään aloittamaan ajoissa ja rakennus pääsee kuivumaan ajoissa sisävalmistusvaiheen aloitusta varten. Betonielementtirunko on nykyään käytetyin runkorakenteiden toteutustapa. (RT 82-10821, 2004).

Rakennuksen runko siirtää kantavien rakenteiden avulla rakennuksen kuormitukset perustusten kautta maaperään. Rungolle asetettavien lujuus- ja jäykkyysvaatimusten lisäksi sille asetetaan myös taloudellisia vaatimuksia, jotka usein vaikuttavat runkotyyppin valintaan. Rungon on kestävä siihen syntyvät jatkuvat rasitukset sekä osittain myös poikkeavia kuormitustilanteita kuten luonnonkatastrofeja tai tulipaloja. (RATU KI-6020, 2010).

Paikalla valettavan betonirungon työvaiheita ovat muotitus, raudoitus sekä betonointi. Betonielementtiasennuksen työvaiheita ovat elementtien vastaanotto ja niiden mahdollinen välivarastointi, paikalleen mittaus ja asennus, alustan tasaus, saumojen betonointi & -jälkihoito, muottien purkaminen sekä elementtitukien poisto. Rakennuksen betonirunko voi sisältää sekä paikalla valettavia että elementtirakenteita. (RATU KI-6020, 2010).

Rakentamisvaiheaikataulut esitetään usein jana-aikatauluna tai paikka-aikakaaviona. Runkovaiheen aikataulutuksessa pidetään tavoitteena elementtiasennuksen aloittamista

ajallaan. Sen mahdollistamiseksi on aikataulutettava ensin edeltävät työt, jotka tahdistavat elementtiasennuksen aloittamista. Näitä ovat esim. maanrakennus- ja perustustyöt, niiden yhteydessä tehtävät talotekniikka-asennukset sekä mahdolliset väestönsuoja- ja kellarirakenteet. (RATU KI-6031, 2017).

Elementit asennetaan joko lohkoittain tai kerroksittain siten, että ensin asennetaan jäykistävät ja kantavat rakenteet, joiden jälkeen muut täydentävät rakenteet (Elementtisuunnittelu, a). Runkovaiheen elementtiasennusten aikataulussa on huomioitava, että elementit pyritään asentamaan aina kuormasta paikoilleen (Elementtisuunnittelu, b). Elementtien kiinnitys muuhun runkoon tulee tehdä mahdollisimman pian asennuksen jälkeen. Myös elementtitukien poistolle on varattava aikaa. (Elementtisuunnittelu, a).

Sairaalaa peruskorjattaessa tai rakennettaessa olemassa olevan sairaalan läheisyyteen on etenkin runkovaiheessa huomioitava olemassa olevan sairaalan häiriötön toiminta. Tämä vaatii tarkkaa kulkureittisuunnitelmaa esteettömän liikenteen toteuttamiseksi. (Korhonen & Reijula 2009, Ahveniston sairaala n. d.).

2.3 Sisävalmistusvaihe

Sisävalmistusvaihe on rakentamisen vaihe, joka pitää sisällään runko-, vesikatto- ja täydentävien rakenteiden jälkeiset työvaiheet väliseinistä ja lattiatasoituksista varuste-, opaste- ja laiteasennuksiin. Sisävalmistusvaiheessa työt etenevät pölyisistä pölyttömiin (RATU KI-6036, 2023). Sisävalmistusvaiheessa monet työvaiheet ovat riippuvaisia toisistaan, joten aikataulu on luotava järkevää työjärjestystä noudattaen. Riippuvuuksien huomiointi sisävalmistusvaiheen aikataulutuksessa mahdollistaa häiriöttömän tuotannon etenemisen. (Junnonen 1998; Kalliomaa 2021 mukaan).

Aikataululla on suuri merkitys rakennushankkeiden kustannustehokkuuteen, jonka vuoksi aikataulu on luotava tehokkaaksi töiden vaiheistuksen avulla. Vaiheistuksella määritetään tehtäväketju, jonka avulla hankkeen aikataulu saadaan mahdollisimman lyhyeksi ja kustannustehokkaaksi. Projektin lyhintä mahdollista läpimenoaikaa kutsutaan kriittiseksi poluksi, jonka tehtäväketjun aikataulussa pysyminen määrää koko hankkeen aikataulun onnistumisen. Koska sisävalmistusvaiheen työt ovat pääosin riippuvaisia toisistaan, on tärkeää tunnistaa kriittisen polun tehtävät jo hanketta aikataulutettaessa. (RATU KI-6031, 2017).

Sisävalmistusvaiheen aikataulutuksessa on yleistynyt viime vuosina tahtiaikataulu. Tahtiaikataulun vahvuus on toistuvissa kohteissa. (Salminen 2021). Sairaalarakennusten tilat eivät vuodeosastotiloja lukuun ottamatta ole kovinkaan samanlaisia, joten tahtituotannon käyttö sairaalarakentamisessa vaatii huolellista tuotannon suunnittelua.

Sairaalarakentamisen sisävalmistusvaiheessa käytetään P1-puhtausluokitusta sisäilmaston parantamisen vuoksi (Koivisto 2019). Etenkin sairaalarakennuksessa puhtaus-tason ylläpito on tärkeää kohteen luovutukseen asti (Tiensuu 2018).

2.4 Viimeistely- ja luovutusvaihe

Nykyaikaisissa rakennushankkeissa viimeistelyvaihe on keskeisessä osassa hankkeen onnistumisen kannalta. Vaativassa talonrakennushankkeessa, kuten sairaalahankkeissa, viimeistely- ja luovutusvaiheen merkitys on suuri hankkeen oikea-aikaisen luovutuksen kannalta. Suunnitellun luovutuksen ja käyttöönoton mahdollistamiseksi on viimeistelyvaihe huolellisesti suunniteltava sekä ohjattava sen toteutus. (Ratu KI-6036, 2023). Viimeistely- ja luovutusvaiheen aikataulusta käytetään toisinaan nimitystä vastaanottovaiheen aikataulu. Tätä nimitystä käytetään usein rakennuttajan puolelta kuvaamaan rakennuksen vastaanottoa pääurakoitsijalta. (Tainio 2016).

Viimeistely- ja luovutusvaiheen aikataulu on yhteensovittettava hankkeen eri osapuolten kanssa ja sitoutettava osapuolet siihen esimerkiksi urakkasopimusten avulla. Viimeistely- ja luovutusvaiheen aikataulu sisältää mm.

- osapuolten omat tarkastukset ja korjaukset
- TATE-järjestelmien koekäytöt
- Muut tekniset tarkastukset, kokeet ja mittaukset
- Jälki- ja viimeistelytarkastukset
- Käytön opastukset
- Viranomaistarkastukset
- Kohteen luovutuksen ajoitus. (Ratu KI-6036, 2023).

Viimeistelyaikatauluun suunnitellaan kohteelle valmistumisjärjestys. Myös viimeistelyvaiheessa tehtävien riippuvuudet on otettava huomioon aikataulua laadittaessa. Riippuvuuksia on esimerkiksi seuraavien tehtävien välillä:

- Pölyvien työvaiheiden valmistuminen ennen toimintakokeita ja säätöjä
- TATE-urakoitsijoiden laite- ja asennustarkastukset sekä järjestelmäkohtaiset toimintatestaukset ennen virallisia toimintakokeita
- TATE-järjestelmien mittaus ja säätö urakoitsijoiden toimesta sekä valvojien ja suunnittelijoiden suorittama mittaustulosten tarkastus ennen viranomaistarkastuksia
- Urakoitsijoiden järjestämät järjestelmien käytönopastukset ennen kohteen luovutusta
- Rakennuksen ennakkotarkastusten ajoitus, jotta tarvittavat korjaukset valmistuvat ennen loppusiivousta

- Huoltokirjamateriaalin kokoaminen ja tarkastus ennen kohteen luovutusta
- Kohteen itselleluovutus ennen vastaanottokatselmusta. (Ratu KI-6031, 2017).

2.4.1 Itselleluovutus

Itselleluovutus on tärkeä osa hankkeen luovutusta. Itselleluovutukset tehdään hankkeessa kaikkien rakennusteknisten sekä taloteknisten järjestelmien ja laitteiden osalta. (Junnonen 2010; RT 10-11255, 2017).

Junnoson (2010) mukaan itselleluovutuksen vaiheet voidaan jakaa rakennusteknisiin ja taloteknisiin tehtäviin. Itselleluovutuksen rakennusteknisen osion työvaiheita ovat

- Luovutuksen esitarkastus
- Systemaattisten virheiden ja puutteiden korjaus
- Satunnaisten virheiden ja puutteiden korjaus
- Korjausten tarkastus ja luovutusvalmiuden toteaminen
- Loppusiivous ja tilojen lukitseminen (RT 10-11255, 2017).

Talotekniikkajärjestelmien itselleluovutuksen tavoitteena on varmistaa, että laitteet ja järjestelmät toimivat suunnitellusti. Tämä TATE-osio itselleluovutuksesta käsittää

- Laite- ja asennustapatarkastuksen
- Toimintatarkastus & toimintakoevalmiuden toteamisen
- Toimintakokeiden suorituksen
- Koekäytöt ja yhteiskoekäytöt
- Tarkastusmittausten ja säätöjen teon
- Loppukatselmuksen. (Junnonen 2010; RT 10-11255 2017).

Itselleluovutuksia on kahdenlaisia. Pääurakoitsija suorittaa yllä mainitun listan mukaisen itselleluovutuksen hankkeen lopuksi, jossa luovuttaa koko kohteen tilaajalle. (Junnonen 2010). Koska itselleluovutukset koskevat kaikkia urakkasopimuksia, myös aliurakoitsijat suorittavat itselleluovutukset urakkansa tilaajalle (RT 10-11255, 2017). Aliurakoitsijat suorittavat urakkakohtaisesti itselleluovutukset, urakkamuodosta riippuen yleensä pääurakoitsijalle. (Junnonen 2010).

2.4.2 Rakennustekniset tarkastukset

Viimeistelyvaiheen tarkastusten avulla varmistetaan sopimusasiakirjojen mukaiset laatuvaatimukset. Ne määrittyvät Rakennustöiden yleisistä laatuvaatimuksista (SisäRYL) sekä sopimusasiakirjoista. (RT 14-11103 2013; Tainio 2016 mukaan).

Mallikatselmus

Alkavista töistä suoritetaan mallityöt, joissa todetaan vaadittava laatutaso tuleville työsuorituksille. Mallityö katselmoidaan pääurakoitsijan, rakennuttajan tai sitä edustavan valvojan sekä suunnittelijoiden kanssa. Hyväksytyyn mallisuorituksen jälkeen urakoitsija voi jatkaa töiden suorittamista muilla alueilla. (RT 10-11255 2017).

Urakoitsijoiden itselleluovutus & niiden tarkastus

Urakoitsijat tarkastavat oman työnsä ja tekevät siitä itselleluovutuksen. Itselleluovutuksella urakoitsija täyttää velvollisuutensa YSE:n mukaisesta laadunvalvonnasta. Sopimusasiakirjoissa voidaan sopia tarkemmasta laadunvalvonnasta. Urakoitsijan on toteutettava työt siten, että sopimuksen ja mallikatselmuksen mukainen laatutaso saavutetaan. (RT 16-10660 1998).

Urakoitsijan suorittaman itselleluovutuksen jälkeen pääurakoitsija suorittaa tarkastuksen itselleluovutetulle urakalle tai työvaiheelle. Urakoitsijan itselleluovutukset voidaan tehdä urakoittain, alueittain tai työvaiheittain riippuen rakennettavan kohteen laajuudesta. Itselleluovutus tehdään viimeistään urakan valmistuttua ja itselleluovutuksen toteutustavoista sovitaan urakkasopimuksessa. Urakoitsijan itselleluovutukset ovat aliurakan laadunvarmistuksen omavalvontaa. (Junnonen & Kankainen 2012).

Yleistarkastus

Tainion (2016) mukaan yleistarkastukset ovat osa rakennuttajan vastaanottotarkastusta. Yleistarkastuksia suorittavat pääurakoitsijan lisäksi rakennuttaja, rakennuttajakonsultti tai muu rakennuttajan osoittama rakennustöiden valvoja sekä tarvittaessa suunnittelijat (Tainio 2016).

Tarkastuksissa havaitut virheet ja puutteet dokumentoidaan ja kerätään virhe- ja puutelistoiksi, niin sanotuiksi ”vipulistoiksi”. Tarkastusten suorittamiselle on varattava riittävästi aikaa, jotta kohde ehditään tarkastamaan huolellisesti. (Tiensuu 2018). Tarkastukset sekä korjauksille varatut ajat aikataulutetaan viimeistely- ja luovutusvaiheen aikatauluun. (RT 10-11255 2017).

Loppusiivous

Sairaalakohteissa käytetään kaksivaiheista loppusiivousta. Sillä tarkoitetaan, että suojaukset poistetaan ja tilat siivotaan P1-puhtausluokituksen mukaiseksi ennen toimintakokeita. Toimintakokeiden, mittaus- ja säätötöiden sekä alakaton ummistusten jälkeen tehdään lopullinen siivous kohteen luovutusta varten. (Koivisto 2019).

Käytönopastukset

Urakoitsija järjestää tilaajan esittämälle kohderyhmälle tarvittavat käytönopastukset. Käyttökoulutusten tavoitteena on opastaa laitteiden ja järjestelmien toiminta, jotta estetään niiden vääränlainen käyttö ja sen aiheuttamat vahingot. Yleisimmin käytönopastukseen osallistuu rakennuksen käyttäjät sekä huoltohenkilöstö. (RT 103171 2019). Monimutkaisissa tai suurissa kohteissa, kuten sairaaloissa, käytönopastukset on tarkoin aikataulutettava sillä niitä on pidettävänä useita eri järjestelmistä ja eri henkilöille. Käytönopastukset on syytä yhteensovittaa viimeistelyvaiheen aikatauluun.

Jälkitarkastus

Jälkitarkastusten tavoitteena on todeta edellisten tarkastusten havaitut virheet tai puutteet joko tehdyiksi tai tekemättömiksi. Pääurakoitsija tarkastaa tehdyt työt jälkitarkastuksessa urakoitsijoiden korjattua heille osoitetut virheet ja puutteet. Rakennustöiden valvoja tarkastaa virheet ja puutteet, kun ne ovat pääurakoitsijan mukaan korjattu. (Tainio 2016).

2.4.3 Talotekniset tarkastukset

Taloteknisten tarkastusten, toimintakokeiden ja mittauksen tarkoituksena on varmistaa laitteiden toimivan oikein ja täyttävän niille suunnitellut ominaisuudet ja lainsäädännön tai viranomaisten vaatimukset. Tarkastusten pöytäkirjat liitetään luovutusmateriaaliin. Tarkastusten laajuus määräytyy rakennettavan kohteen koon ja vaativuuden perusteella. (RT 10-11302 2018).

Laite- ja asennustapatarkastus

Laite- ja asennustapatarkastusten tarkoitus on varmistaa hankkeessa käytettyjen laitteiden ja tarvikkeiden täyttävän niille suunnitellut vaatimukset niin materiaalien, asennustavan kuin mitoitusarvojenkin osalta. Urakoitsijat suorittavat laite-, materiaali- ja asennustapatarkastuksia jatkuvasti töiden edetessä. (RT 10-11302 2018). Asennustapatarkastukset suorittaa rakennuttajan edustajana joko työmaavalvoja, erillinen talotekniikan valvoja tai työhön palkattu konsultti. (Tainio 2016).

Putkistojen painekokeet ja puhdistus

Putkistoille suoritetaan painekokeet ja ilmanvaihtokanaville tiiveyskokeet asennusten valmistuttua. Paine- ja tiiveyskokeiden tarkoituksena on havaita mahdolliset vuotokohtat ennen järjestelmien käyttöönottoa. Putkiverkosto koepainetaan usein osissa, sillä putkistot tulee koepainaa ennen niiden rakenteellista peittämistä tai eristämistä. Lopuksi

koepainetaan koko putkiverkosto. Ilmanvaihtokanaviston tiiveyskokeiden laajuus määritellään etukäteen. Urakoitsijat laativat pöytäkirjat suoritetuista paine- ja tiiveyskokeista. (RT 10-11302 2018).

Kaikki putkiverkostot puhdistetaan huuhtelemalla ennen käyttöönottoa. Putkistoja otettaessa käyttöön osissa, jokainen osa huuhdellaan ja todetaan puhtaaksi ennen pääverkostoon liittämistä. IV-kanaville suoritetaan puhtaustarkastus suunnitelmien mukaisesti. Mikäli epäillään kanavien saastumista, puhtaus tarkistetaan uudelleen ja puhdistetaan epäpuhtauksista. Putkistojen huuhtelu sekä IV-kanavien puhdistus dokumentoidaan ja hyväksytetään rakennuttajalla. (RT 10-11302 2018).

Toimintatarkastus

Toimintatarkastus on talotekniikkaurakoitsijoiden laadunvarmistustoimenpide, jonka tavoitteena varmistaa laitteiden käyttöönottovalmius. Toimintatarkastus toteutetaan urakoitsijoittain järjestelmäkohtaisesti ja siinä varmistetaan asennustyön laatuksien täyttyminen sekä laitteiston suunnitelmien mukainen toiminta. Pääurakoitsijan tehtävänä on koordinoita ja valvoa toimintatarkastuksien suoritusta ja esimerkiksi aikatauluttaa ne viimeistelyvaiheen aikatauluun. (RT 10-11302 2018).

Toimintatarkastus suoritetaan ennen toimintakokeita, jotta järjestelmässä mahdollisesti esiintyvät virheet havaitaan, dokumentoidaan ja korjataan ennen toimintakokeita. Urakoitsija käy toimintatarkastuksessaan läpi kaikki toimintakokeissa tarkastettavat asiat. Toimintatarkastuksista laaditaan pöytäkirjat, jotka on oltava mukana toimintakokeissa. Pienemmissä kohteissa toimintatarkastus voi vastata itselleluovutusta, kun taas suurissa kohteissa asennusten itselleluovutuksia tehdään työvaiheittain jo sisävalmistusvaiheen aikana. Suurissa tai monimutkaisissa kohteissa myös toimintatarkastuksia suoritetaan vaiheittain. Toimintatarkastukset, joihin liittyy rakennusautomaatiotyötä, suoritetaan RAU-urakoitsijan johdolla. Toimintatarkastuksiin tarvitaan usein paikalla useampaa eri talotekniikkaurakoitsijaa. (RT 10-11302 2018).

Toimintakokeet

Rakennus- ja taloteknisten töiden viimeistely- ja luovutusvaiheen aikataulun yhteensovitus on tärkeää, jotta esimerkiksi kaikki rakennustyöt ovat valmiita ja tilat ovat siivottu ajoissa ennen toimintakokeiden aloitusta. Toimintakokeen aloitusvalmius edellyttää myös, että koneet ja laitteet on asennettu ja merkitty suunnitellusti, sekä jännite kulkee lopullista kaapelointia pitkin. TATE-urakoitsijoiden on oltava paikalla toimintakokeissa. (Junnonen 2010).

Toimintakokeiden tavoitteena on varmistaa laitteiden oikeanlainen asennus ja toiminta. Toimintakokeissa tarkastetaan instrumentointi ja merkinnät, pyörimissuunnat, hälytykset

ja varolaitteet, ohjaukset ja pakkokytkenät sekä säätötoiminnot. (Junnonen 2010; Ratu KI-6031 2017).

Taloteknisten laitteiden koekäyttövaatimukset määritetään sopimusasiakirjoissa. Koekäytöt pidetään laitteille, joiden oikeanlaisesta toiminnasta halutaan varmistua ennen käyttöönottoa. Koekäyttöä varten laaditaan koekäyttösuunnitelma, jossa on suunniteltava myös järjestelmien yhteiskoekäytöt. (Ratu KI-6031 2017). Koekäytöt tehdään yleensä mm. kattilalaitoksille, kylmä- ja pakastetiloille, erikoisilmastoiduille tiloille, jäähdytyksellä varustetuille ilmastointikoneille, lämmöntalteenottokoneille sekä varavoimalaitoksille. (Junnonen 2010). Toimintakokeiden suorituksen laajuus määritetään kohdekohtaisesti. Vaativissa kohteissa, kuten sairaaloissa, toimintakoelajuuus on 100 %. Vaativissa kohteissa koekäytettäviä laitteita ja järjestelmiä on runsaasti, sillä järjestelmien oikeanlaisesta toiminnasta halutaan olla erityisen varmoja. (RT 10-11302 2018)

Mittaus- ja säätö

Toimintakokeiden jälkeen suoritetaan mittaus- ja säätötyöt, joiden avulla asetetaan talotekniikkajärjestelmille ja -laitteille vaaditut toiminta-arvot. Mittaustulokset sekä säätöarvot kirjataan pöytäkirjoihin, jotka tarkastutetaan TATE-valvojilla ja suunnittelijoilla. (RT 10-11302 2018).

Taloteknisten järjestelmien tarkistusmittaukset tehdään toimintakokeiden jälkeen laitteiden ollessa päällä. Mittausten avulla voidaan varmistua laitteiden olevan vastaanottokunnossa. Mitattaviin laitteisiin sisältyvät lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteet. Niistä mitataan mm. virtausmäärät, lämmitysjärjestelmän sekä automatiikan toimivuus. (Ratu KI-6031 2017).

Yhteiskoekäyttö

Hyväksytyjen toimintakokeiden jälkeen suoritetaan yhteiskoekäytöt, joiden vaatimukset on määritelty suunnitelmissa. Yhteiskoekäyttöjen tarkoituksena on testata järjestelmien samanaikaista toimintaa normaalin käytön mukaisissa olosuhteissa. LVISA-urakoitsijat suorittavat yhteiskoekäyttötoimenpiteet suunnitelmien mukaisesti. Sähkökatk testi, ts. Black Out -testi, järjestetään osana yhteiskoekäyttöjä. Yhteiskoekäytön pöytäkirja liitetään luovutusasiakirjoihin. (RT 10-11302 2018).

2.4.4 Viranomaistarkastukset

Viranomaisvalvonnan laatu sekä laajuus suhteutetaan rakennushankkeen vaativuuteen. Viranomaistarkastuksiin kuuluvat esimerkiksi rakennusvalvontaviraston, vesi- ja energialaitoksen sekä paloviranomaisten tekemät tarkastukset. Viranomaistarkastuksien jär-

jestäjät määritetään sopimusasiakirjoissa. Rakennushankkeen alkaessa järjestetään rakennusvalvontaviranomaisen kanssa aloituskokous, KVV-aloituskokous sekä IV-aloituskokous, joissa määritetään hankkeen viranomaisvalvonnan käytännöt ja vaatimukset. (YM5/601/2015 2015).

Lainmukaisia mahdollisia viranomaiskatselmuksia ovat:

- Sijaintikatselmus,
- Pohjakatselmus,
- Rakennekatselmus,
- IV-katselmus,
- Lämpökatselmus
- Vesi- ja viemärikatselmus.

Viranomaiskatselmusten lisäksi rakennusvalvontaviranomainen voi määrätä tehtäväksi tarkastuksia, joita ovat esimerkiksi:

- VSS-tarkastus,
- Savunpoistotarkastus,
- Palokatselmus,
- Automaattisen paloilmalaitteen tarkastus,
- Sähkön varmennustarkastus,
- Kaukolämpötarkastus,
- Sprinklerilaitostarkastus,
- Hissitarkastus,
- Käyttöönottolupa sekä
- Loppukatselmus (YM5/601/2015 2015).

Viranomaiskatselmusten ja -tarkastusten järjestäminen ajoittuu koko rakennushankkeen ajalle. Edellä mainituista luetteloista esimerkiksi aloituskokoukset ja pohjakatselmus pidetään hankkeen alussa. Suurin osa tarkastuksista pidetään luovutusvaiheessa, kun järjestelmien toiminnasta on saatu varmuus. Näitä ovat esimerkiksi hissitarkastus, ilmanvaihtokatselmus sekä vesi- ja viemärikatselmus. Rakennuttajan on pidettävä huoli, että vaadittavien viranomaiskatselmusten pöytäkirjat ovat saatavilla vastaanottotarkastuksessa. (Tiensuu 2018).

Päätoteuttaja kutsuu rakennusvalvontaviranomaisen suorittamaan rakennuksen loppukatselmuksen ajoissa ennen kohteen luovutusta tilaajalle. Huoltokirja on oltava saatavilla loppukatselmuksessa. Rakentamismääräyskokoelmassa määritetään loppukatselmuksessa tarkastettavat asiat, joita ovat:

- rakennustyö on saatettu loppuun rakennusluvan sekä rakentamista koskevien säännösten ja määräysten mukaisesti,
- Rakennusvalvontaviranomaisen määräämät katselmukset ja tarkastukset sekä niissä vaaditut toimenpiteet on tehty,
- Muuhun lakiin perustuvat ja rakennuksen käyttöturvallisuuteen olennaisesti vaikuttavat tarkastukset ja niissä vaaditut toimenpiteet on tehty,
- Rakennustyön tarkastusasiakirjaan on tehty 150 f §:ssä edellytetyt merkinnät ja tarkastusasiakirjan yhteenveto on toimitettu rakennusvalvontaviranomaiselle;
- Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje, jos sellainen on laadittava, on riittävässä laajuudessa valmis ja toimitettavissa rakennuksen omistajalle ja
- Ympäristönsuojelulain mukainen lupa, jos sellaista tarvitaan rakennuksen käyttötarkoituksen mukaiseen toimintaan, on saanut lainvoiman. (YM5/601/2015 2015).

2.4.5 Vastaanotto

Tainion (2016) mukaan vastaanotto sisältää kolme erillistä tapahtumasarjaa, jotka ovat tekninen vastaanotto, juridinen vastaanotto sekä taloudellinen loppuselvitys. Rakennusteknisten töiden sekä LVISA-töiden vastaanotot aikataulutetaan vaiheittain viimeistelyvaiheen aikataulun yhteyteen. (Tainio 2016).

Vastaanottotarkastus

Kohteen vastaanottotarkastus pidetään rakennustöiden ollessa valmiit ja kun rakennus on käyttöönotettavissa. Sekä päätoteuttajalla että tilaajalla on oikeus vastaanottotarkastuksen pyytämiseen. Vähäiset puutteet ja niiden viimeistelytyöt eivät estä rakennuksen vastaanottotarkastuksen pitämistä. Vastaanottotarkastus on juridishallinnollinen tilaisuus, jonka yhteydessä päätoteuttaja luovuttaa rakennuksen tilaajalle. (Junnosen & Kankainen 2020).

Junnosen ja Kankaisen (2020) mukaan vastaanottotarkastuksen tavoitteena on selvittää, onko rakennus sopimusasiakirjojen mukainen. Rakennuskohde on käyttöönotettavissa, kun urakoitsija on varmistanut rakennustöiden valmistumisen sekä laitteiden ja järjestelmien toiminnan. Käyttöönotto edellyttää myös viranomaisen antaman käyttöluvan rakennukselle, jossa todetaan, että rakennus täyttää viranomaisvaatimukset. Viranomaisvaatimusten täyttö ei kuitenkaan ota kantaa sopimusteknisiin vaatimuksiin. (Junnosen & Kankainen 2020).

Vastaanottotarkastuksesta pidettävään pöytäkirjaan merkitään puuttuvat ja virheelliset suoritukset sekä haitat. Puutteilla tarkoitetaan sopimusvelvoitteiden suorittamatta jättämistä. Virheillä tarkoitetaan suorituksia, jotka eivät vastaa sopimusvaatimuksiin. Haitoilla tarkoitetaan vahinkoja, jotka sopimuksen noudattamatta jättämisestä aiheutuvat rakennuttajalle tai urakoitsijalle. Vastaanottotarkastuksessa havaitut virheet ja puutteet on korjattava mahdollisimman nopeasti. Takuuajan piiriin kuuluu vastaanottotarkastuksen jälkeen havaittavien niiden virheiden ja puutteiden korjaaminen, joita ei kohtuudella tarkastettaessa ole voitu huomata. (Junnonen & Kankainen 2020).

Virheen merkitys ja korjausmahdollisuudet on otettava huomioon virheen korjauksesta sovittaessa. Virhe voidaan sopia korjattavaksi määräaikaan mennessä tai sen vähäisyyden vuoksi se voidaan hyväksyä ilman seuraamuksia. Virheet voidaan myös korvata urakkahinnasta arvovähennyksenä tai käsitellä vasta takuutarkastuksessa. Korjattavaksi määrättyjen virheiden korjauksesta on sovittava jälkitarkastus korjausten määräajan umpeuduttua. (Tiensuu 2018). Junnoson ja Kankaisen (2020) mukaan rakennuttajan vaatimuksesta urakoitsija on kohtuullista lisäveloitusta vastaan velvollinen korjaamaan myös sellaiset virheet ja puutteet, jotka eivät sisälly urakkasopimukseen.

Vastaanottotarkastuksen pöytäkirja osoittaa mitä tarkastuksessa on havaittu ja päätetty. Pöytäkirjan sisällys on laadittava YSE:n mukaiseksi. Pöytäkirjassa selviää hyväksyykö rakennuttaja kohteen ja missä laajuudessa. (Junnonen & Kankainen 2020).

Taloudellinen loppuselvitys

Taloudellinen loppuselvitys voidaan pitää vastaanottotarkastuksen yhteydessä tai sen jälkeen (Tainio 2016). Taloudellisen loppuselvityksen tarkoitus on päättää lopullisesti ja sitovasti osapuolten väliset urakkaa koskevat epäselvyydet. Urakoitsijan tulee kahden viikon kuluessa tarkastuspöytäkirjan saamisesta tehdä ja lähettää tilaajalle lopputilitys, ellei muuta määräaikaan sovita. Lopputilitys sekä tilaajan vastine tälle käsitellään kuukauden sisällä pidettävässä loppuselvitystilaisuudessa. (Junnonen & Kankainen 2020).

Loppuselvitystilaisuudessa neuvotellaan osapuolten esittämistä vaatimuksista ja tilaisuuden tarkoituksena on löytää niille yhteisesti hyväksyttävä ratkaisu. Loppuselvitystilaisuudessa käsiteltävät asiat on tuotava ilmi viimeistään vastaanottotarkastuksen yhteydessä. Loppuselvityspöytäkirjan on syytä lisätä maininta, että osapuolten väliset asiat on loppuselvityksessä käsitelty, eikä uusia vaatimuksia tulla esittämään. Näin osapuolet voivat luottaa, ettei uusia taloudellista vastuuta sisältäviä asioita enää ilmaannu. (Junnonen & Kankainen 2020).

Käyttöönotto

Rakennuksen käyttöönotto voidaan aloittaa viimeistään vastaanottotarkastuksen jälkeen, jolloin alkaa myös rakennuksen takuu-aika. (RT 16-10660). Rakennuksen vastaanoton yhteydessä myös urakoitsijan suoritus-aika päättyy, työmaapalveluiden antaminen sekä työnjohtovelvollisuus päättyy, vaaranvastuu siirtyy rakennuttajalle sekä rakennuttajalle syntyy maksamattoman urakan maksuvelvollisuus. (Junnonen & Kankainen 2020).

3. LEAN-RAKENTAMINEN

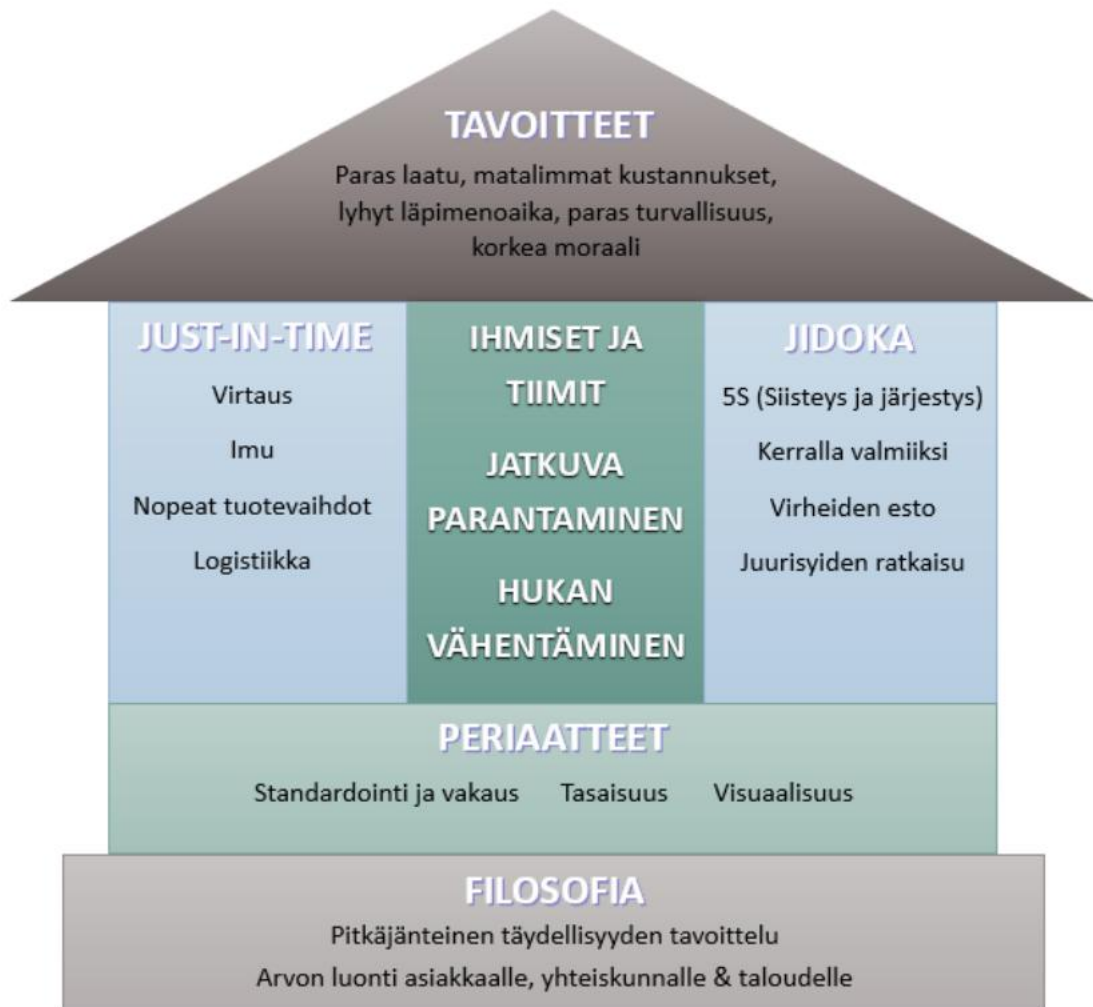
3.1 Lean

Lean perustuu Toyotan autoteollisuudessa hyödynnettyyn Toyota Production System - tuotantomalliin (TPS). Lean Production System, LPS, kehitettiin 1980-luvulla Yhdysvalloissa, jossa lean-johtaminen yleistyi. Lean-johtaminen ajatellaan yhdeksi nykyään vallitsevaksi johtamisteoriaksi. (Salminen 2021).

Lean-filosofian tavoitteina ovat jatkuva parantaminen, arvon luominen asiakkaalle ja kaiken arvoa tuottamattoman toiminnan poistaminen (Forbes & Ahmed 2011, Suni 2024 mukaan). Leanin avulla arvon luominen asiakkaalle tehdään mm. lisäämällä arvontuottoa, vähentämällä hukkaa, lyhentämällä läpimenoaikoja sekä lisäämällä joustavuutta. Hukaksi kutsutaan arvoa tuottamatonta toimintaa. (Salminen 2021). Koskelan (2000) mukaan arvoa luodaan minimoimalla materiaalien, ajan ja työn hukkaa.

Toyota-talo

Taiichi Ohnon Toyotalle kehittämää Toyota-taltoa pidetään leanin tunnetuimpana esitystapana. (Salminen 2021 s. 18, Liker 2004 s. 32–33). Modigin ja Åhlströmin (2013) mukaan lean-ajattelun perusta muodostui Toyota Motor Corporationin keskittymisestä virtaustehokkuuteen. Toyota kehitti leanin mm. varastojen pienentämistä ja laadun parantamista varten. (Modig & Åhlström 2013). Salmisen (2021) kirjassa esitetyssä Toyotalossa (kuvassa 1) lean-filosofia muodostaa perustukset, periaatteet ja menetelmät muodostavat rungon sekä pilarit ja lean-organisaation tavoitteet muodostavat katon.



Kuva 1. Toyotan tapaan ja Lean rakentamisessa -kirjoista mukailtu Toyota talo (Liker 2008, Salminen 2021; Ojala 2023 mukaan).

Toyota-talon katto sisältää toiminnan tavoitteet, joita ovat paras laatu, matalimmat kustannukset, lyhyt läpimenoaika, paras turvallisuus sekä korkea moraalii. Kattoa kannattelevat pilarit kuvaavat tehokkuutta ja laatua. Ensimmäisen, tehokkuuspilari on monesti Toyota-talon mukaisen toiminnan näkyvin osa. Pilarin Just-In-Time, JIT, kuvaa oikea-aikaista tekemistä sekä tuotetoimituksia. Se sisältää myös jatkuvan virtauksen, imun, vaihtoaikojen lyhentämisen sekä logistiikan. Toinen pilari, Jidoka, kuvaa laatua ja sen merkitystä organisaatiossa. Leanin mukaisia laadunhallintamenetelmiä ovat esim. 5S, automaattinen seis, virheiden minimointi sekä 5-miksi-selvitykset. Pilarien välinen keski-osa muodostuu jatkuvasta parantamisesta, joka saavutetaan ihmisten ja tiimien välisen yhteistyön sekä hukan vähentämisen avulla. Talon rungon periaatteet muodostavat tuotannon standardointi ja vakauttaminen, tasaisuus sekä visuaalinen parantaminen. Talon perustukset muodostaa arvon luonti asiakkaalle sekä pitkäjänteinen täydellisyyden tavoittelu. (Liker 2004, s. 32–33, Salminen 2021, s. 18–19).

Salminen (2021) mukaan arvon luonti tapahtuu pääasiassa hukkaa minimoimalla, eli poistamalla prosessista kaikki arvoa tuottamattomat osat. Arvovirta puolestaan muodostuu imuohjatusta, tasaisesta virtautetusta prosessista noudattaen Jidokan sisäänrakennetun laadun periaatetta. Ihmisten kehittäminen onnistuu luomalla motivaatiota esimerkiksi kunnioituksen ja kuuntelemisen avulla. Jatkuvan parantamisen kulttuuri luodaan toiminnan arvioimisen, kehittämisen sekä systemaattisen ongelmien ratkaisun avulla. (Salminen 2021). Taiichi Ohno pitää standardointia lähtötasona jatkuvalla parantamiselle, sillä ilman lähtötasostandardia ei ole mitään mihin paranneltua versiota verrata (Miller 2007).

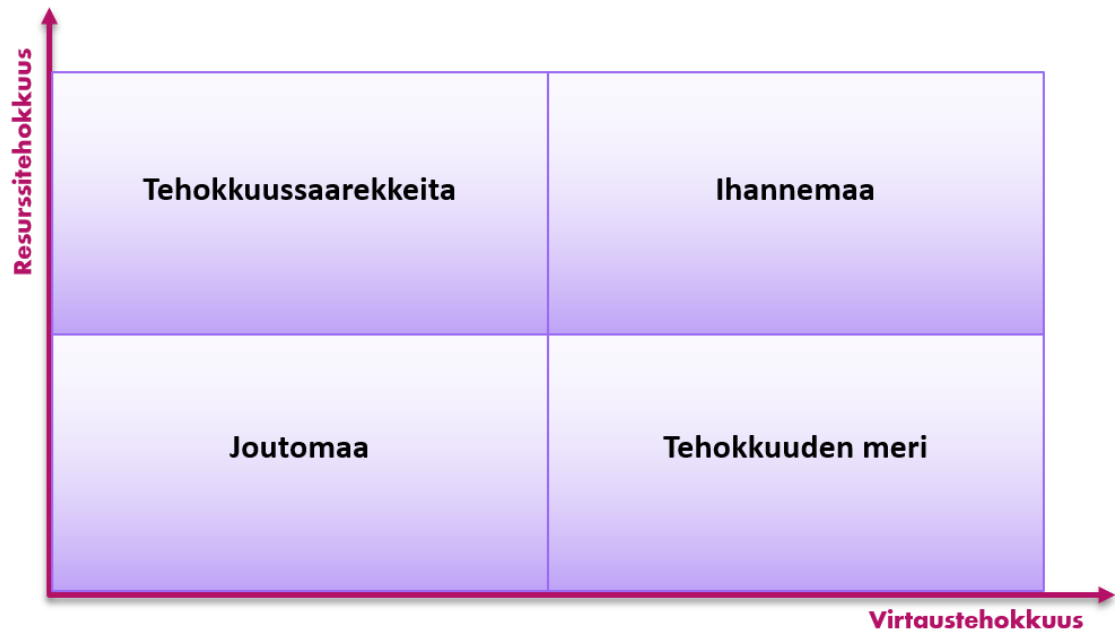
Tehokkuusmatriisi

Modig & Åhlström (2013) kuvaavat leania toimintastrategiana, jonka toteuttamisen keinot voidaan jakaa arvoihin, periaatteisiin, menetelmään sekä työkaluihin. Arvot kertovat, millainen organisaation on oltava. Periaatteet kuvaavat, miten organisaation on ajateltava. Menetelmät määrittävät, mitä organisaation on tehtävä. Viimeinen ryhmä, työkalut, kuvaavat, mitä keinoja organisaation on käytettävä. (Modig & Åhlström 2013, s. 141).

Leania on määritelty usealla eri tavalla. Womackin ja Jonesin (2003) mukaan leanin periaatteet jakautuvat seuraavasti:

1. Arvon määrittäminen asiakkaan näkökulmasta
2. Arvovirtauksen tunnistaminen
3. Arvovirtauksen luominen
4. Imutuotannon toteutus
5. Täydellisyyden tavoittelu.

Modig & Åhlström (2013) ovat muodostaneet tehokkuusmatriisin (kuvassa 2) malliksi leanille. Matriisissa organisaatio sijoittuu yhteen neljästä paikasta sen resurssi- ja virtaustehokkuuden mukaisesti. Lean-ajattelussa virtaustehokkuus tarkoittaa tasaista arvovirtaa, jossa pyritään maksimoimaan prosessin arvoa tuottava osuus poistamalla ylimääräistä hukkaa eli asiakkaalle arvoa tuottamatonta osuutta (Salminen 2021). Hyvän virtauksen aikaansaamiseksi yrityksen käytössä olevia resursseja on mukautettava. Perinteisesti yrityksissä on pyritty resurssitehokkuuteen, jolla tarkoitetaan, että yrityksen resurssit pysyvät jatkuvasti käytössä. (MCS 2020).



Kuva 2. Modigin ja Åhlströmin (2013) mukainen tehokkuusmatriisi

Tehokkuusmatriisi jaetaan neljään osaan, jotka ovat joutomaa, tehokkuusaarekkeet, tehokkuuden meri sekä ihannemaa. Tehokkuusmatriisin neljästä paikasta heikoin on joutomaa. Siinä asiakkaan saama arvo on pienin, se saavutetaan tehottomasti sekä hukkaamalla resursseja. Tehokkuusaarekkeet-paikassa resurssitehokkuus on suurin, mutta virtaustehokkuus pieni. Hyvä resurssitehokkuus saavutetaan virtaustehokkuuden kustannuksella, josta syntyy hukkaa. Tehokkuuden meressä virtaustehokkuus on suuri, mutta resurssitehokkuus on suuri. Tarvitaan enemmän resursseja virtaustehokkuuden maksimoimiseksi. Matriisissa tavoitelluin paikka on ihannemaa, jossa saavutetaan mahdollisimman hyvä virtaus- sekä resurssitehokkuus. Tämä on matriisin vaikeimmin saavutettava paikka, mutta siihen tulisi pyrkiä resurssitehokkuuden kautta harjoittelemalla. (Modig & Åhlström 2013).

3.2 Lean rakentamisessa

Salmisen (2021) mukaan leania pidetään käytännöllisenä tapana toteuttaa rakennushanketta. Rakennushanketta ajatellaan tuotantolinjastona, jossa työntekijät liikkuvat tuotteen pysyessä paikallaan (Howell & Ballard 1998).

Leanin hyödyntämiseen rakennusalalla on olemassa erilaisia menetelmiä, menettelytapoja sekä työkaluja, joiden avulla saadaan mm. vähennettyä hukkaa. Salmisen (2021) mukaan Leanin menetelmiä ovat mm.

- Tahtituotanto
- Integroidut toteutusmuodot
- Yhteinen organisaatio
- Toimitusketjun integrointi
- Hajonnan pienentäminen
- Sisäistetty laatu
- Virtautettu suunnittelu ja tuotanto
- Virtautettu toimitusketju sekä
- Lean johtaminen.

Leanin menettelytapoja sen sijaan ovat esimerkiksi

- Big Room
- Menestystekijöiden johtaminen
- Last Planner sekä
- Tilaajan tavoitteisiin toimitus

Leanin työkalujen avulla hyödynnetään sen menetelmiä sekä menettelytapoja. Näitä ovat esimerkiksi

- Arvovirta-analyysi
- 5S työympäristön järjestämiseen
- Juurisyyanalyysit
- Eräkoon pienentäminen
- Esivalmisteet sekä
- Tilannepalaverit. (Salminen 2021).

Lean-rakentamista kokeiltiin yksittäisissä hankkeissa mm. Last Planner Systemin avulla jo 1990-luvulla. Rakennusalalla ei tällöin ollut lean-kokeiluille tilaa sillä paikka-aikakaavio, valvontavinjetit sekä niiden ohjelmistot valtasivat alaa. Lean yleistyi Suomessa 2010-luvulla allianssimallin sovellusten myötä. Allianssin kaltaisten integroitujen toteutusmuotojen myötä, niiden myötä alettiin soveltaa enemmän myös muita leanin periaatteita. (Salminen 2021).

Suomessa yhteistoiminnallisten toteutusmuotojen ohella 2010-luvulla yleistyivät leanmenettelyistä etenkin Last Planner, Big Room sekä tahtituotanto. Lean-rakentaminen ei edellytä yhteistoiminnallista toteutusmuotoa, mutta ne ovat yleistyneet samoissa hankkeissa. (Salminen 2021).

3.3 Tahtituotanto

Tahtituotanto on lean-rakentamisen tuotantomenetelmä, joka keskittyy tasaisen ja jatkuvan virtauksen luomiseen läpi tuotantoprosessin (Frandsen et al. 2015; Suni 2024 mukaan). Tahtituotannolle löytyy kirjallisuudesta useita määritelmiä. Lehtovaaran ja Hartikaisen (2024) mukaan tahtituotanto on pelkän aikataulutuksen menetelmän sijaan rakennustuotannon johtamismenetelmä, jolla on vaikutusta hankkeen suunnitteluun, ajankäyttöön, viikkorytmiin sekä materiaaliitoimituksiin. Tahtituotanto johtamismenetelmänä pyrkii parempaan tuotantorytmiin ja -tehokkuuteen tahtisuunnittelun, -ohjauksen sekä jatkuvan parantamisen keinoin. (Lehtovaara & Hartikainen 2024). Tahtituotannon avulla saadaan lisättyä koko rakentamisen tuotantoketjun järjestelmällisyyttä. Järjestelmällisyyden saavuttaminen edellyttää jatkuvaa dokumentaatiota aikataulutuksesta järjestelmiin sekä sopeutumista muuttuviin tilanteisiin. (Alhava et al. 2019).

Tahtituotannossa virtaus tarkoittaa ihmisten, materiaalin ja töiden oikea-aikaista liikettä määrättyssä tahtiajassa (Lehtovaara & Hartikainen 2024). Tahtiaika määritetään tahtituotannon suunnittelun yhteydessä. Sen pituus voi vaihdella 15 minuutista viikkoon. Rakennustuotannossa viikon tahtiaika on yleisimmin käytetty. (Salminen 2021). Tahtiaika määrittää aikayksikön, jossa yhden tahtialueen työpakettien on valmistuttava. Tahtialueet määritetään myös tuotannon suunnitteluvaiheessa työmäärältään samankaltaisiksi. Työpaketilla tarkoitetaan yhden urakoitsijan eri tahtialueilla toistuvaa yhden tahdin mittaista työsuoritetta. (Sitedrive 2025) Tahtivaunu muodostuu yhdestä tai useammasta yhden tahdin kestoisesta työpaketista. Samaan tahtivaunuun sijoittuvat työpaketit on oltava samantapaisia ja ne eivät saa häiritä toisiaan. (Riekkilä et al. 2024). Tahtivaunut muodostavat yhden tahtialueen tuotantoketjun, joka toistuu seuraavilla tahtialueilla samanlaisina. (Sitedrive 2025). Kuvassa 3 esitettynä esimerkki tahtiaikataulusta.

		TAHTIAIKA								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
TAHTIALUEET	A1	Työpaketti 1	Työpaketti 2	Työpaketti 3	Työpaketti 4	Puskuri	Työpaketti 6			
	A2	Tuotantोजना	Työpaketti 1	Työpaketti 2	Työpaketti 3	Työpaketti 4	Puskuri	Työpaketti 6		
	A3			Työpaketti 1	Työpaketti 2	Työpaketti 3	Työpaketti 4	Puskuri	Puskuri	Työpaketti 6
	A4				Työpaketti 1	Työpaketti 2	Työpaketti 3	Työpaketti 4	Puskuri	Puskuri
	A5					Työpaketti 1	Työpaketti 2	Työpaketti 3	Puskuri	Työpaketti 4
	A6						Työpaketti 1	Työpaketti 2	Puskuri	Työpaketti 3
	A7							Työpaketti 1	Puskuri	Työpaketti 2
	A8								Puskuri	Työpaketti 1

Kuva 3. Esimerkkikuva tahtiaikataulusta

Tahtisuunnittelu

Lehtovaaran ja Hartikaisen (2024) mukaan tahtisuunnittelulla tarkoitetaan tarkkaa tahtialuekohtaista tuotannon suunnittelua. Tahtisuunnittelun tarkoituksena on saada tarkka suunnitelma aikataulusta ja resurssien käytöstä, jonka mukaan tahtivaunut etenevät tahtialueilla oikeassa tahtiajassa. (Lehtovaara & Hartikainen 2024).

Salmisen (2021) mukaan tahtisuunnittelu voidaan jakaa viiteen eri vaiheeseen, jotka ovat

1. Tahtialueiden valinta

Tahtialueiksi on valittava toistuvia, mahdollisimman samankaltaisia alueita. Tahtialueita voivat olla esimerkiksi hotellihuone, asunto, kylpyhuone tai muu toistuva alue. Mikäli rakennus ei sisällä riittävästi toistuvia alueita, alueet voivat muodostaa muun rinnakkaisen etenemän.

2. Alueen tehtävien listaus ja niiden muodostaminen työpaketeiksi

Tahtialueen suunnitelmaa varten listataan kaikki työkohteessa suoritettavat työvaiheet ja päätetään mistä työvaiheesta tahtituotanto aloitetaan. Tyypillisesti uudishankkeissa runkotyöt ja pintavalut sekä korjaushankkeissa esimerkiksi purkutyöt on jätetty tahtiaikataulun ulkopuolelle. Osa talotekniikka-asennuksista jätetään tarkoituksella myös usein tahtiaikataulun ulkopuolelle. Työvaiheille määritetään kestot ja resurssit ja muodostetaan niiden avulla tehtävistä järkevästi toteutettavat työpaketit, joista muodostetaan vaunut.

3. Tahtiaikataulun koostaminen

Tahtiaikataulu koostetaan siirtämällä työpaketit yhdeksi tuotantojunaksi tahtiaikatauluun. Tuotantojunat siirtyvät alueelta toiselle samassa tahtiajassa. Tahtiaikataulu muodostaa taulukon, jossa vaakatasossa etenee aika ja pystysuunnassa ovat tahtialueet.

4. Toimitusten ja logistiikan suunnittelu

Materiaalilogistiikka on suunniteltava tahtituotantoa tukevaksi, jottei siitä aiheudu häiriöitä. Urakoitsijat ja materiaalitoimittajat on sitoutettava oikea-aikaisiin, tahdinmukaisiin toimituksiin urakka- ja hankintasopimusten avulla.

5. Resurssien käytön suunnittelu

Tahtiaikataulusta kukin urakoitsija näkee, missä kaikissa tahtivaunuissa on heille kuuluvia työtehtäviä. Aikataulutyökaluissa on resurssinäkömät, joiden avulla voidaan urakoitsijakohtaisesti suunnitella tarvittavia resursseja. (Salminen 2021).

Tahtiohjaus

Tahtiohjauksella tarkoitetaan rytmitettyä tuotannon ohjausta. Tahtiohjauksen tarkoituksena on luoda edellytykset töiden suorittamiseen tahtialueella oikeassa rytmissä. Onnistuneen tahtiohjauksen toteuttamiseen tarvitaan seuraavia asioita:

- Toistuvat tahtiin rytmitetty viikkorutiinit
- Alkavan työvaiheen edellytysten varmistaminen aina tahdin vaihtuessa
- Resurssien, kuten suunnitelmien, materiaalien, työvälineiden ja työntekijöiden oikea-aikaisen saatavuuden varmistaminen
- Selkeästi suunnitellut työpaketit, jotka tehdään kerralla valmiiksi tahdin aikana
- Välitön puuttuminen ongelmiin
- Ongelmien korjaus saman tahdin aikana tai mahdollisten häntien aikataulutusta ennen tahdin vaihtumista
- Visuaalinen tahtiohjaus
- Digitaalisten työkalujen hyödyntäminen (Lehtovaara & Hartikainen 2024).

Perinteiseen tuotannon ohjaukseen verrattuna tahtiohjaus on oltava tarkempaa, sillä työvaiheiden välillä ei ole puskureita. Perinteisesti tuotannon ohjausta on totuttu tekemään jälkijätöisesti, sillä viiveetkään eivät ole olleet niin helposti havaittavissa. Tahtituotanto vaatii jatkuvaa sekä ennakoivaa tuotannon ohjausta. (Seppänen et al. 2025).

Vaherin (2022) mukaan työmaan viikkorutiinit on sovittava tahtiohjausta tukeviksi. Lehtovaaran et al. (2019) tutkimuksen mukaan kolme viikoittaista tapaamista tukevat tahtiohjausta:

1. Viikkopalaveri – Tunnistetaan aikataululliset esteet & etsitään niihin ratkaisut
2. Urakoitsijapalaveri – Tunnistetaan tekniset esteet & etsitään niiden ratkaisut
3. Työmaapäällikön palaveri – Käydään läpi päätoteuttajan sisäisiä haasteita.

Näiden lisäksi tehtävien toteumia & ennakoedellytyksiä seurataan päivittäisissä palaverissa, joihin osallistuu jokaiselta urakoitsijalta vähintään yksi edustaja (Lehtovaara et al. 2019). Palaverien ja tapaamisten ohella Keskiniva et al. (2021) ehdottavat tahdin valvontaan ja ohjaukseen työnjohtajien päivittäistä kierrosta työpäivän päätteeksi, jonka aikana dokumentoidaan työmaan toteumatietoa digitaaliseen sovellukseen.

Tahdin edellytysten oikea-aikainen toimitus ja sen varmistaminen perustuvat leanin Just-In-Time-periaatteeseen (JIT). Näillä tarkoitetaan täsmätoimituksia, jotta esimerkiksi materiaalit saadaan oikea-aikaisesti työmaalle. Tahtituotanto luo ennustettavuuden avulla mahdollisuuden täsmätoimituksille, kun materiaalityöntekijät voidaan toimitusketjussa sijoittaa tahtiaikatauluun. Oikea-aikaisten edellytysten varmistaminen on tärkeä osa tahtiohjausta. (Salminen 2021).

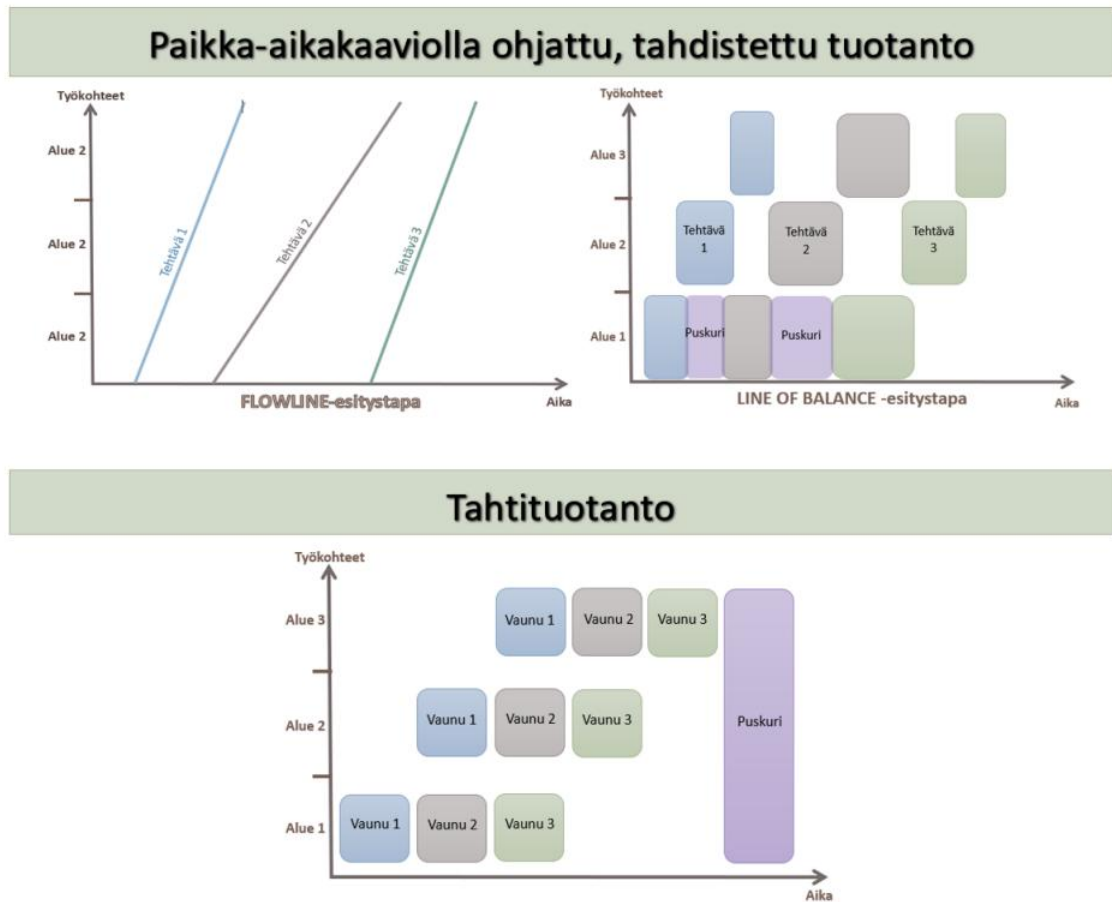
Suurempien poikkeamien ilmetessä, joita ei saada saman tahdin aikana ratkottua, voidaan hyödyntää tarvittavia tahdin ohjausmenetelmiä. Ohjausmenetelmien avulla voidaan muokata tahtiaikataulua tuotannon edetessä. Käytettäviä tahtiohjausmenetelmiä ovat esimerkiksi:

- Tahtiajan pidentäminen tai lyhentäminen
- Työntekijäresurssin lisääminen tai vähentäminen
- Puskurien lisääminen tai vähentäminen
- Tahtialueiden tai tahtivaunujen järjestyksen muuttaminen
- Tahtivaunujen pilkkominen, yhdistäminen tai limitys
- Tahtituotannon pysäyttäminen.

Tahtiaikataulun muokkaamisesta ja ohjausmenetelmien käyttötavoista on hyvä sopia jo tahtisuunnittelun yhteydessä. (Binner et al. 2019; Lehtovaara & Hartikainen 2024 mukaan).

Tahdistettu tuotanto vs. tahtituotanto

Tahdistettu tuotanto oli Suomessa käytössä jo pitkään ennen tahtituotantoa. Tuotannon ohjauksessa tahdistettu tuotanto otettiin Suomessa käyttöön 1990-luvulla. Sen periaatteena on tahdistaa tehtävät etenemään samalla nopeudella eri alueilla törmäämättä toisiinsa. Tehtävien tahdistamiseksi eri alueiden on oltava työmäärältään mahdollisimman samansuuruisia. (Salminen 2021). Virtaustehokkuuden sijaan tahdistetussa tuotannossa pyrittiin urakoitsijoiden resurssitehokkuuden optimointiin. Tästä seuraa, että tahdistetussa tuotannossa tehtävien välillä on enemmän puskuriaikaa kuin tahtituotannossa. Tahtituotannon sekä tahdistetun tuotannon eroavaisuus on havainnollistettu kuvassa 4.



Kuva 4. Lean rakentamisessa -kirjan mukaiset aikataulujen esitystavat (Ojala 2023)

Suomessa tahtituotantoon alettiin siirtyä korjaus- ja uudisrakentamisessa 2010-luvulla (Salminen 2021). Nykyään tahtituotantoa sovelletaan yhä monimutkaisimpiin hankkeisiin.

Kalifornian malli

Tahtituotannon toteuttaminen on jakautunut toisistaan hieman poikkeaviin koulukuntiin, jotka ovat Kalifornian ja Saksan mallit. Kalifornian mallista käytetään termiä Takt Time Planning, TTP ja Saksan mallista Takt Time Planning and Takt Control, TPTC. (Salminen 2021).

Kaliforniassa kehitetty tahtituotannon malli voidaan jakaa kuusivaiheiseksi prosessiksi, joka etenee seuraavasti:

1. Informaation kerääminen

Kerätään tietoa TTP:n kehittämiseksi. Tässä vaiheessa tarvitaan tietoa esimerkiksi työtahdista, välitavoitteista, toimintatavoista, resursseista, tahdistavista työvaiheista sekä tehtävien suoritusjärjestyksestä.

2. Tahtialueiden ja tahtiajan määrittely

Tässä vaiheessa valitaan tahtiaika sekä määritetään tahtialueet. Tahtiajalla tarkoitetaan aikaa, jonka kuluessa yksi työvaihe yhdellä tahtialueella saadaan valmiiksi. Tahtiaikaan vaikuttaa siis tahtialueiden suuruus ja niiden sisältö.

3. Työvaiheiden järjestyksen määrittely

Tässä vaiheessa on selvitettävä eri työpakettien vaatimat ennakkoodellytykset ja laadittava niiden pohjalta sopiva suoritusjärjestys.

4. Työn virtautuksen tasapainotus

Tässä vaiheessa tasapainotetaan tahtialueita ja yritetään saada työvaiheiden kestot mahdollisimman samansuuruisiksi. Tässä vaiheessa on vielä mahdollisuus muokata tahtialueita tai työvaiheiden sisältöjä halutun tahtiajan saavuttamiseksi.

5. Yksittäisen työvaiheen keston määrittely

Mahdollisimman hyvän virtautuksen vuoksi on määritettävä tarkasti jokaisen työvaiheen kesto. Tahtiaika määräytyy lopullisesti virtautuksen tasapainotuksesta.

6. Tuotantoaikataulun viimeistely

Aikataulun viimeistelyvaiheessa urakoitsijoiden on vahvistettava kykynsä suoriutua töistään annetussa tahtiaikataulussa. Perustelluista syistä tehtävien välille on vielä mahdollista suunnitella pieniä puskureita. (Frandsen et al. 2013; Frandsen et al. 2015, Vaheri 2022 mukaan).

Saksan malli

Saksan tapa, TPTC, toteuttaa tahtituotantoa poikkeaa selvästi Kaliforniassa kehitetystä tavasta. Saksan malli keskittyy Kalifornian mallia enemmän tahtiohjaukseen ja -valvontaan tahtisuunnittelun lisäksi. Saksan malli perustuu kolmitasoiseen hierarkiaan, jonka tasot ovat makro- normi- ja mikrotaso. Näistä makrotaso käsittää yleisaikataulun suunnittelun, normitaso tahtisuunnittelun ja mikrotaso tahtiohjauksen (Dlouhy et al. 2018). Makrotasolla tehdään tahtisuunnittelua yleisellä tasolla, esimerkiksi kuukauden tarkkuudella. Tehdään prosessianalyysia ja huomioidaan projektin virstanpylväät. Näiden perusteella määritetään välitavoitteet ja jaetaan projekti toiminnallisiin alueisiin ja määritetään työvaiheille suoritusjärjestys. (Dlouhy et al. 2016).

Normitasolla tehdään tahtisuunnittelua makrotasolla määriteltyjen raamien sisällä. Normitason tavoitteena on tuottaa asiakkaalle lisäarvoa. Makrotason toiminnalliset alueet jaetaan pienemmiksi vakioilayksiköiksi, joista käytetään termiä SSU, Standard Space

Units. Vakiotilayksiköiden tarkka määrittely auttaa seuraamaan työvaiheita yksityiskohdaisesti sekä helpottaa työvaiheen myöhempää suoritusta. (Dlouhy et al. 2016). Normitasolla tehdään yksittäisten työvaiheiden sijoittaminen työpaketeiksi siten, että työpakettien kesken työmäärät ovat mahdollisimman samansuuruiset. (Binninger et al. 2017).

Binninger et al. (2017) on jakanut makro- ja normitason tahtisuunnittelun vaiheittaiseksi malliksi seuraavasti:

1. Määrittele toiminnalliset alueet
2. Priorisoi toiminnalliset alueet
3. Valitse yksi toiminnallinen alue
4. Määrittele vakiotilayksiköt, SSU:t, valitulle toiminnalliselle alueelle
5. Määrittele työpaketit ja työjärjestys valitulle SSU:lle
6. Laske jokaisen työpaketin työmäärät
7. Kohdista yksittäiset työvaiheet työpaketteihin
8. Määrittele tahtiaika ja -alueet
9. Tasoita työpakettien työmäärät
10. Yhdistä työpaketit parhaiten sopiviin vaunuihin
11. Toista vaiheet 3–6 kaikille toiminnallisille alueille
12. Tee tahtiaikataulu ja määritä välitavoitteet.

Mikrotasolla keskitytään tahdin ohjaukseen ja valvontaan. Normitasolla määritetyt työvaiheet, tahtiaika sekä tahtialueet jaetaan vielä pienempiin osiin ja tehtäväsuunnittelua jatketaan urakoitsijoiden kanssa. Tuotannon ohjausta tehdään päivittäin lyhyillä tahtipalavereilla, joiden tarkoituksena käydä läpi käynnissä olevat ja alavat työvaiheet sekä mahdolliset esteet ja puuttua niihin. (Dlouhy et al. 2016, Kujansuu 2018 mukaan). Mikrotasolla tahdin valvontaa ja -ohjausta on tehtävä aktiivisesti, jotta poikkeamat havaitaan ajoissa. Tahtiaikaa käytetään aikarajana, jonka sisällä mahdolliset aikataulupoikkeamat on havaittava ja korjattava. (Keskiniva et al. 2020).

3.4 Leanin hyödyt viimeistely- ja luovutusvaiheessa

Nykyajan rakennushankkeissa viimeistelyvaiheen merkitys projektiin on kasvanut aiempaan verrattuna (Aikataulukirja 2024). Lean-hankkeissa on osattava hyödyntää leanin menetelmiä ja työkaluja myös viimeistelyvaiheessa. Lean perustuu kunnioitukseen sekä jatkuvan parantamisen kulttuuriin, joiden tavoitteena on lisätä arvoa asiakkaalle vähentämällä hukkaa (kuvassa 5). (Salminen 2021). Lean ajattelua voidaan soveltaa viimeistelyvaiheeseen valitsemalla ensin oikeat keinot sen toteuttamiseen.



Kuva 5. Salmisen (2021) *Lean rakentamisessa* -kirjan mukaiset lean-rakentamisen määritelmä ja keskeiset periaatteet

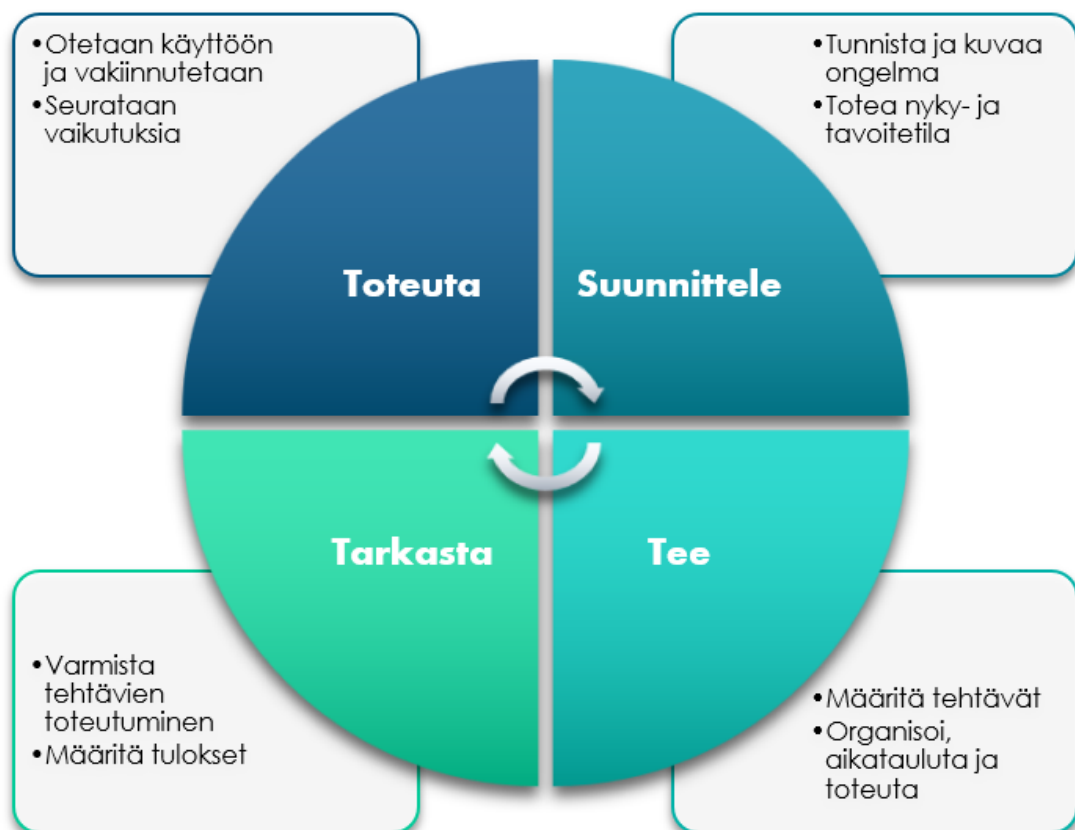
Kosken (2004) mukaan luovutusprosessissa ongelmia on nähty usean eri osapuolen toiminnassa. Kosken havaitsemia ongelmia aliurakoitsijoiden osalta on töiden jääminen keskeneräisiksi, mittaus- ja säätöpöytäkirjat virheellisyys sekä itselleluovutukset, punakynät ja luovutusmateriaalit puuttuminen. Pääurakoitsijan sekä valvojien osalta ongelmallista on yhteisten käytäntöjen sekä aikataulun puuttuminen niin tarkastusten kuin muidenkin luovutusprosessin osa-alueiden osalta. Haastetta luovutusvaiheeseen ja vastaanottoon tuo myös, mikäli urakoitsijan ja tilaajan näkemykset lopputuotteesta eroavat. (Koski 2004).

Kosken (2004) tutkiman toimistokohteen luovutusprosessiin vaikuttaneet haasteet ajoittuvat koko hankkeen ajalle, hankesuunnittelusta luovutukseen. Kosken tutkimuksessa toteuttajan vastuulla olevat haasteet liittyivät liian laajana alustavaan yleisaikatauluun, puutteelliseen rakentamisen valmisteluun, heikkoihin laatusuunnitelmiin, tehtäväsuunni-

telmien puuttumiseen sekä luovutusvaiheen ja toimintakokeiden suunnittelun laiminlyöntiin. (Koski 2004). Lean-rakentamisen keskiössä oleva ihmisten kunnioitus ja yhteistyön tekeminen korostuu luovutusvaiheen tehtävien osalta (Salminen 2021). Luovutusvaiheeseen sovellettavia leanin menetelmiä sekä menettelyitä ovat esimerkiksi Last Planner System sekä PDCA eli Plan-Do-Check-Act-menetelmä (Lehtiö 2024).

PDCA

Lehtiön (2024) tutkimuksen mukaan pitkäjänteisen kehityksen toteutuksen avainasemassa on leanin mukainen jatkuvan parantamisen periaate sekä PDCA-syklin toteuttaminen kehitystyössä. Salmisen (2021) mukaan PDCA-sykli (kuvassa 6) on jatkuva prosessi, jolla ei ole alku- ja loppupistettä. Sen vuoksi sitä kuvataan ympyränä. PDCA-ympyrän mukainen toiminta on oleellista sisäistää lean-rakennushankkeen jokaisessa vaiheessa, pienissä ja suurissa suunnitteluissa ja muutoksissa, jotta tietoa onnistumisista ja epäonnistumisista voidaan dokumentoida ja viedä eteenpäin. PDCA-syklin avulla kokeillaan uusia asioita ja standardoidaan onnistuneet kokeilut yhteisiksi toimintatavoiksi. (Salminen 2021).



Kuva 6. Salmisen (2021) kirjan mukainen Demingin PDCA-ympyrä

Toteuta-vaihe on nykyinen tai uusi lähtötilanne, jossa edelliset parannukset on otettu käyttöön. Käyttöönoton aikana ja sen jälkeen voidaan miettiä toiminnan onnistumisia ja

parannuskeinoja, joiden myötä alkaa uusi PDCA-sykli. *Suunnittele*-vaiheessa suunnitellaan perusteellisesti tuleva kokeilu, jotta toteutus onnistuu helposti ja nopeasti. Suunnittelu tehdään yhteistyössä eri osapuolten kanssa ja siihen osallistetaan kaikki osapuolet, joihin ratkaisu lopulta vaikuttaa. *Tee*-vaiheessa kokeillaan suunniteltua muutosta. Suunnittelua kehitetään ja pilotoidaan käytännössä, jotta saadaan tuloksia myöhempää varsinaista käyttöönottoa varten. *Tarkasta*-vaiheessa todetaan kokeilun onnistuminen. Onnistunut kokeilu viedään käytäntöön ja epäonnistuneesta kokeilusta opitaan, miten asiaa ei kannata toteuttaa. Onnistuneesta toiminnasta tehdään uusi normikäytäntö, jota jatketaan, kunnes keksitään tai tarvitaan parempi. (Salminen 2021, s. 174–175).

PDCA-syklin mukaisesti onnistumista havainnoidaan halutusta ideaalitulosta. Luovutusvaiheeseen sovellettaessa onnistuminen voi olla esimerkiksi hallittu luovutus, nollavirhe luovutus tai lyhyempi läpimenoaika. Ideaalitulosta riippuen mittarina voidaan käyttää joko kokemusperäistä havainnointia tai mittareita, kuten aika tai virheiden ja puutteiden lukumäärä. (Lehtiö 2024).

Last Planner System

Last Planner System, LPS, on keskeisessä osassa lean-rakentamisen muodostumista ja sitä on mahdollista soveltaa niin koko hankkeen kuin myös pelkän luovutusvaiheen aikataulusuunnitteluun ja -ohjaukseen. LPS mahdollistaa tuotannon sujuvuuden parantamisen sekä hukan vähentämisen. (Salminen 2021).

Last Planneria pidetään aikataulusuunnittelun sosiaalisena osana, jonka tavoitteena on täydentää muita käytössä olevia aikataulumenetelmiä. LPS:llä voidaan aikatauluttaa joko koko työmaa tai sen tietty osa. Käännetty vaiheaikataulu, KVA, laaditaan yleisaikataulusta koottujen tärkeiden välitavoitteiden ja reunaehtojen avulla. Aikataulu tehdään LPS:n avulla tarkasti päivätasolle, joten aikataulutettava ajanjakso on useimmiten enintään muutaman kuukauden kerrallaan. (Salminen 2021). LPS:n avulla on mahdollista aikatauluttaa esimerkiksi viikon tahtiaikaa käyttäen myös pidempiä ajanjaksoja (Power et al. 2024). Kaliforniassa Cathedral Hill Hospitalin tahtiaikataulutukseen TTP mukaisesti on hyödynnetty myös Last Planner Systemiä (Frandsen et al. 2014).

LPS-suunnittelu tehdään vaihesuunnittelutilaisuudessa ryhmätyönä, johon osallistuvat kaikki urakoitsijat, joiden töitä on tarkoitus aikatauluttaa. Välitavoitteiden ja reunaehtojen pohjalta lähdetään muodostamaan käännetty vaiheaikataulu, eli suunnittelu aloitetaan aikataulun lopusta ja edetään alkuun päin. Aikataulutusta aloitetaan loppupäästä, jotta mahdollinen kiire pakkautuu hankkeen lopun sijaan vaiheaikataulun alkupäähän. (Salminen 2021). Etenkin luovutusvaiheen aikataulun onnistumisen kannalta on oleellista saada kiire pois lopusta. Jos suunnittelu tehdään päivän tarkkuudella, jokaisen päivän

työtehtävästä kirjoitetaan erillinen Post It -lappu. Jokaisella urakoitsijalla on oman väriset laput resurssien seuraamista varten. Vaihesuunnittelu tehdään kiinnittämällä laput aikatauluun alkaen aikataulun lopusta. (Salminen 2021).

Luovutusvaihetta on mahdollista kehittää leanin periaatteiden avulla. Last Plannerin hyödyntämisessä luovutukseen voidaan valita välitavoitteiksi ja reunaehdoiksi aikataululle esimerkiksi vastaanottopäivämäärä, viranomaistarkastukset tai mihin mennessä viimeiset mittaus- ja säätöpöytäkirjat on oltava toimitettuina. Valittujen välitavoitteiden perusteella lähdetään tekemään käännettyä vaiheaikataulua luovutusvaiheesta (Salminen 2021).

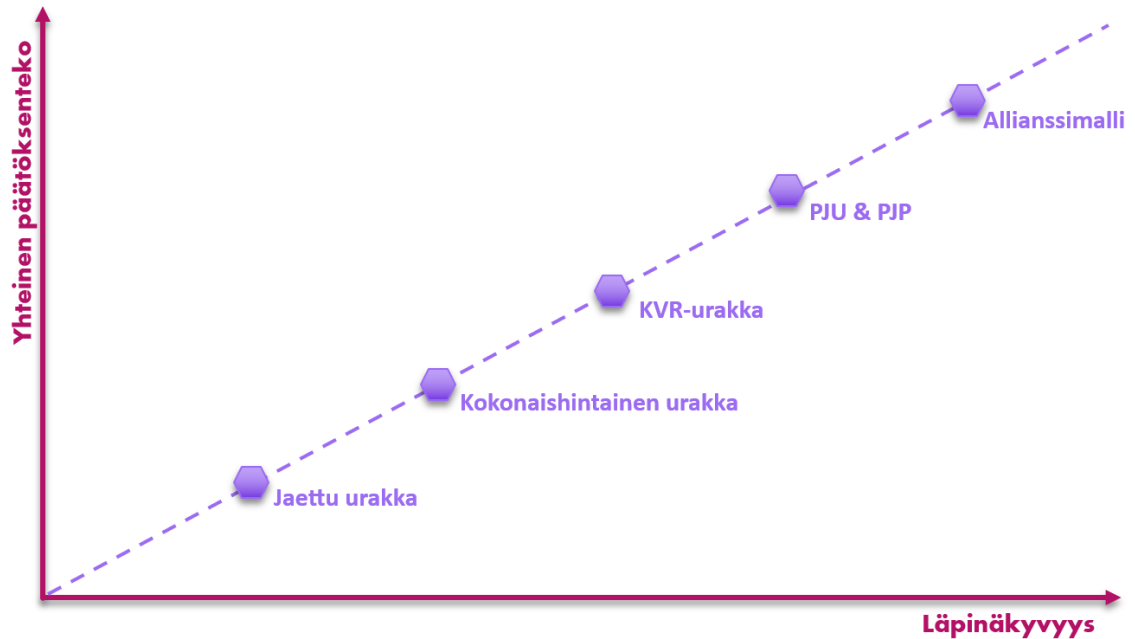
4. SAIRAALARAKENTAMISEN ERITYISPIIRTEET

Sairaaloiden tehtävänä on tuottaa terveyttä sekä parantaa elämänlaatua. Sairaalarakentamisessa tavoitellaan rakennuksille 50–100 vuoden elinkaarta. Pitkän elinkaaren aikana sekä lääketieteen että tekniikan kehitys jatkuu, palvelutarpeet sekä toiminnan tehokkuusvaatimukset kasvavat. Rakennettavien sairaaloiden on pystyttävä vastaamaan muuttuviin tarpeisiin ja niiden suunnittelussa on huomioitava muunto- ja käyttöjoustavuus. (Paatela et al. 2018; Karvonen 2024 mukaan).

4.1 Sairaalarakentamiseen soveltuvat toteutusmuodot

Rakennushankkeita voidaan toteuttaa useilla eri toteutusmuodoilla. Toteutusmuodon valinnalla on merkittävä vaikutus hankkeen onnistumiseen. Junnosen & Kankaisen (2020) mukaan toteutusmuoto määrää hankkeen rakennuttamis-, suunnittelu- ja rakentamispalveluiden sisällön ja vastuunjaon. Toteutusmuodon valinta määrittää siis hankkeessa käytettävän suunnittelu- ja urakkamuodon (RT 10-11223 2016).

Rakennuttaja valitsee toteutusmuodon strategisesti, sillä se vaikuttaa koko hankkeen kulkuun. Toteutusmuodon valinnalla voidaan vaikuttaa hankkeeseen aikataulullisesti, laadullisesti sekä rahallisesti. (Junnonen & Kankainen 2020). Toteutusmuodon valintaan vaikuttavat myös rakennushankkeen laajuus, tekninen vaativuus sekä yleinen markkina-tilanne (RT 10-11223 2016). Hankkeen toteutusmuodon valinnassa on huomioitava myös minkälaiset aikataululliset ja taloudelliset resurssit tilaajalla on käytössään, halutaanko päätoteuttajan osaamista hyödyntää jo hankekehitys- ja suunnitteluvaiheessa sekä kuinka paljon halutaan tai pystytään ottamaan riskiä ja halutaanko siihen kytkeä kannustimia päätoteuttajalle. Urakkamuodon valinnan vaikutus hankkeen yhteistoiminnallisuuteen sekä läpinäkyvyyteen on esitettyä kuvassa 7. (Kaunisvirta 2024).



Kuva 7. Urakkamuotojen vaikutus päätöksentekoon ja läpinäkyvyyteen (Kaunisvirta 2024).

Rakennuttajan on tunnettava hyvin eri toteutusmuotojen hyödyt ja haasteet, jotta osaa valita hankkeelle parhaiten soveltuvan toteutusmuodon (RT 10-11223 2016). Salmisen (2017) mukaan hankkeen toteutusmuodolla tarkoitetaan sopimus- ja urakkamuodon sijaan myös koko hankkeen läpi toteutuvaa organisointiprosessia. Toteutusmuodon valinta on aina projektikohtaista. Onnistuneen hankkeen läpivientiin vaikuttanut toteutusmuoto ei välttämättä ole paras seuraavalle hankkeelle. (Love et al. 1998: Ronkainen 2015 mukaan).

Pääurakkamuodot

Pääurakkamuodot ovat Suomessa perinteisemmin käytössä olleita toteutusmuotoja. Rakennuttaja vastaa hankkeen johtamisesta sekä on sopimussuhteessa suunnitteluun ja päätoteuttajaan. Pääurakkamuodot sisältävät tyypillisesti kolme erillistä vaihetta, jotka ovat pääsuunnittelijan ja tarvittavien teknisten suunnittelijoiden valinta, urakkakilpailun järjestäminen suunnitelmien valmistumisen jälkeen sekä urakkasopimuksen tekeminen pääurakoitsijan kanssa. (Junnonen & Kankainen 2020). Pääurakkamuodoissa rakennuttaja on siis vastuussa suunnittelusta ja päätoteuttaja rakennustyön johtamisesta sekä toteutuksesta. Pääurakkamuotoja ovat kokonaisurakka sekä jaettu urakka. Rakennuttajan on määritettävä tavoitteet selkeästi ja suunnittelu on tehtävä pitkälle ennen urakoitsijan valintaa. Pääurakkamuodot sopivat parhaiten tavanomaisiin rakennushankkeisiin. (RT 10-11223 2016). Tiensuun (2018) mukaan pääurakkamuotoja käytetään sairaalarakentamisessa etenkin sairaaloiden saneeraushankkeissa.

Kokonaisurakkasopimus on rakennuttajan ja pääurakoitsijan välillä. Tällöin pääurakoitsija on kokonaisvastuussa hankkeen rakentamisesta ja hankkii itse tarvittavat aliurakoitsijat. (Junnonen & Kankainen 2020; RT 10-11223 2016).

Jaetussakin urakassa sopimus on rakennuttajan sekä pääurakoitsijan välillä. Erona kokonaisurakkaan on se, että erikoisurakoitsijat ja materiaalitoimittajat ovat sopimussuhteessa rakennuttajaan eikä pääurakoitsijaan. Näitä urakoitsijoita kutsutaan sivu-urakoitsijoiksi, mutta alistussopimuksilla niiden koordinointi usein siirretään pääurakoitsijalle. (Junnonen & Kankainen 2020).

Suunnittele ja rakenna (SR) -muodot

Suunnittele ja rakenna -muodoissa urakoitsija vastaa sekä hankkeen toteutuksesta että suunnittelusta. Rakennuttajan vastuulle jää projektin tavoitteiden sekä laatu- ja toiminnallisten vaatimusten määrittäminen. (RT 10-11223). Näiden toteutusmuotojen etuna on sopimussuhteiden yksinkertaisuus sekä urakkakilpailussa tarjottujen yleisratkaisuiden määrä. (Junnonen & Kankainen 2020). Tiensuun (2018) mukaan SR-toteutusmuotojen etuja ovat mahdolliset aikataulusäästöt sekä kustannusten ennustettavuus. Espoon Jorvin sairaala on toteutettu SR-muotoa käyttäen (Tiensuu 2018).

Projektinjohtomuodot

Projektinjohtomuodoissa rakentaminen jaetaan urakka- ja hankintakokonaisuuksiin. Rakennuttajan valitsema projektinjohtototeuttaja johtaa hanketta yhteistyössä rakennuttajan kanssa. Projektinjohtomuodoissa suunnittelu, hankinta ja rakentaminen on mahdollista ajallisesti limittää keskenään. Projektinjohtomuodot voidaan jakaa kolmeen osaan: projektinjohtorakennuttamiseen, projektinjohtopalveluun sekä projektinjohtourakointiin. (Junnonen & Kankainen 2020). Tiensuun (2018) mukaan projektinjohtourakkaan on käytetty esimerkiksi Keski-Suomen keskussairaala Novassa sekä HUS:in Siltasairaalassa.

Projektinjohtorakennuttaminen, PJR, on rakennuttajan vastuulla. Rakennuttamiseen avuksi rakennuttaja voi hankkia ulkopuolisen rakennuttaja- tai projektinjohtokonsultin. Rakennushanke toteutetaan hankintoina, joiden sopimukset ovat aina suhteessa rakennuttajaan. Työmaanjohtosta vastaa rakennuttaja tai muu rakennuttajan ostama työnjohtopalvelu. Rakennustyön valvonta kuuluu rakennuttajalle tai mahdolliselle konsultille. (Junnonen & Kankainen 2020). Pää toteuttajan velvollisuudet tyypillisesti sisältyvät johonkin osaurakoista (RT 10-11223 2016).

Projektinjohtopalvelussa, PJP, palvelun tarjoava konsultti kilpailuttaa urakat sekä toimii päätoteuttajana ja vastaa rakennuttamisen tehtävistä sekä työmaan johtotehtävistä. (RT 10-11223 2016). Projektinjohtopalvelussa tilaaja kuitenkin tekee hankintasopimukset. (Junnonen & Kankainen 2020).

Projektinjohtourakoinnissa, PJU:ssa, toteuttajalle kuuluu rakennuttamistehtävät, työmaanjohto sekä hankinnat. Tässä toteutusmuodossa projektinjohto-organisaatioon sisältyy projektinjohtourakoitsijan henkilöstöä. Keskeinen ero projektinjohtourakoinnin ja pääurakoinnin välillä on se, että urakoitsijan tehdessä hankinnat, rakennuttajalla säilyy kuitenkin lopullinen päätösvalta sekä suunnitelmiin että hankintoihin. (Junnonen & Kankainen 2020).

Allianssimaisuus on viime vuosina lisääntynyt PJU-hankkeissa ja näistä käytetään usein nimitystä yhteistoiminnallinen projektinjohtourakka. Yhteistoiminnallisissa projektinjohtourakoissa on tiiviimpää yhteistyötä hankkeen aikana sekä päätöksenteossa. (Kaunisvirta 2024).

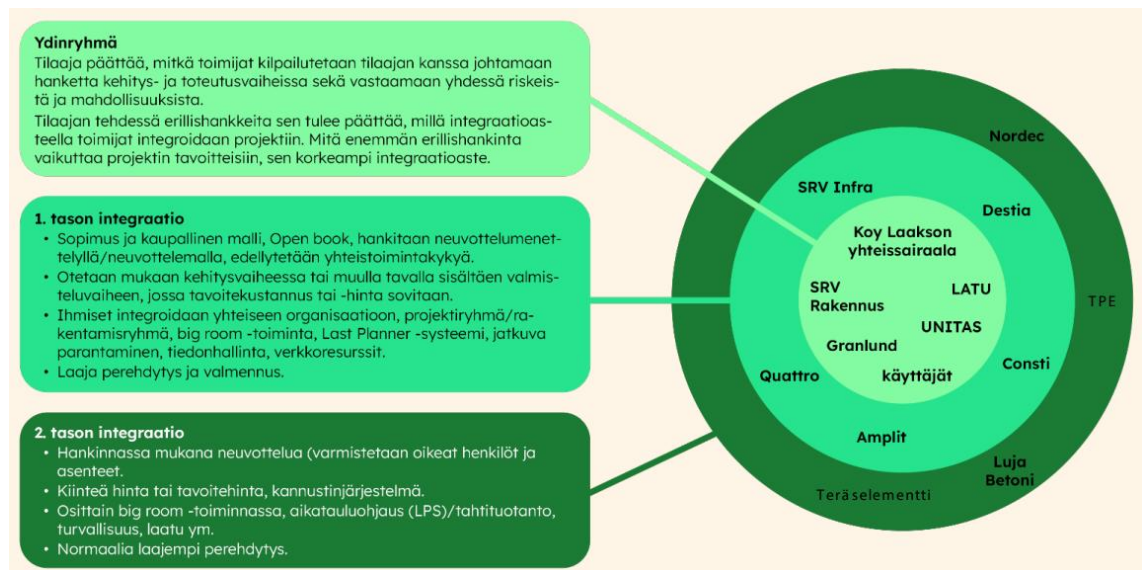
Yhteisvastuumuodot

Yhteisvastuumuodoissa sopijaosapuolet jakavat yhdessä vastuun suunnitelmista ja rakentamisesta. Yhteisvastuumuodoissa osapuolet vastaavat myös yhteisesti hankkeen suunnitelmien, aikataulun ja kustannusten toteutumisesta. Yhteisvastuusopimusten osapuolia ovat useimmiten rakennuttaja, päätoteuttaja ja suunnittelijat, mutta myös muita urakoita voidaan liittää sopimukseen (RT 10-11223 2016). Yhteisvastuumuotojen sopimukseen on tyypillisesti liitetty kannustinjärjestelmiä näiden toteuttamiseksi. Yleisimpiä yhteisvastuumuotoja ovat hankekumppanuus sekä projektiallianssi. (Junnonen & Kankainen, 2020).

Hankekumppanuussopimuksessa määritetään sopimusehdot, joilla osapuolet sitoutuvat hankkeen toteuttamiseen. Myös jonkin muun urakkamuodon sopimuksen lisäksi voidaan laatia kumppanuussopimus kuvastamaan hankkeen yhteisiä tavoitteita. (Junnonen & Kankainen, 2020). Aikainen hankekumppanuussopimus mahdollistaa rakentamisen aloittamisen ilman varsinaista kilpailutusvaihetta. Muutostyömäärä pysyy paremmin hallittavana, kun päätoteuttaja on mukana hankkeessa jo suunnitteluvaiheessa. Hankekumppanuusmallia käytettäessä myös rakentamisen kustannukset ovat ennustettavampia. (RT 10-11223 2016).

Projektiallianssitiimi muodostuu yleisimmin rakennuttajasta, päätoteuttajasta ja pääsuunnittelijasta. Allianssitiimi suunnittelee ja toteuttaa hankkeen jakaen yhdessä sen riskit ja mahdollisuudet. Allianssi johtaa hankkeen suunnittelua ja hankintoja yhteistyössä. Muut hankkeen allianssin ulkopuoliset tahot ovat aina sopimussuhteessa johonkin allianssin osapuoleen. Allianssisopimus ei ole sidottu rakennusurakan yleisiin sopimusehtoihin (YSE 1998) tai Konsulttitoiminnan yleisiin sopimusehtoihin (KSE), vaan sopimusosapuolet määrittävät yhteisesti allekirjoitettavat sopimusehdot. (Junnonen & Kankai-

nen, 2020). Allianssimuodon käyttö on melko uusi projektimuoto ja sen käyttö on yleistynyt etenkin vaativissa talonrakennushankkeissa, kuten sairaaloissa. Junnosen ja Kankaisten (2020) mukaan yhteisvastuumuodot sopivat paljon riskejä ja mahdollisuuksia sisältäviin monimutkaisiin ja laajoihin hankkeisiin. Allianssimuotoa on käytetty viime vuosina muun muassa 2021 valmistuneen Kainuun uuden sairaalan rakentamiseen, Oulun yliopistollisen sairaalan uudistamiseen, OYS2030, sekä tämän diplomityön case-kohteenä toimivan Kanta-Hämeen uuden keskussairaalan, 2025 valmistuvan Assin rakentamiseen (Skanska n.d., OYS2030 2024). Kuvassa 8 on esitetty havainnollistavana esimerkkinä Laakson Yhteissairaalan (LYS) useampikehäinen allianssirakenne.



Kuva 8. Laakson Yhteissairaalan allianssirakenne (Impilä & Heikkinen 2023).

Laakson Yhteissairaalan allianssirakenteen ydinryhmän muodostuu hankkeen johtavista osapuolista ja vastaa yhdessä tilaajan kanssa riskeistä ja onnistumisista. Tilaaaja päättää erillishankintoja tehdessään, mille tasolle hankinta integroidaan. Toimija integroidaan sitä korkeammalle, mitä merkittävämpi se on projektin kannalta. Ensimmäisen integraatiotason toimijoilta edellytetään yhteistyökykyä ja heidät otetaan mukaan jo hankekehitysvaiheeseen, jossa sovitaan tavoitekustannus ja -hinta. Ihmiset integroidaan yhteiseen projektiin ja he osallistuvat yhteistoiminnallisiin menetelmiin sekä jatkuvaan parantamiseen. Toisen tason integraation toimijoille pidetään normaalia laajempi perehdytys sekä sovitaan tavoitehintaa tai kannustinjärjestelmä. He osallistuvat osittain hankkeen yhteistoiminnallisiin menetelmiin. Kolmannen tason integraatio toimii normaalin hankintaprosessin mukaisesti. (Impilä & Heikkinen 2023).

4.2 Sairaalarakennuksen suunnittelu

Sairaalasuunnittelu on monimutkainen prosessi, johon liittyy paljon suunnittelupäätöksiä. Päätösten onnistumisen vuoksi kriittisiin päätöksiin tulisi soveltaa näyttöön perustuvaa suunnittelua. Sairaalasuunnittelun perustaminen olemassa olevaan tutkimusnäyttöön auttaa suunnittelupäätösten riskien vähentämisessä. (Kagioglou & Tzortzopoulos 2010, Valkeisenmäki 2020 mukaan)

Sairaalarakennuksen suunnittelu voi olla haastavaa, sillä suunnittelijoiden on tunnettava tarpeeksi sekä sairaalan toimintaa että erikoisjärjestelmiä. Toteutussuunnitelmat on tehtävä riittävän tarkoin sekä ne on julkaistava ajoissa häiriöttömän tuotannon varmistamiseksi. (Korhonen & Reijula 2009, s. 97).

4.2.1 Tilojen esteettömyysvaatimukset

Esteettömyydellä tarkoitetaan käyttäjille helppokulkuista, toimivaa, turvallista ja miellyttävää rakennusta (Invalidiliitto n.d.). Tilojen esteettömyysvaatimukset pohjautuvat YK:n vammaisyleissopimukseen perustuvaan Rakennetun ympäristön esteettömyyslainsäädäntöön. Sen tarkoituksena on luoda myös vammaisille henkilöille yhdenvertainen pääsy sekä kaupunki- että muuhun ympäristöön. (Ympäristöministeriö n.d.).

Rakentamislaisissa on asetettu tiloille esteettömyysvaatimuksia, joiden perusteella rakennusten on käyttötarkoituksesta riippuen sovellettava myös liikunta- ja toimintarajoitteisten henkilöiden käyttöön. Rakennuttajan vastuulla on huolehtia, että rakennus sekä piha-alueet täyttävät sen käyttötarkoituksen, käyttäjämäärän sekä kerrosluvun edellyttämän käytettävyyden. Siinä on huomioitava etenkin lasten, ikääntyneiden, vammaisten ja liikumis- ja toimintaesteisten henkilöiden mahdollisuus käyttää rakennusta esteettömästi. (Ympäristöministeriö n.d.).

Sairaalan esteettömyyssuunnittelu aloitetaan tavoitteiden ja lähtökohtien määrittelystä. Sairaalan esteettömyyssuunnittelun tavoitteena pidetään yleisesti esteetöntä, käyttäjoustavaa sekä tehokasta sairaalaa, jonka suunnittelun keskiössä on potilas. Esteettömyys on huomioitava jo aluesuunnitelmassa, siten että sinne on helppo saapua niin yksityisautoilla, julkisella liikenteellä kuin takseilla ja ambulanssillakin. Pihasuunnitelmissa on otettava huomioon myös turvallinen ja esteetön liikkuminen ulkoalueilla. Siihen voidaan vaikuttaa mm. tavallisten sekä esteettömien autopaikkojen sijoittelun, sulanapidon, kaiteiden ja selkeiden opasteiden avulla. (Miesmaa 2021, Savijärvi 2023 mukaan).

Yleissuunnitteluvaiheessa vaikutetaan esteettömyyden kannalta merkittävimpiin asioihin. Sairaalaan on suunniteltava selkeä pohjaratkaisu, jota tukee standardoidut tilat, käytäväleveydet ja hissikorit, jotka soveltuvat kaikille käyttäjäryhmille. Suunnittelussa on

huomioitava myös tilojen muuntojoustavuus sekä monikäyttöisyys. (Miesmaa 2021, Savijärvi 2023 mukaan).

Liikkumisen esteettömyyden lisäksi on huomioitava myös näkemisen, kuulemisen, ymmärtämisen ja kommunikaation esteet (Invalidiliitto). Niihin voidaan vaikuttaa etenkin onnistuneen opastuksen avulla. Värit auttavat korostamaan tilahierarkiaa. Esimerkiksi eri kerroksissa voi olla erivärinen teema. Värien lisäksi grafiikka ja muu taide ovat osa sanatonta opastusta. Äänimaailmat sekä esimerkiksi hissien ääniohjaus täydentävät muita opasteita. Tuntoaistiin perustuvia opasteita ovat mm. kohokuvioinnit, ohjauslistat sekä eri materiaalit. (Miesmaa 2021, Savijärvi 2023 mukaan).

4.2.2 TATE-suunnittelu sairaalarakentamisessa

Talotekniikkasuunnitelmien aikataulu riippuu urakkamuodoista. TATE-urakat on totuttu suorittamaan kiinteähintaisina jaettuina urakoina, jolloin toteutussuunnitelmat on oltava korkeatasoisia jo hankintavaiheessa. Tämä urakkamuoto ei sovellu haastaviin projektinjohtohankkeisiin eikä yhteistoiminnallisiin hankkeisiin, kuten sairaalakohteisiin. TATE-urakat jaetaan tyypillisesti putki-, IV-, sähkö-, automaatio-, turva-, paloilmoin-, lukitus- ja sprinkleriurakoiksi. (Järviö 2024). Sairaalahankkeissa näihin tulee lisäksi vielä mm. yleiskaapelointi-, sairaalakaasu-, desinfiointi- ja puhdasvesiurakat. Monimutkaisissa hankkeissa hyödytään siitä, että ei ole suunnitelmiin sidottuja kiinteähintaisia urakoita, sillä se kannustaa urakoitsijoita esittämään tilaajalle innovatiivisia ja kustannustehokkaita ratkaisuja (Järviö 2024).

Vartevan (2021 s. 45) tutkimuksessa haasteena nähtiin TATE-palvelualueiden sovitustahdituotantoon. Taloteknisiä järjestelmiä voi olla haastava saada pilkottua pieniin kokonaisuuksiin tahtialueiden mukaisesti. Tutkimuksen perusteella haaste olisi mahdollista välttää. (Varteva 2021). Tahtituotannon sujuvuuden kannalta on tärkeää, että myös TATE-asennukset on mahdollista tehdä tahtiaikataulun mukaisesti. TATE-järjestelmien vaikutusalueet ja käytettävät tahtialueet on yhteensovittettava jo suunnitteluvaiheessa.

Talotekniikan eri suunnittelualojen saman alueen työpaketit on katselmoitava samanaikaisesti, jotta saadaan samalla tehtyä törmäystarkastelu (Kiiras et al. 2007, Järviö 2024 mukaan). Tämä mahdollistaa myös eri suunnittelualojen vaikutusalueiden yhteensovittamisen.

4.2.3 Sairaaloiden ilmanvaihto

Sairaalatoiminnasta aiheutuu sairaalan ilmanvaihdolle tavanomaista korkeampia vaatimuksia. Sairaalan ilmanvaihto tulee suunnitella sairaalan energiatehokkuuden ylläpitämiseksi. Sairaalan ilmanvaihto on suunniteltava riittäväksi, jotta sisäilman laatu on hyvä

ja ilmanvaihto kestää sille aiheutuvan kuormituksen. Sairaalarakennuksen ilmanvaihdon suunnittelussa on huomioitava myös epäpuhtauksien leviämisen hallinta, jotta sisäilma säilyy puhtaana. Joissakin sairaalan toiminnoissa sisäilmastolta vaaditaan myös sisäilman lämpötilan ja kosteuden hallintaa. Sairaalatiloissa ilmahygieniaa hoidetaan esimerkiksi ilmanvaihdolla ja -jaolla, tulo- ja poistoilman suodatuksella, kohdepoistoilla, sulkutiiloilla sekä paine-eroilla. (Korhonen & Reijula 2009, s. 83–85).

Potilashuoneiden käyttö poikkeaa toimistorakennuksista mm. siten että ne ovat arkipäivien sijaan ympärivuorokautisessa käytössä. Osa potilashuoneista on tartuntaeristystiloja, joille on yleensä erilliset ilmanvaihtokoneet, sillä ne on tarkoitus pitää alipaineisina tilan käytön aikana. Sairaalan ilmanvaihdon suunnittelussa on huomioitava, ettei eristystilat ole riittävät pandemioiden aikana, joten on etukäteen varauduttava käyttämään eristykseen myös muita sairaalan tiloja. IV-palvelualueet on suunniteltava siten, että tarvittaessa muita sairaalan osastoja voidaan käyttää eristystiloiksi. (Korhonen & Reijula 2009, s. 83).

4.2.4 Sairaalalaitteiden suunnittelu

Kiinteitä sairaalalaitteita (KSL) ovat esimerkiksi toimenpidevalaisimet, kuvantamislaitteet, leikkaustasot, hammaslääkärin tuolit, röntgenvalotaulut, pesukoneet ja dekontaminaatiolaitteet, autoklaavit ja vetokaapit. Kiinteisiin sairaalalaitteisiin saatetaan toisinaan laskea mukaan myös sairaaloiden rst-kiintokalusteet. Kiinteiden sairaalalaitteiden suunnittelussa on huomioitava niiden sijoitus ja liitäntä taloteknisiin järjestelmiin. (RT 96-10594).

KSL-suunnittelun tärkeimpiä tehtäviä on varmistaa eri suunnittelualojen saavan riittävät lähtötiedot omalle suunnittelutyölleen. Näin saadaan suunniteltua kiinteiden sairaalalaitteiden edellytykset, kuten esimerkiksi sähkö, automaatio, ilma, vesi, puhdasvesi ja paineilma. (Granlund 2022).

KSL-suunnittelija auttaa käyttäjiä suunnittelemaan, mitä teknisiä laitteita hoitotyön tueksi tarvitaan ja millä ratkaisuilla saavutetaan parhaiten hoitotyöhön sopiva lopputulos. KSL-suunnittelijat tuntevat sairaaloiden erikoisvaatimuksia, kuten suojeltujen rakennusten, kuvantamistilojen, hammashoidon tila-, olosuhde- ja tekniikkavaatimukset. (Granlund 2022).

Talolan (2024) mukaan KSL-suunnitteluvaiheessa voidaan merkittävästi vaikuttaa rakennuksen vähähiilisyteen. Laitteita suunniteltaessa ja hankittaessa olisi mahdollista vaikuttaa hiilijalanjälkeen sekä materiaalivalintojen että energiatehokkuuden avulla. (Talola 2024).

Säteilysuojaus

Kvantamislaitteet tuottavat hetkellistä säteilyä kuvaamisen aikana. Kvantamistiloihin on lisäksi suunniteltava myös säteilysuojaus siten, että tilojen ulkopuolelle ei tule säteilyä. Säteilysuojauksen avulla voidaan minimoida röntgensäteilyn aiheuttamat riskit esimerkiksi työntekijöille sekä sairaalan muulle väestölle. (Säteilyturvakeskus n.d.).

Säteilysuojauksen suunnittelussa huomioitavia asioita ovat esimerkiksi

- Laitteen tai säteilylähteen tyyppi sekä käytettävän säteilyn ominaisuudet
- Laitteen tai säteilylähteen käyttömäärä
- Kuvaussuunnat ja säteilykeilan koko
- Laitteen tai säteilylähteen sijainti kuvantamistilassa
- Suojattavan tilan käyttötarkoitus

Säteilysuojaus suunnitellaan siten, että kuvantamistilan rakenteissa käytetään materiaalia, joka pienentää säteilyn annosnopeutta. Yleisimmin rakenteellisen säteilysuojauksen toteutukseen käytetään lyijyä, jonka vuoksi suojaustarve esitetään millimetreinä lyijyä (mmPb). Kvantamistilojen ovien, ikkunoiden sekä niiden karmien säteilysuojauksen on vastattava niitä ympäröivien seinien säteilysuojaustasoa. (Säteilyturvakeskus n.d.).

4.3 Suunnittelun ohjaus

Suunnittelun ohjauksen tarkoituksena on varmistaa, että suunnitteluprosessi saavuttaa sille asetetut tavoitteet ja että suunnitelmat täyttävät niille asetetut toiminnalliset, taloudelliset, esteettiset, tekniset ja ympäristölliset vaatimukset (Rakennustieto 2017, RT 10-11284). Suunnittelun ohjauksella tarkoitetaan suunnittelijoiden aktiivista ohjeistamista määritettyjen tavoitteiden ja yhteensopivien suunnitelmien aikaansaamiseksi (Rakennustieto 2005, RT 13-10860).

Junnosen (2009) mukaan suunnittelun ohjauksen on oltava aktiivista hankkeen alusta lähtien, jotta suunnittelun tavoitteet voidaan saavuttaa. Hankkeen tuloksena syntyvää tuotetta eli suunniteltavaa rakennusta kuvataan laatu- ja laajuustavoitteilla. Kustannus- ja laatuavoitteet sen sijaan kuvaavat tuotteen valmistamiseen tarvittavaa prosessia. (Junnonen 2009, s. 45).

Suunnittelun ohjauksella pyritään optimoimaan suunnitteluratkaisuja kaikkia osapuolia tyydyttäväksi. Suunnittelun ohjauksella pyritään saavuttamaan mahdollisimman toimivia sekä kustannustehokkaita suunnitteluratkaisuja hankkeen tavoitteiden täyttymiseksi. Onnistuneella suunnittelun ohjauksella on mahdollista päästä merkittäviin kustannus- ja aikataulusäästöihin. Suunnittelun ohjaus aloitetaan tarveselvitysvaiheessa ja päättyy rakentamisvaiheessa. (Heikkilä 2021). Rakennuskustannuksista suurin osa määräytyy jo

tarveselvitys- ja hankevaiheessa vaikka suurin osa kustannuksista realisoituu vasta rakentamisvaiheessa (Haahtela & Kiiras 2015, Heikkilä 2021 mukaan). Suunnittelun ohjauksen tarpeeseen ja toteutukseen vaikuttavat sekä valittu urakkamuoto että hankeprosessi (Kruus et al. 2006, Salminen 2016 mukaan).

Salmisen (2016) tutkimuksen sairaalahankkeessa käyttäjätiedonhallintaa pidettiin puutteellisena. Käyttäjät toimittivat suunnittelijoille lähtötietoja hoitotyön näkökulmasta. Käyttäjien toiveet osoittautuivat toisinaan ristiriitaisiksi tai jopa tarpeettomiksi. Merkittävät käyttäjäsuunnitteluun liittyvät asiat päätti ohjausryhmä, joka koostui KS-SHP:n johtajasta, hallintoylilääkäristä sekä hallintoylihoitajasta. Käyttäjäsuunnitteluun olisi tarvittu järjestelmällisempää suunnittelunohjausta. (Salminen 2016).

Salmisen (2016) tekemän haastattelututkimuksen mukaan huonekorttien laatiminen olisi aloitettava mahdollisimman aikaisin, mieluummin jo ennen luonnossuunnitteluvaiheen alkamista. Huonekorteissa esitetään merkittävä määrä lähtötietoja eri suunnittelualoille, joten niiden hallinta on tärkeää suunnittelun kannalta. Huonekortteihin olisi tärkeää saada huomioita käyttäjien toiveet ja tarpeet ajoissa, jotta ne voidaan toteuttaa rakennusteknisesti järkevästi, kustannustehokkaasti ja siten, että saadaan asiakkaalle lopputuotteesta mahdollisimman toiminnallinen. Salmisen haastattelututkimuksen mukaan oleellista on, että suunnitteluprosessin johtava osapuoli on tiedossa kaikille ja että suunnittelun ohjaukseen osallistuvien henkilöiden tehtäväkuvat ovat selkeät. (Salminen 2016).

Monimutkaisissa kohteissa, kuten sairaalahankkeissa on oleellista hyödyntää tietomallinnusta kaikkien suunnitelmien osalta. HUS:in siltasairalahankkeessa SRV sovelsi projektinhallintaan lean-suunnittelunohjausta. Siltasairaala-hankkeessa tilaaja, käyttäjä, päätoteuttaja sekä suunnitteluryhmä hyödynsivät Big Room -ympäristöä suunnittelunohjaukseen. (Aalto 2021).

Erityisen vaativat hankkeet vaativat myös tavanomaisia hankkeita laajempaa suunnittelun ohjausta. Talotekniikka 2030 TH10 -tutkimuksen mukaan useissa urakkamuodoissa on nähty ongelmana talotekniikan suunnittelunohjauksen vastuut ja organisointi. Vaativiin hankkeisiin tarvittaisiin rooli, joka organisoisi taloteknisen suunnittelun ohjauksen huomioiden sekä suunnittelun että urakoinnin tarpeet. (Keskiniva et al. 2025).

4.4 Tuotannon suunnittelu

Tuotannon hallinta voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen, tuotannon suunnitteluun, valvontaan ja ohjaukseen. Tuotannon suunnittelun tarkoituksena on määrittää ja suunnitella keinot, joiden avulla päästään tuotannolle asetettuihin tavoitteisiin. Tuotannon suunnittelun avulla kartoitetaan, mitä on tarkoitus tehdä, miten voidaan tehdä, mitä halutaan

tehdä ja määritetään toimintatavat tavoiteltuun lopputulokseen pääsemiseksi. (Junnonen 2010 s. 7–9, Koski 2010 s. 15–16).

Sairaalarakentaminen sisältää tavanomaisesta poikkeavia työvaiheita, joten etenkin sisävalmistus- ja viimeistelyvaiheiden aikataulusuunnittelu on tehtävä huolella. Korhosen ja Reijulan (2009) mukaan ennakoivalla tuotannosuunnittelulla ja tarkistuslistalla ehkäistään aikataulun viivästymisiä. Sairaalan toiminnasta aiheutuvat kriittiset pisteet on määritettävä selkeästi sekä sairaalan omat hankinnat on yhteensovitettava tuotantoaikataulun kanssa. (Korhonen & Reijula 2009, s. 97). Sairaalalle erityisille tehtäville, kuten kiinteiden sairaalalaitteiden ja puhdistilojen asennuksille on tärkeää tehdä tehtäväsuunnitelmat huolellisesti.

Perussuunnittelu

Junnoson (2010) mukaan tuotannon suunnittelu jakautuu perussuunnitteluun sekä tehtäväsuunnitteluun. Perussuunnitelmiin sisältyvät seuraavat aihealueet:

- Aikataulun suunnittelu
- Laadunvarmistuksen suunnittelu
- Kustannushallinta
- Työturvallisuus- ja ympäristöasioiden hallinta
- Rakennusaikaisen täydentävän suunnittelun ohjaus
- Hankintojen suunnittelu
- Asiakastoiminnot sekä informaatio. (Junnonen 2010).

Junnoson (2010) mukaan rakennushankkeen ajallinen hallinta on keskeisin tuotannonhallinnan osa-alue. Ajallisen hallinnan ongelmat näkyvät myös hankkeen laadullisina ongelmina ja kohonneina kustannuksina. Tuotannonhallinnan onnistuminen edellyttää ajallisen hallinnan onnistumisen. Keskeinen osa ajallista hallintaa on *aikataulusuunnittelu*. Aikataulut on tehtävä realistiseksi, täytettävä tuotannon tavoitteet, mutta niissä on vältettävä liikoja puskureita. (Junnonen 2010, s. 11).

Aikataulusuunnittelu sisältää peräkkäiset vaiheet, jotka ovat:

- Rakennushankkeen kokonaiskeston ja kireyden tarkistus
- Tehollisen rakennusajan laskeminen
- Kohteen jakaminen osakohteisiin
- Työjärjestyksen suunnittelu ja valinta
- Aikataulutehtävien muodostaminen
- Tehtävien ajoitus ja resurssien tasaus
- Tuotantoaikataulun teko.

Suunnittelun työvaiheet voivat vaihdella järjestystä tai kaikki eivät ole välttämättömiä riippuen hankkeesta. Aikataulusuunnittelua tehdään iteratiivisesti ja tarvittaessa palataan suunnittelussa aiempiin versioihin. (Junnonen 2010, s. 19).

Laatusuunnitelman tarkoituksena on auttaa rakennushankkeen laatujohtamisen käytännöissä. Laatusuunnitelma huomioi hankkeen erityispiirteet, jotta saadaan tilaajan tarpeet ja vaatimukset täytettyä. Laatusuunnitelman toinen tarkoitus on auttaa varmistamaan hankkeen laatuvaatimusten täyttyminen. Laatusuunnitelmaa voidaan pitää hankekohtaisena ohjekirjana koko tuotanto-organisaation ohjaamiselle. Laatusuunnitelmassa kuvataan toimintatavat niin ajallisen hallinnan, kustannushallinnan, laadunvarmistuksen, suunnitelmavalmiuden, asiakassuhteiden kuin hankintojenkin ylläpitämiseksi. (Junnonen 2010, s. 59).

Hankintojen suunnittelun tarkoituksena on varmistaa, että tuotannon tarvitsemat resurssit ovat käytettävissä oikea-aikaisesti. Hankinta tarkoittaa rakennustuotannossa tarvittavan materiaalin, työn tai palvelun määrittelyä ja ostamista. Hankinnat on mahdollista jakotella rakennustuotteen, aliurakan tai palvelun hankkimiseen. Hankintojen suunnittelua tehdään kolmessa vaiheessa, jotka ovat tarjousvaiheen, toteutusvaiheen ja yksittäisen hankinnan suunnittelu. Tarjous- ja toteutusvaiheen hankintojen suunnittelu on osa koko hankkeen tuotannon suunnittelua. Yksittäisen hankinnan suunnittelu varmistaa yksittäisten hankintojen onnistumisen oikeasisältöisenä oikeaan aikaan. (Junnonen 2010, s. 87).

Työturvallisuussuunnittelu on keskeisessä osassa työtaturmien ja terveyden haittojen ehkäisyssä (Ratu KI-6034). Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (VNA 205/2009) määrittää, että rakennushankkeen kunkin osapuolen on yhdessä ja osaltaan huolehdittava, ettei työstä aiheudu vaaraa työmaalla työskenteleville eikä muille työn vaikutuspiirissä oleville henkilöille. Työturvallisuussuunnittelussa on erityisesti keskityttävä riskien tunnistamiseen ja tapaturmien ennaltaehkäisyyn. (Ratu KI-6034).

Ympäristön suunnittelu on tärkeä osa tuotannon suunnittelua. Aluesuunnitelmat on päivitettävä säännöllisesti sekä on huomioitava ympäröivä liikenne. Sairaalaa laajennettaessa tai vanhan sairaalan läheisyyteen rakennettaessa on huomioitava liikenteen häiriöttömyys olemassa olevalle sairaalalle.

Tehtäväsuunnittelu

Perussuunnitelmien perusteella tehdään tehtävien yksityiskohtaista suunnittelua. Näihin kuuluvat esimerkiksi tehtäväsuunnitelmat sekä laadunvarmistustoimenpiteiden suunnitelmat. (Junnonen 2010). Kosken (2010) mukaan tehtäväsuunnittelu on prosessi tehtäväsuunnitelman laadinnasta sekä sen avulla tehdystä tehtävän ohjauksesta asetettujen

tavoitteiden ja vaatimusten mukaan. Kaikki tehtävät on suunniteltava ennen niiden toteuttamista. Suunnittelun laajuus määritetään työmaan laatu- tai projektisuunnitelmassa. Riskitehtäviksi määritettyjen töiden suunnittelussa on huomioitava tehtävän epävarmuuden vähentäminen. (Koski 2010 s. 16–17).

Tehtäväsuunnitelman, TESU:n laadinta on vastuutettava tehtävän läpiviennistä vastaavalle henkilölle. Tällöin läpiviennistä vastaava henkilö tutustuu tehtävän suorittamiseen jo etukäteen tehtäväsuunnitelmaa tehdessään. Tehtäväsuunnitelmassa tulee esittää tehtävän onnistumisen kannalta oleelliset asiat ja painottaa sisältöä riskien perusteella. Tehtäväsuunnitelmassa esitettäviä asioita ovat mm. tehtävän ajalliset, taloudelliset ja laadulliset tavoitteet. Tehtäväsuunnitelmassa on myös huomioitava, mikäli kyseessä oleva tehtävä on työntekijälle aiemmin tuntematon tai muuten erityisen virhealtis. TESU:ssa on tärkeää suunnitella tehtävän valvonta- ja ohjauskeinot. (Koski 2010 s. 16–18). Tehtäväsuunnittelun yhteydessä suunnitellaan laadunvarmistustoimenpiteet laatusuunnitelman perusteella (Junnonen 2010 s. 9).

4.4.1 Puhtausluokka P1

Sairaalarakentamisessa on monesti vaatimuksia sisäilmastolle. Sisäilmastoluokkia on yhteensä kolme, joista S3 on tyydyttävä, S2 on hyvä ja S1 on yksilöllinen sisäilmasto (Sisäilmastoluokitus 2018). Sisäilmastoluokat 1 ja 2 vaativat rakentamiselta puhtausluokka P1 mukaisen toteutuksen (Koivisto 2019). Sisäilmastoluokat asettavat vaatimuksia puhtauden lisäksi myös esimerkiksi ääni- ja valaistusolosuhteille (Sisäilmastoluokitus 2018).

Rakennustöiden puhtausluokka P1:n tarkoitus on varmistaa, että tilat ovat puhtaat eivätkä sisällä rakennusaikaista pölyä kohteen luovutushetkellä tilaajalle (Sisäilmastoluokitus 2018). Puhtausluokka P1:n käyttö estää pölyävien töiden ja ilmanvaihtoasennusten tekemisen samanaikaisesti. Tällöin ilmanvaihtoasennukset päästään tekemään vasta pölyävien työvaiheiden, kuten tasoitus- ja maalaustöiden jälkeen. Ilmanvaihtoasennukset on tehtävä pölyttömässä tilassa. (Koivisto 2019).

Rakennushankkeiden pölyntorjuntamenetelminä käytetään osastointia, tilojen tai osastojen paineistusta, kohdepoistoa sekä ilmanpuhdistusta. Osastointi tehdään eristämällä pölytön tila pölyisestä joko olemassa olevien tai väliaikaisten rakenteiden avulla sekä tukkimalla mahdolliset avoimet läpiviennit. (Koivisto 2019). Osastointi mahdollistaa IV-asennusten tekemisen osastoidulla ja siivotulla alueella, vaikka toisella puolella rakennusta olisi käynnissä pölyviä työvaiheita.

Puhtausluokka P1 mukaisissa rakennushankkeissa käytetään kaksivaiheista loppusiivousta. Rakentamisen aikaiset suojaukset poistetaan ja tilat siivotaan ennen toimintakokeita, jotta ilmanvaihtojärjestelmään ei pääse rakennuspölyä. Toimintakokeiden suorittamisen jälkeen ummistetaan alakatot sekä siivotaan tilat luovutusvalmiuteen. Rakennuksen sekä ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus varmistetaan mittaamalla ennen luovutusta. (Koivisto 2019).

4.4.2 Sairaalalaitteiden huomiointi tuotannosuunnittelussa

Kiinteiden sairaalalaitteiden aikataulutusta tulisi tehdä siten, että kaikki niihin liittyvä talotekniikka on asennettu ja laitteen vaatimat kytkennät on mahdollista tehdä laitteen asennuksen yhteydessä. Sairaalalaitteet ovat kalliita ja ne vaativat asennuksen jälkeen suojauksen, ettei laite kärsi ulkoisista vaurioista. Laitteita ei tule asentaa työmaalle liian aikaisin, sillä keskeneräisellä työmaalla on suurempi riski kalliiden laitteiden vaurioitumiseen ennen luovutusta. (Jokinen 2016).

Kiinteiden sairaalalaitteiden asennuksen aikataulutuksen ongelmana saattaa olla, ettei tuotannon suunnittelun aloitusvaiheessa ole vielä tiedossa kaikkia tulevia laitteita tai niiden tarkkoja tietoja. Sairaalalaitteiden toimitusajat voivat olla pitkiä ja tilaaja haluaa veyntää niiden hankintaa, jotta saataisiin mahdollisimman uutta tekniikkaa. (Jokinen 2016).

Kiinteiden sairaalalaitteiden laitetoimittajan on noudatettava lääkintätilojen asennuksissa standardeja SFS 6000-7-710 sekä SFS-EN 60601. Sähköturvallisuus on huomioitava erityisesti lääkintätiloissa, joissa sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita käytetään esimerkiksi tehohoidossa oleviin potilaisiin. Lääkintälaitteet vaativat sähköasennuksilta erittäin korkeaa turvallisuustasoa niin potilaiden kuin henkilökunnankin osalta. (Kullat 2013).

4.4.3 Puhdastilat

Puhdastilojen asennus sekä käyttövalmiuteen saattaminen vaativat huolellista tuotannon suunnittelua. Puhdastilalla tarkoitetaan tilakokonaisuutta tai huonetta, jonka hiukkasten määrä ilmassa pyritään minimoimaan (Mectalent n.d.). Se on suljettu alue rakennuksen sisällä, jonka hiukkasten pitoisuutta, lämpötilaa, kosteutta sekä painetta valvotaan olosuhdevaatimusten mukaisesti (Hermetel n.d.). Ilmanvaihto on keskeisimmässä roolissa puhdastilojen puhtaana pitämiseen. Puhdastilat pidetään aina ylipaineisina, joten ilma virtaa puhtaimmasta tilasta likaisimpaan. Tällöin hiukkaset poistuvat ilman vaihtuessa. (Mectalent n.d.).

Puhdastilojen on oltava tiiviitä ja niiden asennus on aikataulutettava järkevästi. Puhdastilojen asennukset on valmistuttava ennen niiden käyttöönottopesua, jotta puhdastilojen

validointi onnistuu aikataulun mukaisesti. Validointi on suoritettava kaikille GMP-luokituksen mukaisille puhdistiloille. (Miettinen 2006).

Validointi sisältää teknisten järjestelmien kvalifioinnin sekä koko prosessin validoinnin.

Teknisten järjestelmien kvalifiointi jakautuu neljään osaan, jotka ovat

- Suunnitelmien tarkastus (DQ),
- Asennus- ja käyttöönottotarkastus (IQ),
- Toiminnan testaus (OQ) sekä
- Suorituksen testaus (PQ).

Koko prosessin validointi toimii osana yrityksen laadunvarmistusta. Validoinnin yhteydessä laaditaan dokumentaatiota siitä, että puhdistila vastaa sille asetettuja vaatimuksia. (Miettinen 2006).

4.5 Tuotannon valvonta & ohjaus

Tuotannon hallinnan kaksi muuta osa-aluetta ovat tuotannon suunnittelun lisäksi tuotannon valvonta sekä tuotannon ohjaus. Tuotannon valvonnalla tarkoitetaan jatkuvaa toimintaa, jonka tarkoituksena on hankkia toteumatietoa tuotannosta, verrata sitä suunniteltuun ja raportoida havainnot työmaajohdolle tai järjestelmiin ohjaustoimenpiteitä varten. (Junnonen 2010).

Tuotannon ohjauksen tarkoituksena on estää poikkeumien syntyä tuotantoon ja mahdollisten poikkeumien syntyessä palauttaa tuotanto suunnitellun mukaiseksi. Tuotannon ohjaukselta on sekä ennakoivaa että korjaavaa. Ennakoivan ohjauksen tarkoitus on etukäteen poistaa mahdolliset tuotannon esteet tai ainakin vähentää niiden haittavaikutuksia ja estää poikkeamien syntyminen. Ennakoiva tuotannon ohjaus vaatii systemaattista potentiaalisten ongelmien ja häiriöiden kartoittamista. Ennakoivaa tuotannon ohjausta on mm. töiden aloitus- ja läpivientiedellytysten varmistaminen. (Junnonen 2010).

Korjaava tuotannon ohjaus tarkoittaa poikkeamien synnyttyä tuotannon palauttamista takaisin suunnitellun mukaiseksi. Mahdollisimman nopea palauttaminen edellyttää poikkeamien havaitsemisen varhaisessa vaiheessa, joka taas edellyttää aktiivista tuotannon valvontaa. Ohjaustoimenpiteet poikkeamien korjaamiseksi osoitetaan poikkeaman syihin. (Junnonen 2010).

Kosken (2010) mukaan keskeisiä tuotannonohjauskeinoja ovat esimerkiksi aloituspalaverit, mestanvastaanotot, mallityöt, työnjohdon ja/tai työryhmän tarkastukset, mestan luovutus, erilaiset kokeet, mittaukset ja testit sekä tehtävän valmistuminen ja palaute siitä. Savolaisen (2019) mukaan projektinhallinnan kolmio muodostuu kolmesta osa-alueesta, jotka ovat aikataulun mukainen eteneminen, kustannustavoitteiden toteutuminen

ja laatutavoitteiden noudattaminen. Näiden kaikkien osa-alueiden hallitseminen vaatii laadukkaan tuotannon suunnittelun lisäksi aktiivista tuotannon valvontaa sekä ohjausta.

5. TAHTITUOTANNOSTA LUOVUTUSVAIHEESEEN – TOIMINTATUTKIMUKSEN TULOKSET

Tutkimustyön toinen osuus on empiirinen toimintatutkimus, joka sisältää haastattelututkimuksen. Kyseessä on toimintatutkimus, sillä tutkija on työskennellyt kolme vuotta tutkimuksen case-kohteessa aikatauluinsinööriharjoittelijana. Diplomityön toisessa osiossa esitellään case-kohde, tutkija esittelee havaintojaan case-kohteesta ja tehdään haastattelututkimus case-kohteesta.

Toimintatutkimus sopii käytettäväksi tutkimusmenetelmäksi, kun tutkija on itse vaikuttanut tutkimuskohteen aikataululliseen onnistumiseen. Toimintatutkimuksessa tutkija voi olla suunnittelemassa tahtiaikataulua, vaikuttamassa tuotantoon ja havainnoimassa sitä työmaalla. Havainnoinnin avulla saadaan tuloksia toimivista käytännöistä ja niitä tuodaan esille tutkimuksessa. (Keskiniva et al. 2020).

5.1 Case-kohde: Ahveniston sairaala – Assi

Tämän diplomityön Case-kohteena toimii Ahveniston sairaala, Assi, joka on uusi Kanta-Hämeen keskussairaala. Assin tavoitteena on olla valmistuttuaan maailman inhimillisin sairaala (Ahveniston sairaala n.d.).

Assin rakentaminen alkoi elokuussa vuonna 2021, luovutus tilaajalle oli syyskuussa 2025 ja sairaalan käyttöönotto keväällä 2026. Assiin siirtyy vanhan keskussairaalan toiminnot pois lukien muutama toiminto, kuten apuvälineyksikkö ja sairaalakoulu. Keskussairaalan toimintojen lisäksi Assiin siirtyy esimerkiksi myös Vanajaveden sairaalan osastot sekä erikoishammashoitoa. Lisäksi Assilla on uusi pelastusasema. Assin tavoitteena on valmistuttuaan toimia asiakaslähtöisesti täyttäen terveydenhuollon tarpeet. (Ahveniston sairaala n.d.).

Assi on suuri, pinta-alaltaan yli 75 000 m² terveydenhuollon ja erikoissairaanhoidon keskittymä, jonka rakentamiseen budjetoitu 356 miljoonaa euroa. Alla olevassa kuvassa 9 on esitettyinä Assin tavoitteelliset luvut.



Kuva 9. Assi lukuina (Ahveniston sairaala n.d.)

Assi valmistuu vanhan sairaala-alueen viereen harjun alapuolelle aiemmalle pellolle. Assin tuotannon suunnittelussa on ollut välttämätöntä huomioida nykyisen sairaalan toiminta sekä esteetön kulku toiminnassa olevalle sairaalalle. Työmaan logistiikka on suunniteltu siten, etteivät esimerkiksi elementti- ja muut materiaalitöimitukset voi katkaista tietä sairaalalle vaan on päästävä heti ajamaan työmaan sisälle.

Assilla on huomioitu taiteen merkitys potilaiden, asiakkaiden ja henkilökunnan hyvinvoinnin kannalta. Ihmiset kokevat tilat viihtyisimmiksi taiteen ansiosta. Taide tukee Assin tavoitetta maailman inhimillisimmästä sairaalasta läsnäolon ja kohtaamisen muodossa. Assin taideohjelma sisältää Assiin suunnitellun uuden taiteen sekä Oma Hämeen olemassa olevan taidekokoelman. (Ahveniston sairaala n.d.).

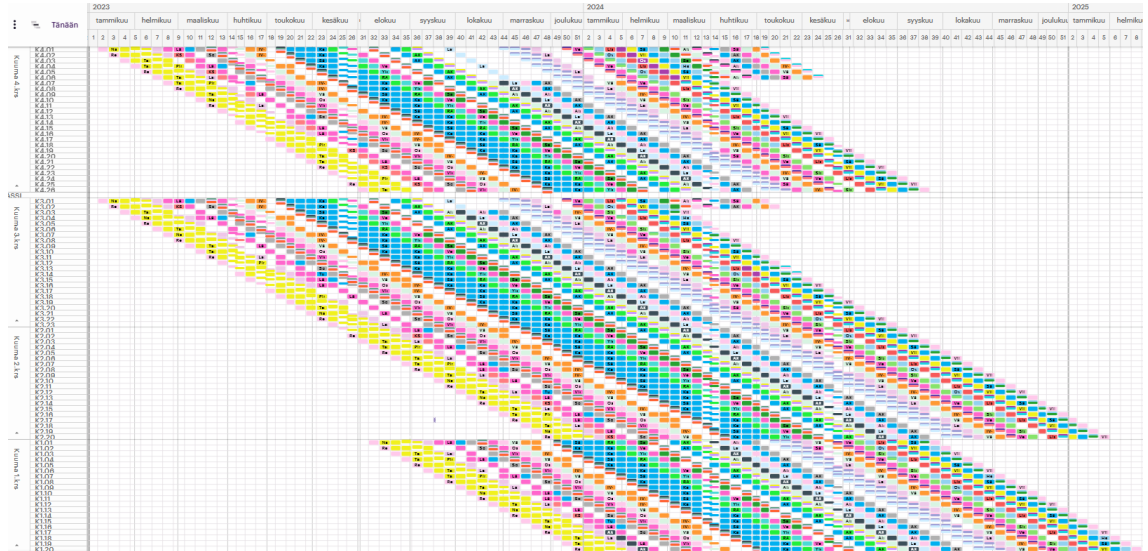
5.2 Sisävalmistusvaihe kohdehankkeessa

Assilla sisävalmistusvaihe toteutettiin pääosin tahtituotantona. Tahtituotannon tavoitteena oli Ahveniston sairaalalla etenkin parantaa laadunvalvontaa ja ennustettavuutta. Tahtituotannolla ei Assilla tavoiteltu läpimenoajan lyhentämistä, joten vaunujen välillä oli puskureita ja junat olivat pysäytettynä loma-aikoina. Päätös tahtituotannon käytöstä Assin sisävalmistusvaiheessa tehtiin rakentamisen alussa. Tahtituotannon suunnittelu aloitettiin heti päätöksen jälkeen, yli vuosi ennen tahtituotannon aloitusta.

Assilla oli yhteensä 228 tahtialuetta, jotka jakautuivat kolmeen rakennukseen – kuumaan, elektiiviseen ja osastoon. Kuumalla tahtialueita oli 89, elektiivisellä 41 ja osastolla 98. Tahtituotanto alkoi kuumasta alkuvuonna 2023 ja päättyi kuumaan alkuvuonna 2025.

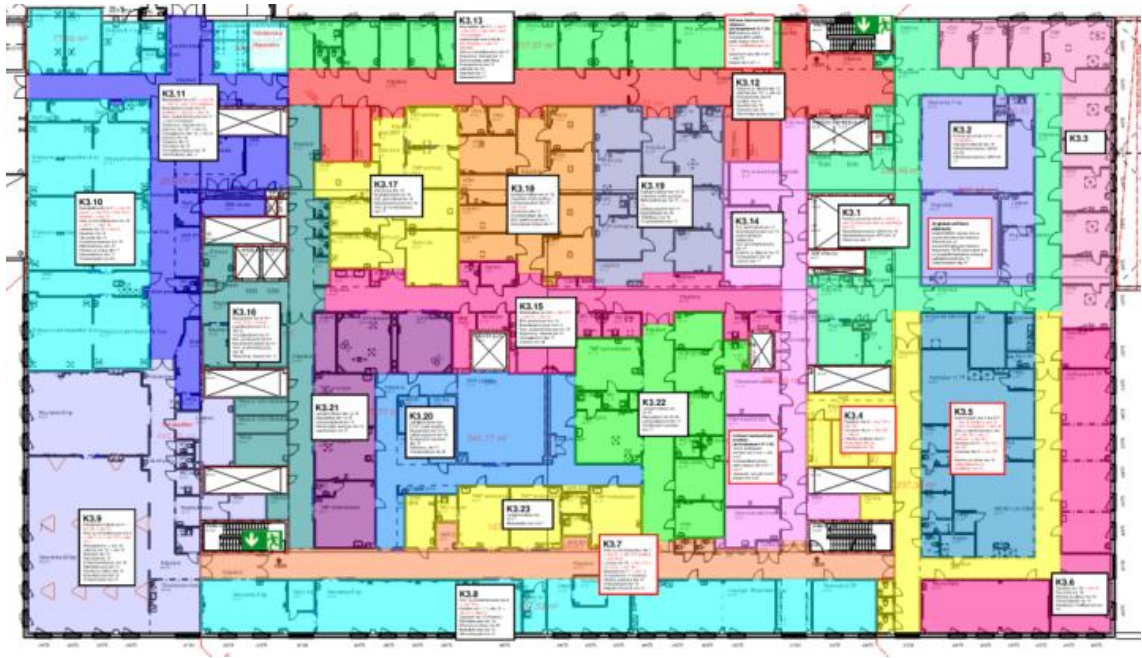
Kuuman sairaalan osassa kaikki neljä kerrosta oli jaettu 20–26 tahtialueeseen. Kuuman osalta tahtialueet suunniteltiin talotekniikan ehdoilla, jonka vuoksi tahtialueiden pinta-alat vaihtelivat suuresti. Esimerkiksi neljännen kerroksen pienin, kaksi leikkaussalia sisältävä, tahtialue oli vain n. 85 m² ja suurin tahtialue, heräämö, noin. 393 m². Huomion arvoista on myös, että esimerkiksi käytävillä ja leikkaussaleissa on huomattavasti enemmän talotekniikkaa kuin toimistotiloissa. Kuumassa sairaalassa eteni ikään kuin kaksi

tahtijunaa samanaikaisesti, jotka etenivät neljännessä ensimmäiseen ja kolmannesta toiseen kerrokseen. Neljännen kerroksen viimeisen tahtialueen jälkeen työt jatkuivat ensimmäisen kerroksen ensimmäisellä tahtialueella. Kuvassa 10 esitetty kuuman tahtiaikataulu.



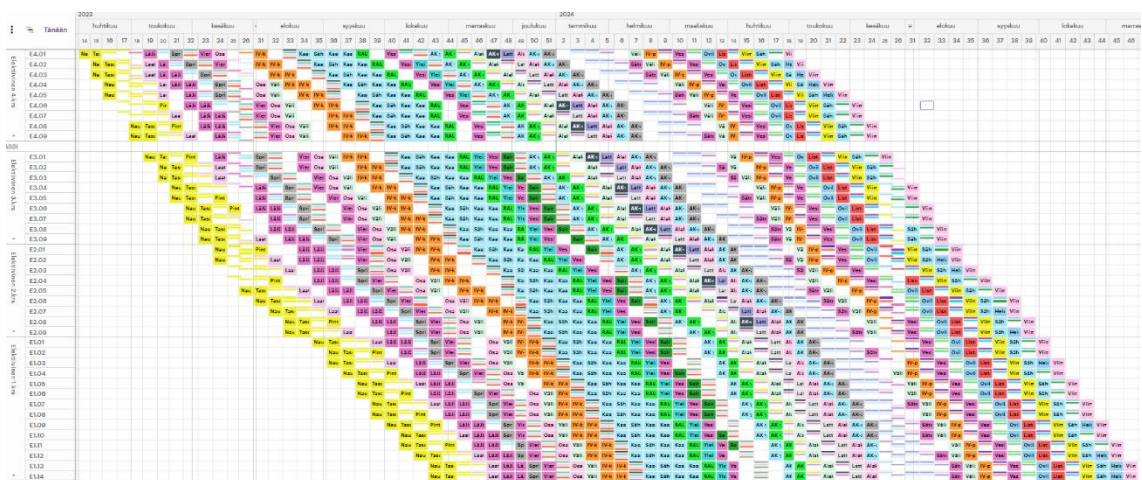
Kuva 10. Kuuman tahtiaikataulu

Kuuma rakennus sisältää sairaalatoiminnan kannalta kriittiset toiminnot, kuten leikkaus-, tehohoito-, dialyysihoito-, päivystys- ja synnytysosastot sekä kuvantamistilat. Kuuma sairaala sisältää siis paljon tilojen välistä vaihtelevuutta, joka näkyy myös tahtialueiden vaihtelevuudessa. Kuumassa käytävät toteutettiin pääosin omina tahtialueinaan muiden tahtien joukossa. Tätä on kuvattu myöhemmin tahtituotannon aloituksen yhteydessä. Kuvassa 11 esitetty kuuman 3. krs tahtialueet.



Kuva 11. Kuuman sairaalan sisämestakartta tahtituotannosta

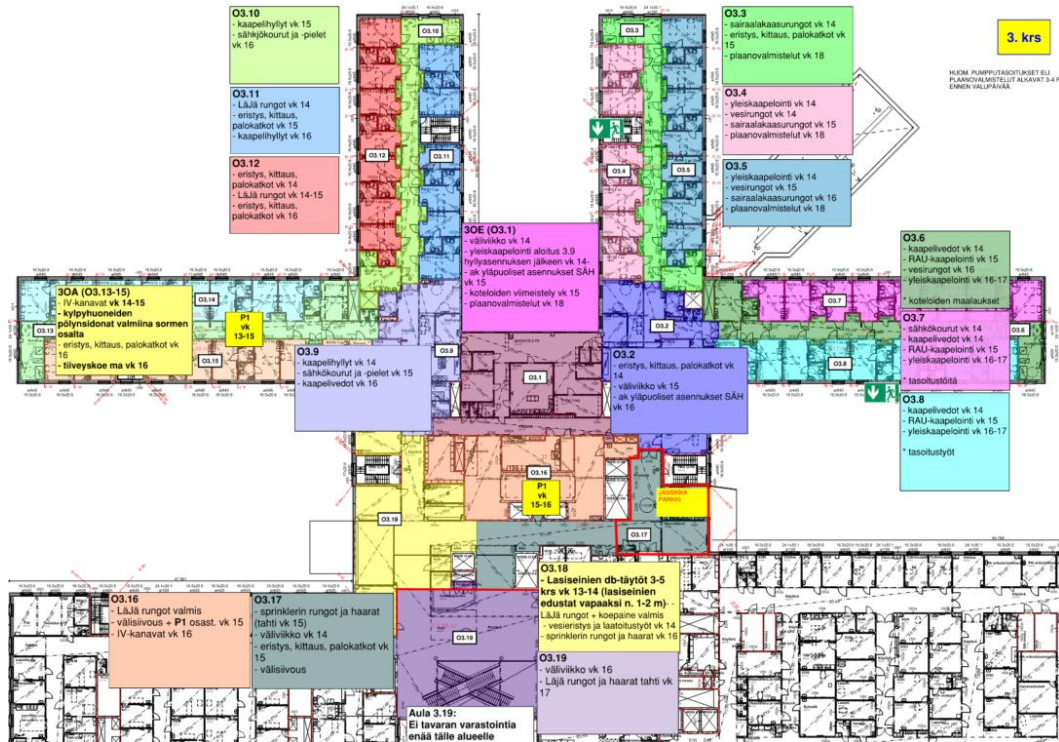
Elektiivisellä tahtituotanto toteutettiin siten, että kaksi tahtijunaa eteni samanaikaisesti. Elektiivisellä siis vierekkäistä tahtialueella toteutettiin samaa työvaihetta ja tahti eteni nopeammin läpi rakennuksen. Kuvassa 12 esitettyä elektiivisen tahtiaikataulu.



Kuva 12. Elektiivisen tahtiaikataulu

Elektiivinen rakennus sisältää mm. ei-kiireellistä hoitoa sisältävät poliklinikat vastaanottiloiineen, luentosaleja, liikuntasalin sekä obduktion. Tilojen vaihtelevuus on suurta, mutta tilat eivät ole taloteknisesti yhtä vaativia kuin kuumassa. Kuten kuumassa, myös elektiivisessä tahtialueet jakautuivat pääosin käytävä- sekä huonetahteihin. Kuvassa 13 esitettyä elektiivisen 3. kerroksen tahtialueet.

Osastorakennus sisältää pääasiassa vuodeosastotiloja, jonka vuoksi tilojen välinen toistuvuus on suurinta tässä rakennuksessa. Osaston tahtialueet jakautuvat pääosin kolmeen tyyppiin: käytäviin, potilashuoneisiin sekä aulan tiloihin. Nivelalueella, eli aulassa, jossa on sisäänkäynnit ja kulku muihin rakennuksiin, on enemmän vaihtuvuutta tahtialueiden välillä. Tahtituotannon ajatellaan sopivan parhaiten juuri toistuviin kohteisiin. Kuvassa 15 esitettynä osaston 3. kerroksen tahtialueet.



Kuva 15. Osaston sisäestakartta tahtituotannosta

Tahtituotannon ulkopuolisia tiloja olivat tekniset tilat sekä päärakennuksesta irrallaan olevat tukirakennukset sekä myöhemmin rakentamaan aloitetut m-osa sekä parkkitalo. Niiden aikataulut esitettiin paikkatietoon perustuvana jana-aikatauluna. Rakennuksittain tahtituotannon ulkopuolisia tiloja pidettiin osittain varamestana tahtialueiden vaihtelevuuden vuoksi.

Assilla tahtituotanto oli huomioitu hyvin hankinnassa. Urakoitsijat oli sitoutettu sopimus-tekniisesti noudattamaan tahtituotantoa esimerkiksi sakollisten välitavoitteiden avulla. JIT-ideologiaa tukee, että logistiikkatoimitukset veloitettiin myös sopimuksilla oikea-aikaisiksi. Urakoitsijat saivat varastoida työmaalla vain viikon tavarat kerrallaan, jotta ei syntyisi hukkaa ylimääräisistä varastotiloista.

Tahtituotannon aloitus

Tahtiaikataulun suunnittelu tehtiin Excelillä. Ennen tahtituotannon aloitusta siirryttiin käyttämään Sitedrive-sovellusta, johon manuaalisesti siirrettiin tahtiaikataulut Excelistä. Tahtituotantoa aloittaessa Sitedrive oli vielä keskeneräinen, eikä kestänyt Assin suuria tahtiaikatauluja ja sovellus kaatui useasti. Sitedriven suoritusnopeutta päivitettiin paremmaksi ja tahtituotannon aikana se parani. Tahtituotannon ollessa loppupuolella, Sitedriven aiemman version tuki loppui ja aikataulut jouduttiin siirtämään Sitedrive 2.0 -ohjelmaan. Sitedrive 2.0 toimi lopulta hyvin, mutta aikataulut eivät siirtyneet sinne ongelmitta ja ongelmia jouduttiin jälleen korjaamaan manuaalisesti. Suuren hankkeen aikana useiden uusien ohjelmistojen opettelu työllisti eri osapuolia.

Tahtituotanto oli suurelle osalle hankkeen toimihenkilöistä uusi asia, joten siitä järjestettiin koulutuksia. Tahtituotannon koulutuksia pidettiin erikseen hankkeen eri osapuolille, kuten pääurakoitsijalle, tilaajalle ja aliohjaajille.

Tahtiaikataulu muuttui alkuperäisestä suunnitellusta sekä ennen tahdin alkua että tahtituotannon ollessa käynnissä. Alkuperäisen tahtiaikataulun mukaan tahtiaikataulun oli tarkoitus alkaa levyseinätoista. Betonin kuivumisaikojen tullessa vastaan, päätettiin levyseinät irrottaa tahtiaikataulusta ja aikatauluttaa ne uudelleen runkolohkojen mukaisessa järjestyksessä. Levyväliseinät asennettiin siis alkuperäistä aikataulua nopeammin ja tahtituotannon mukaiset työvaiheet aloitettiin tasoitus- ja maalaustoista.

Levyseinien myötä tahtialueiden suoritusjärjestyksestä muutettiin suunnitellusta. Tahtijunat olivat alun perin jaettu käytäviin sekä huoneisiin. Käytävätahdit oli tarkoitus suorittaa ennen huonetahteja. Tätä muutettiin siten, käytävä- ja huonetahteja tehtiin vuorotellen, siten että ensin suoritettiin yksi käytävätahti, jonka jälkeen viereiset huonetahdit. Käytävä- ja huonetahtialueet havainnollistuvat sisämestakartoista kuvista 11, 13 ja 15.

Viikkokello

Sisävalmistusvaiheessa Assilla oli käytössä tarkka viikkorytmi. Viikkokello perustui viikoittain toistuviin palaverihin sekä joka-aamuisiin noikkamiespalaverihin ja tahtitarkastuksien aikavarauksiin. Viikkokellossa on eri väreillä kuvastettu palaverien osallistujia. Vihreällä esitetty läpileikkaavat palaverit, joihin osallistuvat kaikkien rakennusten kaikki urakoitsijat. Rakennuskohtaiset palaverit sekä TR-mittauksen aikavaraus esitetty kirkkaan sinisellä. Pääurakoitsijan ja allianssin palaverit esitetty vaalean- ja tummansinisellä, tarvittavista osallistujista riippuen. Aikavaraukset on esitetty viikkokellossa harmaalla. Assin viikkokello on esitetty kuvassa 16.

Assin lukujärjestys						
Klo	Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai	
7:00	Nokkamiespalaveri	Nokkamiespalaveri	Nokkamiespalaveri	Nokkamiespalaveri	Nokkamiespalaveri	
7:30						
8:00		Työnjohtopalaveri	TR-kierrokset (aikavaraus)		Tahdintyövaiheen luovutus- ja vastaanottotarkastuksia	
8:30	Työmaapäällikön palaveri			Laadun viikkopalaveri		
9:00				Assin viikonavaus		
9:30						
10:00						
10:30				Ulkomestakarttia		
11:00	Lounastauko	Lounastauko	Lounastauko	Lounastauko	Lounastauko	
11:30						
12:00	Aikataulujen yhteensovitus		Toteuttajan viikkopalaveri		Tahdintyövaiheen luovutus- ja vastaanottotarkastuksia	
12:30						
13:00		Aikataulupalaveri 1/2	Urakoitsijapalaveri	Aikataulupalaveri 2/2		
13:30						
14:00						
14:30	Aikavaraus työmaakierroksille ja dokumentoinnille	Aikavaraus työmaakierroksille ja dokumentoinnille	Aikavaraus työmaakierroksille ja dokumentoinnille	Aikavaraus työmaakierroksille ja dokumentoinnille	Aikavaraus työmaakierroksille ja dokumentoinnille	
15:00						

Yhteiset
Rakennuskohtaiset
Skanska / Allianssi
Aluevastaavat / Aikatauluinsinööri / tate

Kuva 16. Assin viikkokello sisävalmistusvaiheessa

Nokkamiespalaveri pidettiin rakennuksittain joka aamu klo 7.00–7.15. Nokkamiespalaverin kesto vaihteli muutamasta minuutista noin viiteentoista minuuttiin. Nokkamiespalaverin tarkoituksena on käydä läpi päätyöt ja alkavat tahdit sekä varmistaa edellisten tahtien valmistuminen ja seuraavien edellytykset. Nokkamiespalaveriin osallistuvat pääurakoitsijan urakkavalvojat sekä aliurakoitsijoiden edustajat, joko nokkamies tai työnjohtaja.

Maanantaisin oli pääurakoitsijan sisäisiä palavereita, joista ensimmäisenä *työmaapäällikön palaveri*, jossa käsitellään pääurakoitsijan sisäisiä asioita ja haasteita. Tähän palaveriin osallistuvat työmaapäällikön lisäksi aluevastaavat sekä TATE-päälliköt. Maanantaisin iltapäivällä oli *aikataulujen yhteensovitus -palaveri*, jossa käsiteltiin rakennusten läpikäymistä aikatauluhaasteista aikatauluista vastaavan projektipäällikön johdolla. Tähän palaveriin osallistuivat aikatauluinsinöörit, aluevastaavat sekä TATE-asiiantuntijat.

Maanantai-iltapäivisin pidettiin rakennuskohtaiset *TATE-yhteensovituspalaverit*, joiden tarkoituksena oli keskittyä suunnitelmien ja toteutuksen haasteisiin talotekniikan osalta. TATE-palaveriin osallistuivat pääurakoitsijanedustajista aluevastaavat, aikatauluinsinöörit, TATE-päälliköt ja -urakkavalvojat, tilaajan TATE-asiiantuntijat, tarvittavat suunnittelijat sekä TATE-urakoitsijoiden edustajat.

Tiistai-aamuisin pidettiin pääurakoitsijan sisäiset, rakennuskohtaiset *työnjohtopalaverit* aluevastaavan johdolla. Työnjohtopalaveriin osallistui koko rakennuksen tiimi sisältäen aluevastaavan, insinöörit, urakkavalvojat, TATE-päällikön sekä TATE-urakkavalvo-

jat. Työnjohtopalaverissa käytiin läpi rakennuksittain aikataulu-, laatu-, kustannus- ja turvallisuusasiat sekä käsiteltiin suunnittelun tai toteutuksen ongelmakohtat ja ratkaisut niihin.

Aikataulupalaverit pidettiin kaksi kertaa viikossa tiistai- ja torstai-iltapäivisin. Aikataulupalaveriisiin osallistui pääurakoitsijan aluevastaava, aikatauluinsinööri, urakkavalvojat sekä urakoitsijoiden työnjohto. Sisävalmistusvaiheen aikataulupalaverissa käytiin läpi sisämestakartan avulla tahtiaikataulua tahtialue kerrallaan. Kuumen, Elektiivisen ja osaston tahtituotannon sisämestakartat on esitettyinä kuvissa 11, 13 ja 15. Aikataulupalaverissa käsiteltiin myös tahdin ulkopuolisten alueiden aikataulutilanne. Tiistain aikataulupalaverin tavoitteena oli varmistaa, että tahtialueiden työt on saatu käynnistettyä, kun torstaina tarkoituksena oli varmistaa töiden aikataulun mukainen valmistuminen ja edellytykset alkaville tahdeille.

Urakoitsijapalaveri oli viikoittain toistuva rakennusten läpileikkaava palaveri, johon osallistui niin pääurakoitsijan, tilaajan kuin aliurakoitsijoidenkin edustajat. Urakoitsijapalaverissa käsiteltiin turvallisuus-, aikataulu- ja laatuasioita, läpileikkaavia haasteita ja tiedotettiin työmaata koskevista asioista. Urakoitsijapalaveri, aikataulupalaverit ja TATE-palaveri olivat tarkoituksella samaan aikaan ma-to klo 13.00 alkaen, jotta työnjohtajien on helpompi rytmittää työntekoa.

Keskiviikkoaamuisin oli allianssin kaikkia osapuolia koskeva tiedotusluontoinen *viikkoinfo*, jossa käsiteltiin eri osapuolten asiat. Viikkoinfossa tiedotettiin työmaan turvallisuus- ja merkittävimmät rakennuskohtaiset aikatauluasiat muille osapuolille. Suunnittelijat ja tilaaja tiedottivat omat ajankohtaiset asiat.

Keskiviikkoisin oli myös työpäällikön pitämä *toteuttajan viikkopalaveri*, johon osallistuivat kaikki pääurakoitsijan toimihenkilöt. Palaverin tarkoituksena on käsitellä ajankohtaiset työmaahan tai toimihenkilöihin vaikuttavat allianssin ja pääurakoitsijan asiat ja tiedottaa muista oleellisista asioista.

Ulkomestakarttapalaverissa käsiteltiin työmaan ulkoalueilla tapahtuvia asioita ja päivitetiin aluesuunnitelma sen perusteella. Ulkomestakarttaan osallistuivat pääurakoitsijan logistiikkainsinööri, logistiikkaurakoitsija sekä tarvittavat ulkotöitä suorittavat urakoitsijat. Ulkomestakartta lähetettiin viikoittain tiedoksi muille osapuolille.

Seurantapalaverit aloitettiin urakoitsijakohtaisesti, mikäli poikkeamia syntyi. Seurantapalaverien tarkoituksena oli laatia kiinniottosuunnitelma ja niitä jatkettiin, kunnes poikkeama saatiin kurottua kiinni. Seurantapalaverivaraukset pyrittiin tekemään lukujärjestyksen valkoisille alueille.

Viikkokellon tarkoituksena on tukea tahtituotannon toimintaa kaikilla tavoin. Jokaisena päivänä on aamun ensimmäiselle ja iltapäivän viimeiselle tunnille *aikavaraus*, joka mahdollistaa työmaakerroksen ja dokumentoinnin. Perjantait ovat varattu tahtitarkastusten tekemiseen. Myös *TR-mittauksille* on viikkokellossa aikavaraus keskiviikkoisin. Ne suoritettiin rakennuksittain pääurakoitsijan urakkavalvojen johdolla ja tarvittavat aliurakoitsijat kutsuttiin mukaan kierrokselle. Aikavarausten tavoitteena on välttää palaverien varaamista näinä aikoina. Suurella työmaalla aikavarausten merkitys korostuu, kun palaveria on ajoittain paljon eri kokoonpanoilla.

Laadunvalvontatoimenpiteet

Assin työmaalla kosteudenhallintaa toteutetaan Kuivaketju10-toimintatapojen mukaan. Puhtaudenhallinnassa noudatetaan Sisäilmastoluokituksen Puhtausluokan P1 mukaisia toimintatapoja.

Ennen töiden aloittamista urakoitsija suorittaa *mestän vastaanottotarkastuksen* kullekin työkohteelle, eli tahtituotannossa mestan vastaanotto tehdään tahtialue kerrallaan. Mestän vastaanoton tarkoituksena on todeta kunkin tahtialueen aloitusedellytykset. Mestän vastaanotto tehdään Congrid-ohjelmaan valokuvien kera. Mestalla olevista puutteista tehdään tehtävähavainnot pääurakoitsijan urakkavalvoille, jotka hoitavat tahdin aloitusedellytykset kuntoon.

Urakoitsija tekee kaikista töistä tahtialueittain *itselleluovutustarkastuksen* valokuvineen Congrid-järjestelmään. Itselleluovutukseen dokumentoidaan valokuvien avulla kaikki peittyvät rakenteet. Itselleluovutuksessa urakoitsija tarkastaa, että kaikki tahtialueen työt on suoritettu vaaditulla laajuudella ja laadulla.

Urakoitsijan itselleluovutuksen jälkeen urakkavalvojat suorittavat *pääurakoitsijan tarkastuksen* Congridiin tahtialueittain. Sen tarkoituksena on myös todentaa, että kaikki tahtiin kuuluvat työt on suoritettu virheettää. Mahdollisista virheistä ja puutteista luodaan urakoitsijalle tehtävähavainnot Congridiin.

Urakoitsija tekee jokaisesta tai erikseen sovittavista työvaiheista *mallityösuorituksen*. Mallityö katselmoidaan urakoitsijan edustajan, pääurakoitsijan urakkavalvojen & laatuinsinöörien, tilaajan edustajan, rakennuttajakonsultin sekä tarvittavien suunnittelijoiden toimesta. Mallikatselmuksen tarkoituksena on varmistaa työn laatuvaatimus kaikkien osapuolten osalta. Muita laadunvarmistuskeinoja ovat mm. urakoitsijoiden työvaiheistaan toimittamat laatusuunnitelmat sekä materiaalidokumentoinnit käyttöturvallisuustiedoiteineen.

Käytetyt tuotannonohjaustyökalut

Sokopro on Assilla käytetty Projektipankki, josta löytyy tarvittavat suunnitelmat aloittain. Näiden lisäksi Sokoprohon on tallennettu myös urakoitsijoiden tekemät työsuunnitelmat.

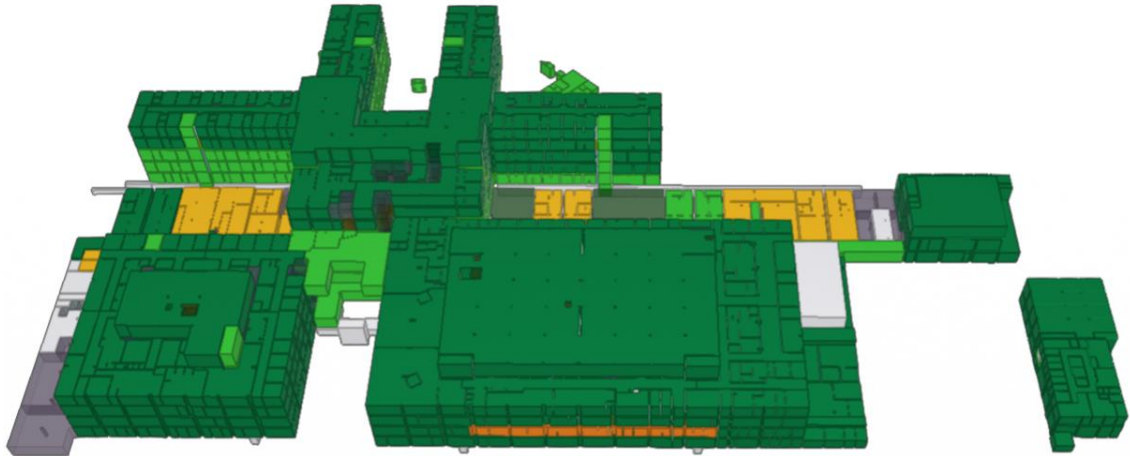
Sitedrive on tuotannossa käytettävä aikatauluohjelma, josta löytyy esimerkiksi sisävalmistusvaiheen-, teknisten tilojen sekä tukirakennusten aikataulut. Sitedriveen päivitetään toteumatiedot sekä mahdolliset aikataulumuutokset mestakarttojen pohjalta. Sitedriven toteumatiedot raportoidaan eteenpäin tilanneseinälle, mestakarttoihin sekä tietomallin toteumaseurantaan.

Sisämestakarttaa käytettiin tahtituotannon hallinnan työkaluna. Sen avulla tehtiin tarkempaa aikataulusuunnittelua sekä tuotannon valvontaa ja ohjausta tahtialuekohtaisesti. Sisämestakartan hyöty suurella työmaalla on myös sen visuaalisuus, joka helpottaa hahmottamaan, kun tahtialueet näkee myös pohjakuvana pelkän numeron sijaan. Sisämestakarttaa päivitettiin aikatauluinsinöörien toimesta. PDF-pohjainen sisämestakartta lähetettiin aikataulupalaverin jälkeen osallistujille. Sisämestakartat esitettynä kuvissa 11, 13 ja 15.

Power BI -tilanneseinällä esitettiin tahtituotannon tilanne Allianssin muille osapuolille, jotka eivät välttämättä aktiivisesti käyttäneet Sitedrivea. Tilanneseinää käytettiin tiedotukseen myös esimerkiksi hankintatilanteen, turvallisuusmittausten sekä turvallisuus- ja laatuhavaintojen osalta.

Työmaalla käytetyillä *infonäytöillä* esitettiin työmaan ajankohtaisia ja tärkeimpiä viestintäasioita. Infonäyttöjä oli useita sekä työmaatoimistoissa että työntekijöiden taukotiloissa. Infonäytöillä esitettiin esimerkiksi viikoittainen TR-mittaustulos, tapaturmattomien päivien laskuri sekä rakennuskohtaiset viikoittain päivittyvät sisämestakartat. Infonäyttöjä päivitettiin iDiD-ohjelmiston avulla.

Trimble Connect on Assilla käytetty tietomalliohjelma. Sieltä löytyy 3D-tietojen lisäksi informaatiota myös muun muassa objektien tahtialueista, materiaalista, asennusurakoitsijasta sekä materiaalitoimittajasta. Tietomallin avulla on tehty myös työmaan toteumaseurantaa tahtialueittain sekä yksittäisten urakoitsijoiden osalta esimerkiksi oville, kalusteille, varusteille ja kiinteille sairaalalaitteille. Kuvassa 16 on esitettynä tahtituotannon toteumaseurantaa Trimblessä.



Kuva 17. Tahdin toteumaseurantaa Trimblessä

Congrid-järjestelmää käytettiin Assilla tahdin mukaisten tarkastusten sekä esimerkiksi turvallisuusmittausten suorittamiseen. Congrid-järjestelmä on käytettävissä myös muihin kuin tahtitarkastusten yhteydessä tehtäviin virhe- ja puutehavaintoihin. Kaikilla hankkeen osapuolilla on pääsy Congridiin ja sinne voi tehdä miltä tahansa alueelta tehtävä-, laatu- tai turvallisuushavaintoja ja osoittaa ne oikealle urakoitsijalle. Congridin avulla on mahdollista tehdä myös positiivisia havaintoja.

Tahtituotannon haasteet

Assi rakennettiin kolmessa osassa, jotka ovat Kuuma, Elektiivinen ja Osastorakennus. Myös sisävaiheen osalta oli kolme toisistaan erillistä tahtiaikataulua. Rakennusten välisen tahtialueiden töiden toteutus olisi vaatinut paikoittain enemmän etukäteissuunnittelua.

Rakennuksissa oli erilliset talotekniikkaurakoitsijat, mutta talotekniikan palvelualueiden rajat eivät toisinaan täsmänneet rakennusten ja tahtialueiden mukaisiin rajoihin. Tämä aiheutti hämmennystä tahtituotannon toteutukseen. Esimerkiksi Osaston IV-urakoitsija on sitoutunut tekemään urakkansa Osaston tahtiaikataulun mukaisesti, eikä hyppäämään välissä tekemään eri puolelle rakennusta Elektiivisen tahtia. Etenkin Elektiivisen ja Osaston vierekkäisillä tahdeilla oli eriävyyksiä tahtialueiden ja TATE-palvelualueiden suhteen. Myös Kuumen ja Osaston raja-alueilla esiintyi tällaisia, mutta ei yhtä paljon kuin Elektiivisen ja Osaston välillä. Näitä rakennusten vierekkäisiä tahtialueita jouduttiin yhteensovittamaan, eikä kaikkea pystytty tekemään oikean tahtivaunun mukana. Tältä vältyttäisiin, mikäli talotekniikkasuunnittelu tehtäisiin arkkitehtisuunnittelun rakennusten tai tahtialueiden rajojen mukaisesti. Rakennusten välisillä raja-alueilla oli myös yhteensovitettava esimerkiksi plaano-, lattiapinnoitus sekä oviaasennustahdit. Yhteensovitus on

tärkeää, sillä rakennusten erilliset tahtiaikataulut etenevät eri vaiheissa, joten asennusvalmius raja-alueilla saavutetaan vasta myöhemmän tahtiaikataulun mukaisesti. Esimerkiksi ovi-asennusta varten kummallakin puolella ovea on oltava lattiapinnoite.

Erään sairaalatoiminnan kannalta kriittisen talotekniikkaurakoitsijan tahdit eivät alkaneet suunnitellusti. Urakoitsijalla oli haasteita aikataulun noudattamisen lisäksi työn laadun kanssa. Urakoitsijalla oli paljon aloittelevia asentajia, jotka eivät vielä osanneet tehdä laadullisesti hyväksyttäviä asennuksia. Putkistossa oli paljon vuotokohtia ja hitsausten ja asennusten yhteydessä vaurioitettiin muita valmiita asennuksia. Talotekniikkarunkoja ja -haaroja oli myös asennettu vastoin suunnitelmia vääriin sijainteihin. Tahtituotanto mahdollisti, että virheet huomattiin ajoissa. Useista korjausyrityksistä huolimatta urakka jouduttiin purkamaan. Hankkeessa jo ollut toinen talotekniikkaurakoitsija purki jo asennetut putkistot ja uusi urakoitsija aloitti sen hetkiselä tahdilta. Tämä aiheutti muutoksen Kuumassa 3. & 4. kerrosten ensimmäisille tahtialueille, joissa purettujen putkistojen uudelleen-asennus ja niitä seuraavat työvaiheet, kuten alakaton yläpuolinen siivous ja alakaton ummistus sekä alakattoon tulevat talotekniikka-asennukset siirrettiin tehtäväksi tahtijunan viimeiseksi.

Lattiapintojen tasoituksia eli plaanoja ei ollut mahdollista tehdä suunnitellusti tahdin mukana. Käytävätahdin plaano olisi estänyt viereisiin huoneisiin kulkemisen, joten niihin oli käytännössä välttämätöntä tehdä plaano kerralla, jotta haitta muihin tahtitöihin saataisiin pidettyä mahdollisimman pienenä. Lattian tasoitusta tekevän urakoitsijan mukaan työt olivat myös järkevämmät toteuttaa tahtia suurempina alueina.

Ennen lattiapinnoitustahtia olisi hyvä olla erillinen vaunu lattioiden pohjien korjaukselle. Ennen lattiapinnoitusvaunuja aikataulussa oli puskurivaunut, mutta olisi ollut hyvä aikatauluttaa lattioiden pohjatyöt vielä omaan vaunuunsa, siten että niiden ajoitus selviää tahtiaikataulusta. Alueilla, jotka toteutettiin muilla ratkaisuilla kuin plaanolla, oli usein ongelmia lattian pohjatöiden kanssa. Osa pohjatöistä johtui pintabetonilattioiden korkovirheistä ja osa kuului tehtäväksi massalattioiden pohjatöiden yhteydessä.

Lattiapinnoituksille oli varattu tahtiaikataulusta kaksi peräkkäistä tahtivaunua, jotka molemmat sisälsivät samat lattiapinnoitustyöpaketit, jotka ovat massalattiat ja mattolattiat. Lattiapinnoituksille oli varattu kaksi peräkkäistä vaunua, jotta niiden avulla saataisiin tasattua tahtialueiden välistä vaihtelua matto- ja massalattioiden määrän mukaisesti. Tämä ei kuitenkaan käytännössä toiminut, sillä se olisi vaatinut aktiivista yhteensovitusta urakoitsijoiden kesken työalueiden suhteen.

Plaanojen tapaan, myös IV-asennukset päädyttiin tekemään tahtialueita suuremmissa alueissa. Ilmanvaihtoasennukset tehtiin Assilla P1-puhtausluokituksen mukaisesti, joten

tilat oli siivottava ja osastoitava muista tiloista asennustöiden ajaksi. Aluksi IV-asennuksia koitettiin tehdä täysin tahdin mukaiseksi, mutta pienten alueiden osastointi oli hidasta ja kallista. Osastointialueiksi päädyttiin yhdistämään noin kolme tahtialuetta, jolloin osastoitavat alueet saatiin järkevöitettyä. Tämä helpotti myös IV-asennusten toteuttamista, mutta vaati yhteensovittamista edellisiin ja seuraaviin tahtitöihin.

Kaapelointi ei onnistunut kaikilta osin täysin tahtialueiden mukaisesti. Keskkukset eivät välttämättä sijainneet ensimmäisinä tulevilla tahtialueilla, mutta hyllyjen asennus ja kaapelointi oli kuitenkin aloitettava sieltä. Tämä vaati yhteensovittamista muihin TATE-urakoihin etenkin sähköhyllyasennusten osalta. Sähköhylly saatettiin tarvita jollekin myöhemmälle tahtialueelle ensimmäisen tahdin töitä varten, mutta on varmistettava, ettei hylly estä sen yläpuolelle tulevia asennuksia.

Ovien hankinta Assilla oli tehty tahtiaikataulun mukaisesti, jotta ovien toimitukset saadaan oikea-aikaisesti työmaalle. Tahtialueiden väliset ovet olivat epähuomiossa hankittu aiemman tahdin mukaisesti, mutta niitä ei päästy asentamaan sen tahdin mukana, sillä lattiapinnoitukset eivät olleet valmiit. Ovien toimitukset pitäisi aikatauluttaa tahtialueiden rajoilla siis jälkimmäisen tahtialueen aikataulun mukaisesti. Tämä aiheutti sen, että ovia toimitettiin työmaalle ennen kuin niitä päästiin asentamaan. Joissain paikoissa mattourakoitsija tuli asentamaan kaistaleen mattoa oviaukon kohdalle, jotta ovi päästäisiin asentamaan aiemmin.

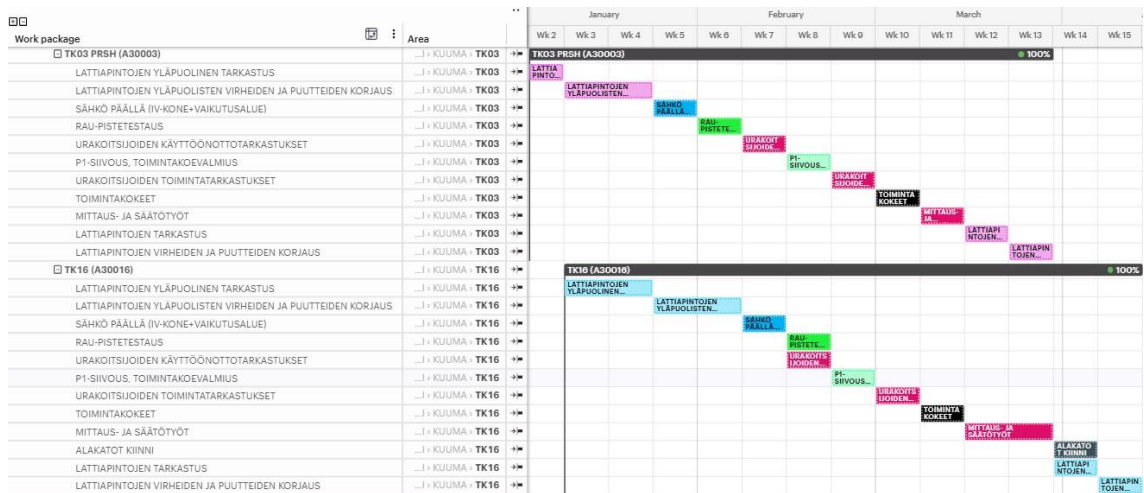
Ovia oli Assille hankittu usealta urakoitsijalta ja osan urakoitsijoiden kanssa oli myös haasteita toimituksissa ja ovia saatiin työmaalle vasta useita viikkoja, jopa kuukausia myöhässä. Tästä aiheutui suoraan viiveitä ovia seuraaviin tahtitöihin, kuten ovikaapelointiin, listoitukseen, lukitukseen ja heloitukseen sekä teippauksiin ja opasteasennuksiin. Omissa on monesti pitkät toimitusajat, joten on tärkeää, että ne toimitettaisiin oikea-aikaisesti työmaalle, jolloin irrallisten ovien rikkoontumisen riskikin pienenee.

Kiinteiden sairaalalaitteiden asennukset oli aikataulutettu tehtäväksi tahdin mukaisesti. Osa niistä oli hankittu asennettavaksi tahdin mukaisesti, mutta esimerkiksi tilaajan erillishankintana tulevat kuvantamis- ja muut sairaalalaitteet asennetaan vasta jälkikäteen. Osa kiinteistä sairaalalaitteista vaatii korkean puhtaustason, joten niitä ei välttämättä kannattaisi asentaa vielä rakentamisen ollessa käynnissä. Laitteet ovat monesti myös kalliita ja herkkiä, joten rikkoontumisen vaara on suurempi, mitä aikaisemmassa vaiheessa ne asennetaan paikoilleen. Suuri osa sairaalalaitteista asennettiin myöhemmin, kuin alkuperäisen tahtiaikataulun KSL-asennustahdivaunun mukaan. Osa näistä johtui KSL-toimittajan halukkuudesta sitoutua tahtiaikatauluun. Kuitenkin esimerkiksi suoja-kaapit, kattovarret ja niiden tuet asennettiin pääosin tahdin mukaisesti.

5.3 Viimeistely- ja luovutusvaihe kohdehankkeessa

Viimeistely- ja luovutusvaiheen aikataulu on toteutettu tahdinomaisena aikatauluna. Siinä työalueita ovat tahtialueiden sijaan IV:n palvelualueet. IV:n palvelualueita kutsuttiin aikataulun yhteydessä toimintakoealueiksi eli lyhennettynä TK-alueiksi. Tahtialueiden sijaan TK-alueet olivat suurempia ja ulottuivat useampiin kerroksiin.

Viimeistely- ja luovutusvaiheen tahdinomainen aikataulu oli tehty siten, että TK-alueiden tarkastukset, testaukset ja muut tehtävät olivat aikataulutettu viikon rytmillä. Suuremmilla alueilla esimerkiksi tarkastuksiin tai siivouksiin oli varattu useampi kuin yksi viikko. Kuvas-
sassa 18 on esitetty kahden toimintakoealueen aikataulut.



Kuva 18. Havainnollistava kuva eräiden toimintakoealueiden aikataulusta

Yllä oleva kuva havainnollistaa toimintakoealueiden tehtävien etenevän tahdistetusti viikon välein. Tämä mahdollisti sujuvan siirtymän tahtituotannosta, sillä viikkorytmi pysyi samana.

Toimintakoealueiden lisäksi aikataulussa oli paljon yksittäisiä tehtäviä ja deadlineja urakoitsijakohtaisesti. Toimintakoealueiden ulkopuolelle oli aikataulutettu järjestelmittain esimerkiksi sairaalalaitteiden ja talotekniikkajärjestelmien toimintatestaukset ja mittaukset.

Luovutusta päätettiin aikaistaa Assilla kolmella kuukaudella. Kohteen luovutus oli alun perin aikataulutettu vuoden 2025 loppuun mennessä, josta sitä aikaistettiin syyskuun 2025 loppuun. Luovutuksen aikaistaminen vaati hankkeen osapuolilta paljon uudelleen suunnittelua, aikataulutusta ja joustamista. Allianssi luovutti kohteen tilaajalle ajoissa 30.9.2025.

Viimeistelyvaiheen aloitus

Viimeistely- ja luovutusvaiheeseen siirryttäessä järjestettiin rakennuksittain Kick Off -tilaisuudet, joissa kerrottiin mitä tehtäviä viimeistely- ja luovutusvaiheeseen sisältyy. Käytiin läpi tehtävien, esimerkiksi toimintakokeiden, aloitusedellytyksiä sekä esiteltiin pinta-puolisesti toimintakoealueiden aikataulut sekä urakkakohtaiset aikataulut. Tarkemmin tehtäviä käytiin läpi myöhemmin rakennuskohtaisissa aikataulu- ja talotekniikkapalaverissa. Tilaisuudessa esiteltiin myös TK-alueisiin siirtyminen tahtialueista.

Viimeistelyvaiheen aloitusta suunniteltaessa oli huomioitava tahtialueiden ja toimintakoealueiden yhteensopivuus. Tahtialueet etenivät Assilla kaikissa rakennuksissa ylhäältä alaspäin, mutta TK-alueet ulottuivat useampaan kerrokseen. Tahtityöt oli saatava valmiiksi myös alemmissa kerroksissa ennen TK-alueiden tarkastusten alkamista. Tahtialueet olivat suunniteltu pitkälti talotekniikan palvelualueiden ehdoilla, mutta niiden rajat silti joiltain osin erosivat IV:n palvelualueiden mukaisista TK-alueista. Isoin haaste siirtymisessä tahtialueista TK-alueisiin oli kuitenkin opetella uudet alueet ja huomioida kaikki kerrokset.

Viikkokello

Viikkorytmi pysyi viimeistelyvaiheessa melko samana kuin vastaanottovaiheessa. Palaveriryhmiä pyrittiin keventämään loppua kohti. Esimerkiksi Assin viikkoinfo pidettiin viimeistelyvaiheessa vain joka toinen viikko, kun sisävalmistusvaiheessa se pidettiin viikoittain. Suurimpana erona sisävalmistusvaiheen viikkorytmiin tulivat toimintakokeiden aikavaraukset. Tarkastuksien aikatauluvaraukset pysyivät samoina, sillä viimeistelyvaiheessa jatkettiin tahdin mukaisella viikon rytmityksellä. Assin luovutusvaiheessa käytetty viikkokello on esitetty kuvassa 19.

Assi lukujärjestys, vastaanottovaihe					
klo	Maanantai	Tiistai	Keskiviikko *	Torstai	Perjantai *
7:00	Nokkamiespalaveri	Nokkamiespalaveri	Nokkamiespalaveri	Nokkamiespalaveri	Nokkamiespalaveri
7:30					
8:00					
8:30	Työmaapäällikön palaveri	Työnjohtopalaveri			
9:00			TR-kierrokset (aikavaraus)	Assi-info	
9:30					
10:00		Aikavaraus toimintakokkeille			Aikavaraus toimintakokkeille
10:30				Ulkomestakartta	
11:00	Lounastauko	Lounastauko	Lounastauko	Lounastauko	Lounastauko
11:30					
12:00	Aikataulujen yhteensovitus				
12:30		Rakennuskohtaiset aikataulu-palaverit	Aikavaraus toimintakokkeille	Toteuttajan viikkopalaveri	Aikavaraus toimintakokkeille
13:00					
13:30	TATE-palaveri (rakennuskohtainen)	Aloitukset puolen tunnin porrastuksella	Urakoitsijapalaveri	Vastaanottovaiheen koordinaatiopalaverit 30min/rakennus	Tahdin/töyövaiheen luovutus- ja vastaanottotarkastuksia
14:00	TATE-palaveri (yhteinen)				
14:30	Aikavaraus työmaakierroksille ja dokumentoinnille	Aikavaraus työmaakierroksille ja dokumentoinnille	Aikavaraus työmaakierroksille ja dokumentoinnille	Aikavaraus työmaakierroksille ja dokumentoinnille	Aikavaraus työmaakierroksille ja dokumentoinnille
15:00					

* Keskiviikko & perjantai toimintakokkeiden varapäiviä

Yhteiset
Rakennuskohtaiset
Skanska / Allianssi
Aluevastaavat / Aikatauluinsinöörit / tate

Kuva 19. Assin viikkokello luovutusvaiheessa

Viimeistelyvaiheessa talotekniikkaa koskevat asiat lisääntyivät. TATE-palaverit siirryttiin pitämään siten, että ensin käsiteltiin rakennuskohtaiset asiat, jonka jälkeen pidettiin yhteinen osuus, jossa käsiteltiin läpileikkaavat haasteet.

Toimintakokkeet aikataulutettiin pidettäväksi tiistaisin ja torstaisin. Toimintakokkeisiin osallistuivat RAU-asiantuntijat ja -urakoitsijat TATE-päälliköt, tarvittavat TATE-urakkavalvojat ja tarvittavien TATE-urakoitsijoiden työnjohtajat. Toimintakokkeille varattiin varapäiviksi keskiviikot ja perjantait, mikäli niitä jouduttaisiin esimerkiksi uusimaan.

Tahtituotannosta viimeistelyvaiheeseen siirtymävaiheessa pidettiin aikataulupalaverit siten, että tiistaisin käsiteltiin tahtiasioita ja torstaisin viimeistelyvaiheeseen liittyviä asioita. Myöhemmin viimeistelyvaiheen aikataulupalaverit pidettiin siten, että tiistaisin käsiteltiin viimeistelyvaihetta mestakartan avulla painottuen toimintakoealueiden tehtäviin ja torstaisin aikatauluohjelman, Sitedriven avulla myös muita viimeistelyvaiheen tehtäviä ja deadlineja. Viimeistelyvaiheen aikataulupalaverit pyrittiin pitämään lyhyinä (n. 30min) ja ne alkamisaika porrastettiin rakennuksittain.

Torstain aikataulupalaverin jälkeen pidettiin TATE-päällikön *toimintatarkastuskierron*, jossa varmistettiin, että seuraavan viikon toimintakokkeiden edellytykset on kunnossa. Kierrokselle osallistuivat TATE-päällikön lisäksi RAU-asiantuntija, RAU-urakoitsijan työnjohto sekä tarvittavien TATE-alojen työnjohto ja valvojat.

Urakoitsijapalaveria kevennettiin viimeistelyvaiheessa, sillä urakoitsijoita oli niin paljon, että palaverissa käsiteltiin vain oleellimmat asiat eikä enää jokaisen urakoitsijoiden asioita perusteellisesti. Urakoitsijat saivat edelleen nostaa haluamiaan asioita käsiteltäväksi

palaveriin. Näin saatiin palaverin pituutta lyhennettyä kahdesta tunnista vajaaseen tuntiin ja aikaa jäi muulle työlle enemmän.

Laadunvalvontatoimenpiteet

Myös vastaanottovaiheessa mestanvastaanotot, itselleluovutukset sekä pääurakoitsijan tarkastukset tehtiin alueittain viimeistelyvaiheen aikataulun mukaisesti. Tahtialueiden sijaan tarkastettavina alueina toimivat toimintakoealueet, eli IV-palvelualueet kerroksittain. Luovutusvaiheessa urakoitsija suorittaa urakkasopimuksen laajuudessa allianssille itselleluovutuksen, jonka tarkoituksena on varmistaa töiden virheetön luovutus.

Pääurakoitsijan tarkastuskierrokset tehtiin kahdessa osassa. Ensimmäiseen osaan kuului lattiapintojen yläpuolisten asennusten tarkastus ja niiden korjauskierrokset. Lattiapintojen yläpuoliset tarkastukset on aikataulutettu ennen toimintakokeita, jotta mahdolliset pölyävät työt saadaan tehtyä ennen P1-siivousta. Myöhemmin toimintakokeiden sekä mittaus- ja säätötöiden jälkeen tarkastettiin lattiapinnat sekä tehtiin tarvittavat korjaukset. Tarkastukset tehtiin Congrid-järjestelmään. Sekä tarkastukset että korjaukset oli aikataulutettu toimintakoealueittain.

Talotekniikkajärjestelmien osalta itselleluovutus sisältää laite- ja asennustapatarkastuksen sekä koekäytöt ja säädöt, joilla varmistetaan laitteiden oikeanlainen toimivuus. Talotekniikan tarkastukset, toimintakokeet sekä mittaus- ja säätötyöt toteutettiin, kuten kirjallisuusosiossa on luvussa 2.4.3. esitetty.

Taloteknisten järjestelmien ja kiinteiden sairaalalaitteiden toiminnasta urakoitsijat järjestävät käytönopastukset tarvittavalle huolto- ja hoitohenkilöstölle ennen lopullista käyttöönottoa. Koulutusten tarkoituksena on ohjeistaa laitteiden oikeanlainen käyttö sekä välttää mahdollisesta vääränlaisesta käytöstä aiheutuvat vahingot.

Lääkinnällisille laitteille suoritettiin tilaajan vastaanottotarkastukset, joiden tavoitteena oli varmistaa laitteiden vaatimustenmukaisuus. Tarkastuksessa todetaan lääkinnällisten laitteiden tilauksen ja toimituksen yhdenmukaisuus.

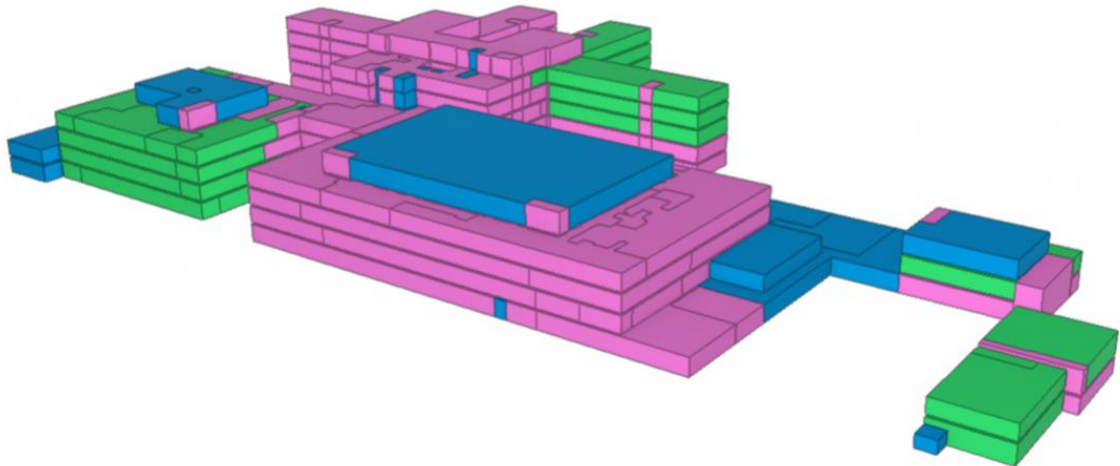
Käytetyt tuotannonohjaustyökalut

Sitedrive on käytettävä aikatauluohjelma myös Assin viimeistelyvaiheessa. Aikataulu on luotu Sitedriveen, ja se on ajantasaisin aikataulu, josta tietoa viedään muihin alustoihin.

Myös viimeistelyvaiheessa *sisämestakartta* on oleellinen tuotannonohjaustyökalu. Sen avulla seurataan aikataulupalavereissa toteumaa ja tulevia tehtäviä toimintakoealueittain. Aikataulupalaverien toteumatieto päivitetään Sitedriveen.

Monday -boardit otettiin käyttöön viimeistelyvaiheessa toimintatarkastusten ja -kokeiden edellytysten varmistamiseksi. Mondayhin luotiin tehtäviksi toimintatarkastukset sekä toimintakokeet. Toimintatarkastuksissa tai -kokeissa ilmenneet ongelmat vastuutettiin oikealle osapuolelle selvitettäväksi. Toimintatarkastus-boardin tarkoituksen on seurata järjestelmittäin toimintatarkastusten sekä P1-siivousten ja -puhtaustarkastusten tilannetta. Toimintakoevalmius saavutetaan, kun järjestelmän kaikki toimintatarkastukset sekä P1-puhtaustarkastus ovat hyväksytysti suoritettuja. Toimintakoe-board seuraa toimintakokeiden edistymistä ja toimintakokeiden virheiden ja puutteiden korjaustilannetta.

Trimble Connectin avulla tehtiin ja raportoitiin toteumadataa (kuvassa 20) myös viimeistelyvaiheessa allianssin muille osapuolille. Toteumaseuranta tehtiin Sitedriven pohjalta Trimbleen aikatauluinsinöörien toimesta. Allianssissa avoin viestintä on oleellisessa osassa toimintaa.



Kuva 20. Toimintakoealueiden viimeistelyvaiheen tehtävien toteumaseuranta

Congridiin tehtiin viimeistelyvaiheeseen uusi projekti *Assin vastaanottovaihe*. Uusi projekti luotiin, jotta saadaan aluejako muutettua tahtialueista toimintakoealueiksi. Uuden projektin luominen helpotti myös Assin Congridin datamäärän hallintaa. Congridiin tehdään viimeistelyvaiheen aikataulun mukaiset tarkastukset sekä laaditaan virhe- ja puutelistat.

Power BI -tilanneseinä luotiin erikseen viimeistelyvaiheelle. Sinne siirtyy dataa esimerkiksi Sitedrivesta, Congridista sekä Mondaysta. Tilanneseinän tarkoitus on etenkin viestiä helpottaa viestintää allianssin muille osapuolille.

Granlund Manager on Assilla käytetty huoltokirjaohjelma, johon huoltokirjadokumentaatio tallennetaan. Huoltokirja- ja luovutusdokumentaatiosta on Assilla erillinen urakoitsijoille jaettu ohje.

Viimeistely- ja luovutusvaiheen haasteet

Jokaiselle toimintakoealueelle oli kuvan 18 mukaisesti määritetty aikataulut sekä tarkastuksille että korjauksille. Tarkastuksissa ilmenneiden virheiden ja puutteiden korjauskataulua ei noudatettu eikä siihen puututtu riittävän tiukasti ajoissa. Useat urakoitsijat eivät varanneet resurssia korjausten suorittamiselle ja virheiden ja puutteiden korjaukset venyivät välillä pitkälle suunnitellusta. Toimintakokeiden aloitusedellytyksiin vaikuttaneet virheet ja puutteet saatiin kuitenkin pääsääntöisesti korjattua viimeistään toimintakoeviikkoa edeltäneellä toimintatarkastusviikolla, P1-siivousta lukuun ottamatta.

Loppusiivousurakan kanssa tuli haasteita Assilla. Loppusiivous toteutettiin kaksivaiheisena, joten ensimmäisen vaiheen P1-siivous toimintakoevalmiuteen viivästyi usealla alueella. Viivästymisistä tuli haittoja toimintatarkastusten sekä toimintakokeiden suorittamiseen. IV-koneiden mittaus- ja säätötyö viivästyi myös niiltä osin, kun toimintakokeet myöhästyi. Urakkaa valvottiin ja ohjattiin aktiivisesti aikataulupalaverin sekä siivouksen seurantalaverien avulla. Loppusiivousurakasta laadittiin useita kiinniottosuunnitelmia, joita urakoitsija ei noudattanut. Lopulta toimintakokeiden vaarantumisen estämiseksi avuksi otettiin toinen siivousurakoitsija ja lopulta alkuperäinen siivousurakka purettiin. Tämän jälkeen laadittiin uusi loppusiivousten aikataulu uudelle urakoitsijalle.

Viimeistely- ja luovutusvaiheen aikataulussa ei ollut erillistä ajankohtaa tilaajan tarkastuksille, sillä niitä ei Assille alun perin pitänyt erikseen tehdä. Päätös tilaajan tarkastusten tekemisestä tuli melko myöhään, kun pääurakoitsijan tarkastukset olivat jo pitkällä. Tuotannolle oli epäselvää, minkä aikataulun mukaan ja mistä rakennuksesta alkaen tilaajan tarkastuksia tehdään. Tämä myöhäinen tarkastusajankohta aiheutti sen, että jo loppusiivotuille alueille tehtiin tarkastuskierroksia ja saattoi tulla korjaustöitä. Urakoitsijoille tämä tarkoitti palaamista takaisin jo kertaalleen korjatuille alueille ja vaikeutti resursointia. Tilaajan ja rakennuttajakonsultin tarkastuksille tulisi aikatauluttaa erillinen tehtävä viimeistely- ja luovutusvaiheen aikatauluun, jotta urakoitsijoiden olisi mahdollista korjata virheet ja puutteet yhdellä kerralla.

6. HAASTATTELUTUTKIMUS

6.1 Haastattelututkimuksen suoritus

Haastattelututkimuksen tarkoituksena on selvittää vastauksia tutkimuskysymyksiin. Haastattelututkimus suoritetaan käyttämällä puolistrukturoitua teemahaastattelua, jonka runko laaditaan kirjallisuuden sekä empirian avulla. Hirsjärven ja Hurmeen (2008) mukaan puolistrukturoitua teemahaastattelua voidaan käyttää, kun vastaukset perustuvat haastateltavien omiin kokemuksiin, eikä välttämättä etukäteen tiedetä, millaisia vastauksia saadaan. Puolistrukturoitu teemahaastattelu on lähempänä strukturoimatonta kuin strukturoitua haastattelua. Se on keskustelunomainen haastattelu ja antaa mahdollisuuden vaihtaa tai painottaa kysymyksiä sekä esittää lisäkysymyksiä. (Hirsjärvi & Hurme 2008).

Teemahaastattelu sopi tutkimukseen, sillä haastateltavia haluttiin hankkeen eri puolista ja tehtäväkuvista. Teemahaastattelun avulla saatiin painotettua kunkin haastateltavan osaamisalueita. Kaikissa haastatteluissa käytettiin pohjana samaa haastattelurunkoa (Liite A). Haastattelukysymysten painopisteitä muutettiin haastateltavan osaamisen ja tehtäväkuvan mukaisesti. Haastatteluissa esitettiin joitakin lisäkysymyksiä aiempien haastatteluiden pohjalta. Hirsjärven ja Hurmeen (2008) mukaan teemahaastatteluille on tyypillistä, että jokin näkökohta haastatteluissa pidetään samana, mutta ei kaikkia. Tässä haastattelututkimuksessa pidettiin sairaalarakentamista tahtituotannon ja luovutusvaiheen kannalta keskiössä, mutta painotettiin suunnittelun ohjausta, tuotannon suunnittelua sekä tuotannon valvontaa ja ohjausta haastateltavien mukaan.

Haastattelut aloitettiin esittelemällä tutkimuksen aihe ja taustoitettiin sitä. Seuraavaksi esitettiin haastateltavien taustakysymykset. Haastattelurunko jakautui neljään teemaan, jotka olivat

1. Suunnitelmat ja suunnittelun ohjaus
2. Tuotannon suunnittelu
3. Tuotannon valvonta ja ohjaus
4. Kehitysehdotukset.

Haastatteluteemojen alla olevat kysymykset liittyivät sairaalarakentamiseen, tahtituotantoon sekä viimeistely- ja luovutusvaiheeseen. Haastatteluista pyritään löytämään sairaalan erityispiirteistä aiheutuvia huomioitavia asioita.

6.2 Haastateltavat

Objektiivisuuden saavuttamiseksi haastateltavat ovat kohdehankkeen eri osapuolien edustajia. Valtaosa haastateltavista oli pääurakoitsijan toimihenkilöitä, mutta niistäkin pyrittiin valitsemaan monipuolisesti eri rooleissa työskenteleviä. Alla olevassa taulukossa 1 on esitettyä haastateltavat taustatietoineen.

Taulukko 1. Haastateltavien taustatiedot

Haastateltavien taustat					
Haastateltava	Osapuoli	Työtehtävä	Kokemus rakennusalalta vuosina	Kokemus tahtituotannosta vuosina	Haastattelun kesto
A	Pääurakoitsija	Projekti-insinööri	8	2	1 h 48 min
B	Pääurakoitsija	Työmaainsinööri	5	2	1 h 48 min
C	Pääurakoitsija	Urakkavalvoja	13	2	1 h 22 min
D	Pääurakoitsija	Työmaa-päällikkö	18	2	1 h 36 min
E	Pääurakoitsija	Suunnittelu-päällikkö	19	2	2 h 4 min
F	Pääurakoitsija	Projektipäällikkö	18	6	1 h 24 min
G	Pääurakoitsija	Talotekniikka-päällikkö	11	7	1 h 29 min
H	Pääurakoitsija	Sairaalakaasu-urakan valvoja	8	2	1 h 49 min
I	Rakennuttaja-konsultti	Rakennuttaja-insinööri	30	2	1 h 30 min
J	Tilaaaja	LVI-asiantuntija	5	2	1 h 30 min
K	KSL-konsultti	Sairaalalaitte-asiantuntija	15	2	1 h 38 min
L	Talotekniikka-urakoitsija	Projektipäällikkö	28	2	1 h 30 min

Haastateltavia tutkimuksessa oli yhteensä 12, jotka nimettiin kirjaimin myöhemmän viittaamisen selkeyttämiseksi. Haastatteluista kaksi suoritettiin ryhmähaastatteluina, joten haastatteluja pidettiin yhteensä kymmenen. Haastattelujen pituudet vaihtelivat välillä 1 h 22 min ja 2 h 4 min.

6.3 Tahtituotanto sairaalarakentamisessa

Tutkimuksen kaikki haastattelut suoritettiin case-kohteessa työskennelleille henkilöille, joista suurelle osalle tämä oli sekä ensimmäinen tahtituotantotyömaa että ensimmäinen sairaalarakennushanke. Tämän vuoksi monella haastateltavalla ei ollut kokemusta oppikirjamaisesta toistuvan kohteen tahtituotannosta.

Tahtituotannon ajatellaan soveltuvan parhaiten toistuviin kohteisiin. Vaikka sairaala ei tällainen ole, haastateltavien mukaan tahtituotanto on erinomainen tuotantotapa myös sairaalarakentamiseen, sillä sen avulla monimutkainen kokonaisuus pysyy helpommin hallittavana ja ennustettavana.

Sairaalarakentamisen sisävalmistusvaiheessa poikkeaa perinteisestä mm:

- kiinteiden sairaalalaitteiden asennus
- Tilojen säteilysuojaukset
- Mahdolliset puhdistilat ja niiden asennus
- Mahdolliset dialyysi- sekä puhdasvesi-, tehoimuviemäri- ja desinfiointijärjestelmät niiden asennukset.
- Sairaalakaasu- ja putkipostiasennus.

Näiden järjestelmien asennukset harvoin ovat toistuvia läpi sairaalan, joten niiden asennukset ovat yhteensovitettava muun sisävalmistusvaiheen aikataulun kanssa. Haastateltujen perusteella kannattaisi kuitenkin toteuttaa tahtituotannon ulkopuolella yksittäiset spesifimmät urakat. Tällaisia ovat esimerkiksi kiinteiden sairaalalaitteiden, puhdistilojen ja niihin liittyvien talotekniikkajärjestelmien asennukset.

Haastatellun pääurakoitsijan suunnittelupäällikön E mukaan isoissa ja monimutkaisissa hankkeissa korostuu prosessien selkeyden merkitys. Ennen kuin mitään aletaan tekemään, on sovittava kaikkien osapuolien kanssa mitä aletaan tekemään.

6.3.1 Tahtituotannon suunnittelu

Tahtituotannon suunnittelu aloitettiin Assilla noin vuotta ennen tahtituotannon alkua. Sairaalarakennuksen tahtituotannon suunnitteluna on haastateltavien mukaan toistuvuuden puute, talotekniikan määrä sekä sairaalalaitteiden- ja järjestelmien sovitus tahtituotantoon. Haastatellun työmaapäällikön D mielestä toimitilarakentamisessa alle viikon tahti ei ole järkevä.

”Sairaalamailmassa ei ole toistuvuutta tiloissa ja se on haaste, jonka kanssa pystyy elämään.” -F

Aliurakoitsijat sitoutettiin tahtituotantoon urakkasopimusten avulla. Aliurakoitsijat valittiin hankkeelle siinä vaiheessa, ettei heitä ollut enää mahdollista osallistaa tahtituotannon suunnitteluun. Haastateltavien mukaan urakoitsijoita osallistettiin kuitenkin omien työpakettiansa tehtäväsuunnitteluun. Haastateltavan D mukaan tätä vaunujen sisällön selkeyttämisestä kunkin urakoitsijan työpakettien sisällön avaamiseksi olisi pitänyt tehdä enemmän.

Tahtialueiden suunnittelu

Haastattelujen mukaan tahtialueet olivat Assilla pääosin järkevän suuruiset. Haastateltavan D mukaan tahtialueiden suunnittelu lähti TATE-palvelualueiden yhteensovituksen pohjalta, siten että tahtialueet saataisiin riittävän yhdenvertaisiksi. Tahtialueet sekä työjärjestys on suunniteltava siten, että kaikille tahtialueille säilyy aina kulku. Tähän liittyen haastateltu urakkavalvoja C toteaa, ettei plaanoja kannata tehdä tahtialueittain, vaan suuremman alueen teko kerralla on järkevää. Hän kokee Assilla toteutetun muutaman tahdin yhdistämisen plaanoalueeksi järkeväksi. Pelkän käytävätahdin plaano olisi estänyt viereisiin huoneisiin kulkemisen.

Haastateltavan I mukaan yksi tahtituotannon suunnittelun haastekohta on saada tahtituotannosta mahdollisimman riskitön, jotta urakoitsijat pystyvät sitoutumaan siihen. Tämä edellyttää myös tahtialueiden oikeankokoista muodostamista, jotta ne ovat riskittömästi toteutettavissa.

Talotekniikan palvelualueiden huomiointi

Haastatteluissa esille nostettiin talotekniikan palvelualueiden sopimattomuus tahtituotantoon. Esimerkiksi haastateltavat A ja B IV:n palvelualueiden ja tahtialueiden yhteensopivuuden tärkeyttä. Assilla sekä IV-rungot, -haarat sekä -päätelaiteasennukset oli aikataulutettu tahtiaikatauluun. Todellisuudessa nämä toteutettiin suurempina alueina asennustyön ja osastointikustannusten järkevöittämiseksi.

Haastatellun sairaalakaasu-urakan valvojan H mukaan tahtialueiden suunnittelua vaikeuttaa sekä talotekniikan eri järjestelmien palvelualueiden yhteensopivuuden lisäksi saman urakan tahtialueiden välinen tasapainotus. Haastatellun pääurakoitsijan talotekniikkapäällikön G mukaan talotekniikan paljous aiheutti haastetta tahtiaikataulun asennusjärjestysten suunnitteluun, jotta esimerkiksi paljon talotekniikkaa sisältäville käytäville kaikki asennukset on järkevästi toteutettavissa.

Kiinteät sairaalalaitteet osana tahtituotantoa

Kiinteiden sairaalalaitteiden asennus kannattaisi haastattelujen perusteella toteuttaa tahtituotannon ulkopuolella. KSL-urakoiden pilkkoutuessa pieniksi paloiksi, saattaa asennuskustannukset nousta suuriksi, sillä urakoitsijat joutuvat käydä tekemässä pieniä työsuoritteita tahdin aikana.

Resursointi sairaalahankkeessa

Tuotannon suunnitteluun haastattelujen perusteella tulisi osallistaa erillinen KSL-asiantuntija tai -urakkavalvoja. Haastateltavan C ja K mielestä tämä KSL-vastuuhenkilö olisi hyvä olla jo ennen asennusten alkua. Haastateltavan E mielestä KSL-asiantuntija on

otettava mukaan jo suunnitteluvaiheessa suunnittelun ohjaukseen. Haastateltava C teki KSL-urakkavalvojan töitä hankkeen viimeistelyvaiheessa, mutta kokee, että olisi ollut helpompaa perehtyä urakoihin jo alkuvaiheessa.

Haastateltavat olivat yksimielisiä siitä, että työmaalla olisi toimihenkilöpuolella tarvittu KSL-osaamista. Haastateltava D kertoo, ettei alussa ollut riittävästi sairaalan erityispiirteiden osaamista, mutta sitä kertyi projektin aikana. Hän toteaa, että olisi pitänyt olla erillinen resurssi erikoisempiin asioihin, resurssi, joka on mielellään valmiiksi osaava. Myös haastateltava C on samaa mieltä, että tämän resurssin pitäisi keskittyä vain spesifeihin asioihin, kuten sairaalalaitteisiin ja puhdistiloihin, jotta on aikaa hoitaa tärkeät järjestelmät kunnolla. Haastateltava F jatkaa samoin, että kokonaisvastuu KSL:sta olisi ollut hyvä olla yhdellä ihmisellä jaetun kerrosvastuun sijaan. Hän vastuuttaisi myös ovi- maailman kokonaisuudessaan tietyille henkilöille kerrosvastuun sijaan. Haastateltavan A mukaan, olisi voitu hyödyntää enemmän myös superkäyttäjiä. Superkäyttäjillä tarkoitetaan tilaajan nimeämiä käyttäjän edustajia, esimerkiksi hoitajia tai lääkäreitä, jotka tuovat suunnitteluun ja tuotantoon käyttäjän näkemystä. KSL-osaamiseen on haastattelujen perusteella kiinnitettävä aiemmin huomiota tuotannon suunnittelussa.

Haastatellun KSL-konsultin K mielestä sairaalalaitteiden hankinnat ovat tavallaan omalaatuisia hankintoja ja vaativat KSL-osaamista. Hänen mukaansa on tärkeää, että KSL-hankintoja tekevällä on taustaa ja tietoa siitä, mitä ollaan hankkimassa. KSL-hankintaa tekevän on tunnettava hankittavat sairaalalaitteet ja tunnettava tarvittava termistö, jotta hankinta saadaan urakkasopimukseen kirjattua sovitusti.

Haastateltavan A mielestä litterapohjainen työnjako helpottaisi työmäärän tasaamista. Litterapohjaisessa työnjaossa urakkavalvoja vastaisi kerroksen sijaan tiettyjen litteroiden mukaisista urakoista kaikissa kerroksissa. Kerrosvastaava-ajattelu työllistää ensimmäisten tahtien kerrosvastaavia eniten mm. aloituspalaverin osalta. Käytäntöjä ei tarvitsisi myöskään kerros kerrallaan käydä läpi vaan ne olisivat läpileikkaavat. Haastateltava B puolestaan oli tyytyväinen kerrosvastuuseen. Haastateltavan E mielestä kerrosvastuuperiaate ei toiminut Assissa ja osa epäselvistä kokonaisuuksista organisoitui itsekseen, kun epäselviä urakoita ei vastuutettu kenellekään.

Haastateltavan E mukaan ongelmia syntyy, jos resursointia ei suunnitella järkevästi. Kun vastuujaot ovat epäselvät ja organisaatiota ei johdeta selvästi, organisaatiosta nousee yksittäisiä vastuunkantajia. Tällöin yksittäiselle henkilölle kasaantuu paljon tietoa ja työtä, joka on iso riski tuotannolle ja lisää riskiä myös uupumukseen. Tästä muodostuu riski tuotannolle, kun liikaa asioita jää vain yhden ihmisen tietoon. Tieto poistuu henkilön poistu-

essa esimerkiksi lomalle. Haastateltavan E mielestä tämä on merkittävä uupumista lisäävä riski, jos yhdelle henkilölle jää kohtuuton vastuu töiden jakautuessa epätasaisesti. Haastateltavien mukaan urakkavalvojat tulisi ottaa hankkeeseen etupainoisesti, jotta he ehtisivät mukaan suunnittelun aloituskokouksiin ja tutustua valvottavien urakoiden suunnitelmiin.

6.3.2 Tahtituotannon valvonta ja ohjaus

Haastateltavat olivat tyytyväisiä tahtituotannon mahdollistamaan tarkempaan tuotannon valvontaan ja ohjaukseen. Haastateltava A kertoo, että tahtituotanto parantaa laatua, kun työvaiheet otetaan pienempinä palasina vastaan. Haastateltavan I mielestä tahtituotanto tuo varmuutta aikataulun läpiviemiseen ja poikkeamiin päästään nopeammin kiinni, kun viiveet huomataan viimeistään seuraavalla viikolla. Myös haastateltavan C mukaan tahtituotanto parantaa sekä aikataulullista että laadullista onnistumista, kun tahtialueet tulee tarkastettua viikoittain viimeistään perjantaina. Hän nostaa esiin, että suuremmat alueet voivat olla hajanaisia sekä hankalia tarkastaa ja näistä jäisi enemmän asioita huomaamatta.

Viikkokello & rutiinit

Haastateltavat olivat pääosin tyytyväisiä Assilla käytettyyn viikkokelloon. Haastatellun projekti-insinöörin A mukaan tahtituotanto helpottaa urakkavalvojien sekä urakoitsijoiden työnjohdon viikkosuunnittelua. Useampi haastateltava korostaa viikkokellon noudattamisen tärkeyttä. Se vie pohjan viikkorutiineilta, jos aikavarausten päälle varataan palaveriteita. Useampi haastateltava kertoo mieltäneensä urakoitsijapalaverin turhaksi ja palaverirytmien toisinaan liian raskaaksi. Haastateltavien mukaan pitäisi kiinnittää huomiota, keiden osallistuminen palaveriin on merkityksellistä, jotta viikoista jäisi paremmin aikaa myös muuhun tekemiseen. Haastateltavan H mielestä viikkokello olisi voinut olla dynaamisempi, sillä herkästi palaverien määrä ja pituudet lipsuivat suuriksi ja pitkien palaverien aikana myös tehokkuus heikentyy. Hänen mukaansa ongelma on etenkin läpileikkävissa urakoissa, joten olisi järkevää, ettei yhden henkilön täytyisi istua kahta tuntia palaverissa viiden minuutin puheenvuoron vuoksi.

”Ei riitä, että viikkokello on luotu, vaan sitä pitää kunnioittaa.” -F

Viikkokellosta nokkamiespalaverit, aikataulupalaverit sekä seurantapalaverit koettiin erityisen tärkeäksi tahtituotannon hallinnan kannalta. Joka-aamuinen nokkamiespalaveri koettiin tahdinohjauksen akuuttien asioiden läpikäymisen kannalta hyödylliseksi. Haastateltavien mukaan aamuisin käytiin läpi alkavat uudet tahdit, akuutit asiat, yksittäiset ongelmat sekä yhteensovitusasiat.

”Elintärkeä tahdin kannalta aamuisin käydä kaikki akuutit asiat läpi.” -B

Haastateltavien mukaan aikataulupalaverit olivat tarpeellisia ja tehokkain tapa aikataulusta viestimiseen. Aikataulupalavereissa käytiin nokkamiespalavereja perusteellisemmin tahtityöt sekä tahdin ulkopuoliset työt ja yhteensovitusasiat läpi. Haastateltavan C mukaan tämä myös helpotti urakkavalvojan työtä, kun kerran viikkoon tulee käytyä läpi, missä kukakin urakoitsija työskentelee nyt ja seuraavalla viikolla, eikä tietoja tarvitse kaivaa eri ohjelmista. Useamman haastateltavan mielessä palaverirytmien keventäminen kokonaisuudessaan olisi ollut tarpeen kiireisimpään aikaan, ja haastateltavan L mielestä yksi aikataulupalaveri tahdin seurantaan olisi ollut riittävä.

Tahdinohjauskeinoista haastateltavat nostavat seurantapalaverit merkittävään rooliin poikkeamiseen puuttumisessa. Haastateltavan D mukaan seurantapalaverikäytäntö oli hyvä ja keskeisin vaikutuskeino aikataulupoikkeamiin. Seurantapalavereissa laadittiin kiinniotto suunnitelmia ja tehtiin rakennusten läpileikkaavien urakoitsijoiden osalta kiinniotto suunnitelmien yhteensovitusta. Haastateltavan A mielestä pienenkin poikkeaman kohdalla kannattaa pitää seurantapalaveri ja sopia yhteiset toimintatavat myös rakennusten läpileikkaavasti.

Aikataulupoikkeamiin puuttuminen

Haastatellun työmaapäällikön D mukaan tahtituotannolla on ollut iso rooli häntien eli aikatauluvuivien vähentämisessä. Töiden valmiiksi saattaminen 95 prosentista 100 prosenttiin on hänen mukaansa pääurakoitsijan omasta hyväksymis- ja puuttumiskykyksestä kiinni. Hänen mukaansa tähän päästäisiin sillä, että pidettäisiin tiukemmin vaatimustasosta kiinni. Jos päivittäisellä työnjohdollisella puuttumisella tai esimerkiksi seurantapalavereilla ei saada tulosta, olisi hyödynnettävä reklamaatioita ja taloudellisia sanktioita tarpeen vaatiessa. Myös haastateltava L on sitä mieltä, että häntiä pääsi syntymään liian lepsun otteen vuoksi.

Haastateltu projektipäällikkö F on samoilla linjoilla sen kanssa, että pääurakoitsijan puolelta ei pidetty riittävän kovaa kuria niissä työvaiheissa, jotka olivat myöhässä, mutta jotka oltaisiin pystytty tekemään ajallaan esimerkiksi resursseja lisäämällä tai iltavuoroja hyödyntämällä. Näissä tapauksissa olisi voitu hyödyntää sopimusten mahdollistamaa sako-tuskäytäntöä. Haastateltavat D ja F toteavat, että Assilla aikatauluihin sitoutettiin enemmän ”kepin kuin porkkanan kautta” ja pohtivat, että seuraaville hankkeille voisi mahdollisesti kehittää sanktioiden lisäksi myös jonkinlaisia kannustimia.

”On opittava vielä herkemmin tunnistamaan poikkeamien syntymisen varoitusmerkit.” -F

Haastateltavien mukaan urakoitsijoille annettiin riittävät mahdollisuudet aikataulupoikkeamien kiristämiseen esimerkiksi mahdollistamalla iltaja viikonlopputyöt. Haastateltavien

mukaan kiinniottoon on hyödynnettävä työmaan aukioloaikojen mukaan ilta- tai viikonloppuvuoroja tai otettava jäljessä olevia tahteja kiinni pienempien tahtien aikana. Haastateltavat A ja B toteavat, että iltavuoroja hyödynsivät pääasiassa reissu- ja urakkatyöläiset, eivätkä ne, joiden olisi pitänyt kiria aikataulua kiinni. Haastateltava G pohtii, että osa urakoitsijoista ei ymmärtänyt, miten kesken työt olivat ja mitä vaikutuksia sillä oli seuraavien urakoitsijoiden töihin. Haastateltavien D ja G mielestä puskuriviikkoja ja loma-aikoja olisi pitänyt hyödyntää kirkumiseen.

Laadunvarmistustoimenpiteet

Urakoitsijoiden mestanvastaanottoja, itselleluovutuksia ja päätoteuttajan tarkastuksia sovittiin tehtäväksi tahtialueittain koko hankkeen ajan. Haastateltavan A mukaan tahtituotanto vaikuttaa teoriassa paljonkin hankkeen laadulliseen onnistumiseen sen mahdollistamalla viikoittaisilla tarkastuskäytännöillä. Hänen mukaansa käytännössä tämän toteutumiseen vaikuttaa myös paljon tarkastuksen laatu ja tarkastusta tekevän henkilön tarkkuus.

”Ilman tahtituotantoa ei tuotannon hallinta olisi onnistunut tällä tasolla” -C

”Tahtituotanto selkeyttää tuotantoa ja pakottaa ennakoimaan” -A

Myös haastateltavan D mielestä tahtitarkastusten hyödyllisyys on verrannollinen siihen, kuinka hyvin tarkastukset tehdään. Hänen mukaansa tämä korostuu etenkin itselle luovutusten osalta, jos urakoitsijat eivät ymmärrä, minkä takia tarkastuksia on järkevää tehdä. Haastateltavan H mielestä urakoitsijat oli vaikea saada tekemään esimerkiksi mestan vastaanotot riittävällä tasolla. Haastateltava L koki tarkastustoimenpiteet rasakiksi ja ainoa keino oli varata erillinen resurssi tarkastusten tekemiseen urakkasopimusten edellyttämässä laajuudessa.

Mallityösuoritus ensimmäisen tahdin alkaessa oli haastateltavien mielestä hyödyllinen. Mallitöistä pidettiin mallikatselmukset, joissa hyväksyttiin tehty mallityö tai kirjattiin parannettavat kohdat katselmuksen muistioon. Haastateltavan D mielestä mallikatselmuksia ei aina hyödynnetty niin hyvin kuin oltaisiin voitu. Hänen mukaansa katselmuksissa oli toisinaan liikaa ihmisiä, mutta hänellä ei ole yksiselitteistä vastausta, miten katselmuksia saisi järkevöitettyä, jotta niistä saataisiin parhaiten hyöty irti. Haastateltavien A ja B mukaan mallikatselmusten hyötyä vähensi myös se, että niissä päätettyjä asioita saatettiin kumota myöhemmissä katselmuksissa.

Haastateltava G lisäisi käytäntöihin itselleluovutuksen lisäksi erillisen mestan luovutuksen. Tahtialueen edellinen urakoitsija suorittaisi mestan luovutuksen yhdessä seuraavan urakoitsijan mestan vastaanoton kanssa. Urakoitsijat voisivat perjantaisin kiertää luovu-

tettavat ja alkavat tahtialueet yhdessä läpi ja tällä varmistettaisiin seuraavan viikon aloitusedellytykset ja vähennettäisiin Congridiin tehtävien havaintojen määrää ja sen myötä kevennettäisiin urakkavalvojen työtä. Myös haastateltavat I ja J pitävät Assin tarkastuskäytäntöjä erittäin hyödyllisinä. Haastateltava J nostaa esiin, että usein myös mestan vastaanotoissa seuraava urakoitsija havainnoi edellisen jättämät rippeet, jotka vaikuttavat omaan työhön.

Haastateltava H kertoo, että eräs talotekniikkaurakoitsija vaihtui urakan alussa, sillä se ei suorittanut veloitteitaan laatuvaatimusten mukaisesti. Tahtituotannon avulla virheet huomattiin nopeasti ja urakka saatiin lopulta purettua. Toinen hankkeessa ollut talotekniikkaurakoitsija purki aiemmat huonosti tehdyt asennukset. Uuden urakoitsijan jatkaessa urakkaa aikataulun mukaisilta tahtialueilta, aiemmat huonosti asennetut tahdit siirrettiin tehtäväksi tahtijunien perään.

Käytetyt tuotannon ohjaustyökalut ja ohjelmistot

Useamman haastateltavan mielestä Assilla oli liian monta eri ohjelmaa käytössä. Haastateltava L pitää katastrofina kahta erillistä dokumentaatioon käytettyä projektipankkia, Sharepoint ja Sokopro, jotka eivät kunnolla synkronoituneet keskenään. Näiden lisäksi oli käytössä vielä Granlund Manager huoltokirjadokumentointia varten. Haastateltava A toteaa, ettei Sharepointiin ollut hyvää ohjeistusta ja materiaalia tallennettiin usein väärin kansioihin. Myöskään tiedostojen nimeämishajetta ei aina noudatettu. Näiden vuoksi Sharepoint oli osittain melko sekava ja sieltä tiedon löytäminen välillä haastavaa.

Haastateltavat pitivät Congridia hyödyllisenä työkaluna tarkastusten ja havaintojen tekemiseen. Haastateltavat A ja B ovat sitä mieltä, että tekeminen olisi ollut vaikeaa ilman Congridia. Useampi haastateltava kertoi kuitenkin turhautuneensa Congridin suorituskykyyn. Haastateltava L muistuttaa, ettei Congridia tule käyttää Chat-kanavana, kuten Assilla toisinaan toimittiin. Hän oli kuitenkin Congridiin tyytyväinen. Haastateltavan B mielestä Congridin tarkastuspohjat auttoivat tekemisessä, kun ne olivat huolellisesti suunniteltuja.

Haastateltava H koki tarkastusten tekemisen hyödylliseksi, mutta järjestelmät eivät olleet riittävällä tasolla tarkastusten laajuuteen nähden. Hänen mukaansa Congrid ei pärjännyt hankkeen suuruisen datamäärän kanssa ja kaatuili sekä tarkastuksia poistui. Congrid oli liian raskas ja hidas, jotta sillä olisi järkevä tehdä kaikki, mitä tämänkokoisessa hankkeessa vaadittiin. Congridiin pitäisi saada automaatioita tai ehdotuksia esimerkiksi eniten käytetyistä urakoitsijoista ja vastuuhenkilöistä. Vaihtoehtoisesti hänen mielestään havaintojen määrää olisi pitänyt saada pienemmäksi ja paremmin hallittavaksi.

Monday ja Sitedrive jakoivat mielipiteitä. Näitä eniten käyttävät haastateltavat kokivat sovellukset hyödyllisiksi. Henkilöt, joiden ei tarvinnut aktiivisesti näitä käyttää, kokivat hankalaksi käytettyjen ohjelmistojen suuren määrän. Haastateltavan A mielestä Monday oli hyvä suunnitelma-asioihin, jotta asiat kirjataan ylös, eivätkä jää ainoastaan sähköpostikeskusteluihin.

6.3.3 Tahtituotannon toteutus

Tahtituotannon toteutus suuressa toimitilahankkeessa voi olla haastavampaa, mutta sillä saavutetaan useita hyötyjä. Haastattelujen perusteella tahtituotannon ennustettavuus samalla vähentää riskejä. Suurin osa haastateltavista pitää tahtituotantoa edellytyksenä Assin sisävalmistusvaiheen onnistumiselle ja aikataulussa pysymiselle. Haastateltavan A mukaan tahtituotanto selkeyttää tekemistä ja pakottaa ennakoimaan.

”Tahtituotanto antaa aikataululliseen ja laadulliseen onnistumiseen sellaisen viitekehyksen, jossa on helpompi onnistua, kuin muissa tuotantomuodoissa” -D

”Tahtituotanto vaikuttaa hankkeen aikataululliseen ja laadulliseen onnistumiseen siten, että poikkeamat havaitaan ajoissa ja niihin pystytään reagoimaan ajoissa” -F

”Tahtituotanto on hyvä lähtökohta onnistumiselle.” -G

Haastateltavan L mielestä tahtituotanto oli hyödyllinen, mutta ei osaa sanoa, oliko se paras keino sairaalakohteen sisävalmistusvaiheeseen. Hänen mielestään tahtialueiden lisäksi pitäisi olla ulkopuolisia väistömestoja.

Yhtenäiset toimintatavat

Haastatteluissa ilmeni, että rakennusten väliset toimintatavat tahtituotannon toteutukseen erosivat toisinaan paljonkin toisistaan. Haastateltavan D mukaan rakennusten ja niiden tiimien väliset toimintaerot erosivat liikaa toisistaan. Haastateltavan E mukaan suunnitteluun aiheutui hämmennystä myös rakennusten erillisyydestä, kun yhdelle suunnittelijalle saattoi tulla sama kysymys kolmesta eri rakennuksesta. Eri tiimien välistä tiedonkulkua tulisi parantaa. Myös haastateltavan H mukaan eri rakennusten väliset toimintatavat erosivat niin palaveri- kuin tarkastuskäytännöissäänkin.

”Kun kyseessä on suuri hanke, peruskäytäntöjen tulisi olla yhtenäisemmät.” -H

Haastateltava F on samaa mieltä, että hankkeen kesken on oltava yhtenäiset toimintatavat. Hän muistuttaa, että olemassa olevia toimintatapoja on noudatettava tai kehitettävä niitä yhteisesti, eikä keksiä omia uusia toimintatapoja.

Urakoitsijoiden ennakointi

Haastateltavien mukaan tahtituotanto helpottaa myös urakoitsijoiden töiden ennakointia. Haastateltavan H mukaan se myös luo selkeyttä suuressa hankkeessa, jossa on monta

eri osapuolta ja urakoitsijaa. Tahtituotanto hänen mukaansa sujuvoitti tekemistä, kun tietää missä kenenkin on työskenneltävä milläkin viikolla.

Haastateltavan L mukaan tahtituotannon avulla urakoitsijoiden työstä tulee tuottavampaa, kun ideaalitalanteessa tahtialueella ei ole muita urakoitsijoita, tavarat ovat valmiina mestalla ja mestat kunnossa tahdin alkaessa. Haastateltavien G ja L mukaan urakoitsijoiden resursointi vaikeutuu suunnitelmamuutosten vuoksi, kun joudutaan palaamaan jo tehdyille tahtialueille. Jos lisäresurssia ei pienellä varoitusaajalla saada, suunnitelmamuutoksen teko vie resurssia sen hetkisestä aikataulun mukaisesta työstä. Haastateltavan L mukaan häntä syntyi pääosin edeltävien työvaiheiden keskeneräisyydestä ja suunnitelmapäätösten viivästyemisestä johtuen.

Tahtituotannon ennustettavuudesta huolimatta haastateltavan I mukaan häntien syntymiseen vaikuttivat myös muun muassa henkilöstövajaukset ja urakoitsijoiden aliresursointi. Hänen mukaansa osalla urakoitsijoista oli myös taidon puutetta ja laatupoikkeamien vuoksi töitä jouduttiin tekemään uudelleen.

Talotekniset asennukset tahtituotannossa

Tahtialuejako oli haastateltavan H mukaan välillä epätasapainoinen TATE-urakoitsijoiden näkökulmasta. Hänen mukaansa esimerkiksi sairaalakaasuputkiston pituus oli alimmillaan pari metriä ja pisimmillään 1500 metriä tahtialuetta kohden. Hänen mukaansa suurin osa ongelmista ja häntien syntymisestä liittyi liian suuriin tahtialueisiin, sillä tahtialueiden vaihtelevuus ja epätasapaino aiheuttivat haasteita järkevälle resursoinnille.

Haastateltavan H mielestä tahtialueiden rajoihin tarvittaisiin toisinaan joustoa. Talotekniikkaurakoitsijoille on työllistävää tehdä runkolinja käytävälle ja tulpata jokainen läpivienti huoneeseen, jotka eivät kuulu samaan ”käytävätahtiin”. Hänen mukaansa työtä sujuvoitaisi huoneiden läpivientien tekeminen samalla. Työmaalla yhteensovittamista tehtiin kuitenkin toisten urakoitsijoiden kanssa ja suurten tahtialueiden osalta pystyttiin aloittamaan asennusta jo edellisellä viikolla.

Sairaalalaitteiden asennus tahtituotannossa

Haastattelujen perusteella kiinteiden sairaalalaitteiden (KSL) asennukset kannattaisi toteuttaa tahdin ulkopuolella. Haastateltu urakkavalvoja C nostaa esiin, että myös esimerkiksi puhdistilat ja niihin tulleen monitorointijärjestelmän asennus on hankala sovittaa tahtiaikatauluun. Haastatellun KSL-asiantuntijan K mukaan sairaalalaitteasennuksiin tahtituotanto ei oikein sovi. Tilaaja haluaa venyttää KSL-hankintojen tekemistä loppuun saakka, sillä laitteet ovat kalliita ja nopeasti uudistuvia. Hänen mukaansa on riski rikkoontumisille, jos kalliit laitteet seisovat pitkään työmaa-aikana.

”KSL-asennukset tehdään tahtituotannon mukaan etupainotteisesti. Asennusten saaminen aikataulullisesti ajoissa on työmaan kannalta etu, mutta tilaajan kannalta välttämättä ei.” -K

Haastateltava C mainitsee, että tahtiaikataulun mukaan esimerkiksi kattokeskukset ja -varret näyttivät asennetuilta, mutta on huomioitava erikseen miten paljon muuta työtä niissä on käyttökuntoon saattamiseksi. Tätä voisi selkeyttää sillä, että asennus ja tarvittavat kytkennät aikataulutettaisiin omaan erilliseen aikatauluunsa, joka laadittaisiin tahtiaikataulun edellytysten pohjalta.

Logistiikka

Haastateltava L kertoo monen asian kulminoituneen materiaaliin, kun esimerkiksi ovia ei saatu ajoissa. Hänen mukaansa materiaalipuutteista johtuvien aikataulupoikkeamien riskiä pitäisi pienentää välivarastoinnilla etenkin pitkien toimitusaikojen tuotteiden kohdalla. Hänen mukaansa tahtituotannon onnistumisen kannalta logistiikka on kriittisin asia, jotta tavarat saadaan oikeaan aikaan oikeaan paikkaan. Hänen mielestään rakennuslogistiikka meni kuitenkin lopulta hyvin valtavaan tavaramäärään nähden.

Haastateltavat A ja B kertovat, että suuren tavaramäärän kanssa syntyi ongelmia, kun välillä urakoitsijoiden annettiin ottaa yli viikon tavarat mestalle. Välillä tavaraa myös jouduttiin ottamaan mestalle yli viikon edestä esimerkiksi tahtialueiden yhdistämisen vuoksi.

Haastateltava G nostaa esiin, että käytössä olevan sairaalan läheisyyteen rakennettaessa, uuden sairaalan rakentamisen logistiikka on suunniteltava vanhan sairaalan kulkureittien ehdoilla. Vanhan sairaalan häiriötön käyttö on mahdollistettava koko rakentamisen ajan.

6.3.4 Suunnittelun yhteensovitus tahtituotantoon

Tahtituotannon toteutusta voi sujuvoittaa, mikäli suunnittelun lähtökohtana huomioidaan tahtituotannon käyttö hankkeessa. Haastateltavan E mukaan sairaalarakennukset ovat tyypillisesti suuria ja kompleksisia ja sisältävät paljon tekniikkaa ja laitteita, joita ei ole perusrakentamisessa. Haastateltavan F mukaan suunnitteluvaiheesta tuotantoon siirtäessä, suunnittelussa ei ehkä täysin ymmärretty rakentamisen käynnistymistä.

Haastateltavan E mukaan yksittäisille rakennusosille asetetaan paljon vaatimuksia ja asetetut vaatimukset saattavat tehdä hankinnoista ja suunnittelusta haastavia. Sellaisia rakennusosia ei välttämättä löydy valmiina siten, että ne täyttäisivät kaikki niille annetut vaatimukset. Hän nostaa esimerkiksi oviympäristön, lukituksen ja heloituksen, joille on asetettu paljon erilaisia vaatimuksia tilaajan ja käyttäjän puolelta. Oven on esimerkiksi toimittava hätäpoistumisena, oltava kulunvalvottu, huomioitava sänkyliikenne leveydeltään, täytettävä desibelivaatimukset sekä sisältää mahdollinen riittävä säteilysuojaus.

Suunnittelu-aikataulun yhteensovitus tahtituotantoon

Useissa haastatteluissa Assin tahtituotannon haasteena mainittiin myöhässä tulleet suunnitelmat tai myöhäiset suunnitelmapäivitykset. Haastateltavan E mukaan ihanne-maailmassa suunnitelmien on oltava valmiit ennen tahtituotannon aloitusta. Tähän ei Assilla päästy, ja siirryttiin siihen, että suunnitelmien on valmistuttava kuusi viikkoa ennen kyseisen alueen tahdin alkua. Haastateltavien mukaan todellisuudessa tähän kuuden viikon tavoitteeseenkaan ei päästy. Tämä johti siihen, että suunnitelmat olivat aina askeleen jäljessä.

Haastatellun pääurakoitsijan suunnittelupäällikön E mukaan suunnitelma-aikataulut tehtiin yhdessä ja suunnittelijat osallistettiin aikataulun laatimiseen. Oman suunnittelu-aikataulun laatiminen jäi kuitenkin suunnittelijoiden vastuulle ja osa suunnittelualoista hallitsi paremmin oman työnsä aikatauluttamisen. Esimerkiksi RAK-suunnitelmien haastateltava E sanoo tulleen aikataulussa. Suunnittelualoista sen sijaan ARK- ja TATE-suunnittelussa aliarvioitiin suunnitteluun kuluva aika, josta johtui aliresursointia suunnitteluun ja suunnitelmien myöhästymisiä.

Suunnitelmien myöhästyminen johti siihen, etteivät urakkavalvojat eivätkä aliurakoitsijoiden työnjohtajat ehtineet ajoissa perehtyä suunnitelmiin ja tavaroiden tilaus saattoi jäädä viime hetkeen. Haastateltavan L mielestä tahtiin valmistumisaika jäi liian lyhyeksi myöhäisten suunnitelmien vuoksi.

Urakoitsijoiden sitoutumattomuuden ja aloitusedellytysten puutteiden lisäksi haastateltavat korostavat myöhäisten suunnitelmamuutosten vaikutusta häntien syntymiseen. Haastateltava E muistuttaa, että allianssimallissa suunnitelmien myöhästyminen vaikuttaa kaikkiin hankkeen osapuoliin, eikä pääurakoitsijalla ole reklamointimahdollisuutta suunnitelmapuutteista, kuten toisissa urakkamuodoissa.

Haastateltavan H urakan osalta suunnittelun myöhästymisestä ei aiheutunut suoraan viiveitä tuotantoon, sillä toteutustavat saatiin varmistettua viimeistään tahdin alkaessa ja ne tehtiin työmaalähtöisenä suunnitteluna punakyninä. Joidenkin alueiden osalta tämä johti siihen, että urakoitsija joutui suorittamaan työt HOLD-kuvien pohjalta.

Talotekniikkasuunnittelu

Haastateltavan F mukaan Assilla tahtialueiden suunnittelua vaikeutti talotekniikan palvelualueiden yhteensopivuuden puuttuminen. Hänen mukaansa eri järjestelmien palvelualueiden yhteensovituksella päästäisiin lähemmäksi ideaalitilaa. Haastateltava D ei juuri muokkaisi tämänhetkisiä tahtialueita näillä suunnitelmilla, mutta seuraaviin kohteisiin panostaisi palvelualueiden yhtenäistämiseen.

Myöskään haastateltavan G mukaan talotekniikan palvelualueet eivät olleet yhteneväiset. Talotekniikkasuunnittelussa tulisi pitää pohjana tahtituotanto. Hänen mukaansa olisi mahdollista ensin ARK-pohjakuvien perusteella määrittää tahtialueet ja tämän jälkeen suunnitella talotekniikkajärjestelmät tahtialueisiin sopiviksi ja tahtialueiden mukaisessa järjestyksessä toteutettaviksi.

Haastateltavan E mukaan talotekniikkasuunnittelun ohjauksessa ei ollut erillistä suunnittelun ohjausta vaan sitä tehtiin järjestelmittäin ja rakennuksittain pääurakoitsijan talotekniikkapäälliköiden ja -urakkavalvojen toimesta. Haastateltavien E ja F mielestä myös TATE-puolella tarvittaisiin erillisiä suunnittelunohjaajia, jotka organisoisivat läpileikkaavasti TATE-suunnittelua. Haastateltavan G mielestä TATE-suunnittelun ohjaajan rooli olisi hyvä olla Big Room -päivissä ja yhteensovitusilaisuuksissa mukana ja viedä hyviä käytäntöjä ja suunnitteluperiaatteita läpileikkaavasti muihin rakennuksiin. Hän olisi voinut myös katsoa rakennusten välistä yhteensovitusta.

Haastateltavan G mukaan spesiaalijärjestelmien osalta LVI-suunnittelu ei välttämättä ollut saanut riittäviä lähtötietoja. Haasteita oli esimerkiksi käänteisosmoosilla puhdistetun RO-veden osalta. Siinä myös tilaajan ja allianssin väliset urakkarajat olivat epäselviä. Sairaalakaasujen osalta hänen mielestään oli selkeät urakkarajat. Hänen mukaansa sairaalakaasusuunnitelmissa oli haasteita, mutta urakkavalvojan avulla saatiin suunnitelmat toteutuskelpoisiksi. Haastateltavan H mukaan Assilla sairaalakaasujen osalta korostui työmaalähtöinen suunnittelunohjaus ja sen tarve. Hän kertoo, että työmaalla tarvitaan nopeita ratkaisuja, kun havaitaan toteutuskelvottomia asioita ja monia muutoksia toteutettiin sen vuoksi punakynillä. Myös haastateltava H kertoo, että TATE-suunnittelunohjaus ei ollut yhtä hyvin koordinoitua. Suunnitelmia tehtiin punakyninä sekä urakkavalvojen että urakoitsijoiden toimesta. Hänen mukaansa TATE-suunnittelijat eivät keskustelleet riittävästi keskenään esimerkiksi tulevista muutoksista.

Haastatellun talotekniikkaurakoitsijan projektipäällikön L mielestä ongelmaksi muodostui, että tilaajalta puuttui sähkösuunnittelun osaaja, ennen kuin vasta toteutusvaiheessa tuli sähköurakoiden valvoja. Haastateltavan L mielestä tällainen rooli olisi tarvittu aiemmin.

Kiinteiden sairaalalaitteiden suunnittelu

Haastateltavien mukaan tilaaja ja käyttäjät antoivat lähtötiedot KSL-suunnitteluun, ja laativat laitespesifikaatiot sekä vaatimukset, mitä laitteiden on täytettävä. Haastateltavan K mukaan tilaaja oli nimennyt jokaiselle KSL-hankintapakettille superkäyttäjän, joiden kanssa käytiin läpi lähtötietoja sekä toimittajien tarjouksia. Haastateltavien mukaan oli ongelma, ettei pääurakoitsijan suunnittelun ohjauksessa ollut erillistä resurssia KSL-

suunnitteluun. Haastateltavan E näkemys on, että KSL-suunnittelun ohjausta voisi tehdä myös KSL-urakkavalvoja. Tämän tulisi olla mukana jo toteutusvaiheen suunnittelun alkuvaiheilla.

Osa haastateltavista mainitsee KSL- ja TATE-urakkarajaliitteiden olleen ristiriidassa tai joiltain osin epäselkeät. Haastateltavien mukaan urakkarajaliitteet olisi yhteensovitettava ja yhteensovitus heijastettava suunnitelmiin. Haastateltavan G mielestä ideaalitalanteessa olisi yksi urakkarajaliite, josta löytyisi sekä KSL:n että TATE:n urakkarajat. Haastateltava L kokee hyödyllisenä, että KSL-urakkarajaliite olisi ollut myös talotekniikkaurakoitsijoilla käytössä. Haastateltavan K mukaan yhteensovitusta tehtiin, mutta sitä olisi pitänyt tehdä vielä enemmän ennen urakkarajaliitteiden liittämistä sopimuksiin.

Suunnitelmien yhteensovitus

Haastattelujen perusteella tahtituotantoon aiheutui ongelmia suunnitelmien ristiriidoista. Haastateltavan L mielestä pääsuunnittelijan roolissa jonkun olisi pitänyt ottaa vastuu suunnitelmien yhteensovituksesta. Hänen mukaansa suunnitelmien yhteensovituksessa oli puutteita KSL:n ja TATE:n välisten haasteiden lisäksi myös TATE:n sisäisissä asioissa. Haastateltava E muistuttaa, että pääsuunnittelijan tehtävänä on huolehtimisvelvollisuus suunnitelmien yhteensovituksesta. Assilla tämä ei kuitenkaan aina toteutunut, vaan pääurakoitsijan suunnittelun ohjauksesta vastaavat joutuivat toisinaan tekemään näitä pääsuunnittelijan velvoitteita. Hänen mukaansa yhtenä ratkaisuna tähän voisi olla suuressa hankkeessa jakaa pääsuunnittelijan tehtävät useampaan osioon useammalle henkilölle. Haastateltava F nostaa esimerkiksi alakattojen ja TATE-päätelaitteiden puutteellisen yhteensovituksen, josta aiheutui haasteita tuotantoon.

Haastateltava K, sairaalalaitteasiantuntija, nostaa haasteeksi etenkin tilaajan hankintojen osalta laitetoimittajien lopullisten kuvien yhteensovittamisen olemassa oleviin suunnitelmiin. Tämä aiheutuu siitä, että laitetoimittajien lähtötiedot saadaan usein myöhään. Esimerkiksi hän mainitsee potilasvalvontamonitorivarsistot, jotka on tasapainotettava näyttöjen asennusten jälkeen. Monitorinäyttöjen koot ja painot eivät ole tiedossa, joten tasapainotusta ei ole voitu tehdä ja laitetoimittaja joutuu jälkikäteen tekemään säädöt. Ylimääräisistä työmaakäynneistä aiheutuu kustannuksia. Hän mainitsee myös tilaajan hankintana olleet AV-järjestelmät, joiden hankinta on myöhästynyt. Asennukset tehdään vasta syksyllä kohteen luovutuksen jälkeen, jolloin kaikki kattokeskusten suojakuoret joudutaan avaamaan. Hänen mukaansa suojakuoren ylimääräisistä avauksista aiheutuu aina haittaa kotelolle.

Suunnitelmapäivitysten vaikutus tuotantoon

Haastateltavan L mukaan myöhään julkaistuihin suunnitelmiin ei ehditty perehtyä riittävän ajoissa. Tämä johti siihen, että suunnitelmien virheet huomattiin vasta tahdin toteutuksen aikana, eikä virheitä ehditty korjata suunnitelmiin tahdin aikana vaan tahdistamettiin ohi ja palattiin myöhemmin korjaamaan. Hän korostaa, että pieneltäkin tuntuvat suunnitelmamuutokset kertautuvat tuotantoon ja haittaavat etenemistä. Myös haastateltavat F ja G kertovat, että suunnitelmia päivittyi välillä valmiiden työvaiheiden jälkeen. Tästä aiheutuu suoraa haittaa tahtituotannolle, kun edellisiin tahtialueisiin joudutaan palaamaan jonkin toisen urakoitsijan tahdille. Haastateltavan G mukaan tahtiaikataulun puskureita jouduttiin hyödyntämään suunnitelmamuutosten toteutuksessa. Hänen mukaansa tuotantoa selkeyttäisi, kun tiedettäisiin, ettei muutoksia ole tietyn pisteen jälkeen tulossa.

Haastattelujen perusteella myös tehdyistä suunnitelmapäivityksistä viestintä oli puutteellista. Haastatellun C mukaan saattoi tulla muutos jo valmistuneille tahdeille, jotka on tarkastettu sen hetkisten suunnitelmien mukaan. Suunnitelmamuutos saatettiin havaita vasta viimeistelyvaiheen tarkastusten yhteydessä, kun tarkastus suoritettiin uusimpien suunnitelmien mukaisesti. Tällöin viimeistelyvaiheessa jouduttiin purkamaan aiempi asennus ja tekemään uudelleen.

Haastateltavan E mielestä suunnitelmamuutokset voidaan jakaa kahteen: tilaajasta johtuviin muutoksiin ja virheiden korjauksiin. Tilaajan laajuuteen ja laatutasoon liittyvät muutokset oli määrä lopettaa, mutta päätöksessä ei kuitenkaan pysytty. Tämän lisäksi muutoksia jäi välillä pitkiksi ajoiksi APR-tasolle, jolloin päätöksen teossa kesti kauemmin. Toteutus vaiheessa suuri osa suunnitelmapäivityksistä liittyi virheiden korjaamisiin, kun esimerkiksi käyttäjät huomasivat virheitä myöhäisessä vaiheessa, jotka oli korjattava. Myös osalta suunnittelijoista puuttui kokonaiskuva työmaatilanteesta, vaikka siitä pyrittiin viestimään. Suunnittelijoilla ei ollut tietoa, mitä työmaalla on tehty ja mitä asioita suunnitelmista voidaan vielä muuttaa tai parantaa.

Haastateltavan E mukaan Assissa korostui allianssin huonot puolet siinä, että ajauduttiin hitaaseen päätöksen tekoon, vaikka allianssin tavoitteena on edistää nopeaa päätöksentekoa. Hänen mukaansa allianssin päätöksentekoportaan ei ollut riittävästi ymmärrystä, mitä missäkin vaiheessa on tehtävä. Tilaajan puolella oli vähän kokeneita rakennuttamisen ammattilaisia, eikä sen vuoksi riittävä ymmärrystä rakennuttamisesta. Haastateltavan L mielestä tilaajan olisi pitänyt ostaa rakennuttamispalveluita konsulteilta, jos omasta takaa ei löydy riittävä resurssia. Myös haastateltava H kertoo, että oli

tilanteita, joissa aiemmin selvitetystä asiasta oli tehty päätös, ettei suunnitelmia päivitetä, mutta myöhemmin päätettiin, että suunnitelmapäivitys on pakollinen tehtäväksi. Haastateltava F muistuttaa, että tällaisista päätösten pitkittämisistä aiheutuu aina ylimääräistä työtä sekä kustannuksia.

Haastateltavan K mielestä KSL-suunnittelun osalta suunnitelmamuutokset lopetettiin pääsääntöisesti riittävän ajoissa. Poikkeuksena tähän hän nostaa esimerkiksi korkeussäädettävät kattokeskukset, jotka ensin suunniteltiin, sitten ei haluttu ja päätöstä pyöriteltiin edestakaisin.

”Ei pitäisi veivata asioita edestakaisin vaan tehdä päätös ajoissa ja pysyä siinä.” -H

”Päätöksen pitää olla päätös. Ei ole kenenkään etu, että asioita veivataan edestakaisin.” -F

Haastateltavan E mielestä olisi tärkeää saada integroitua tuotanto paremmin osaksi allianssia. Suunnitelmakatselmuksia pidettiin tuotantoaloittain, mutta tuotannosta oli haastavaa saada osallistujia tai osallistujat eivät aina olleet perehtyneet ajoissa suunnitelmiin. Hänen mukaansa tuotannon järjestäytyminen vaikuttaa oleellisesti myös suunnittelun onnistumiseen.

Haastateltujen A, E ja G mukaan suunnitelmakatselmuksia voisi hyödyntää etenkin spesifien urakoiden osalta. Suunnitelmakatselmuksiin osallistuisivat tilaaja, tarvittavat suunnittelijat, pääurakoitsijan urakkavalvoja sekä urakoitsija. Haastateltavan E mukaan suunnitelmakatselmuksiin voisi olla helpompi saada oikea osallistuja pääurakoitsijan puolelta, mikäli urakat vastuutettaisiin litteroittain.

6.4 Viimeistely- ja luovutusvaihe sairaalarakentamisessa

Sairaalakohteen viimeistely- ja luovutusvaihe poikkeaa tavanomaisesta rakentamisesta. Sairaalahankkeen teknisen vaativuuden vuoksi viimeistelyvaiheen tarkastuksille ja koeikäyttöille on varattava riittävästi aikaa ja aloitettava testaukset riittävän aikaisin. Sairaalakohteessa luovutusvaiheeseen sisältyy perinteisten talotekniikkajärjestelmien testausten ja toimintakokeiden lisäksi esimerkiksi sairaalakaasujen, monitoroinnin, kulunvalvonnan sekä putkipostin toimintatarkastukset ja tarvittavat mittaukset. Sairaalakohteen luovutusvaihe pitää sisällään myös esimerkiksi puhdasvesi-, desinfiointi- ja pesuainaputkistojen mittaukset ja näytteenotot. Talotekniikkajärjestelmien lisäksi myös kiinteille sairaalalaitteille on pidettävä toimintakokeet ja tehtävä tarvittavat mittaukset. Puhdastiloille sekä tarvittaville lääkintälaitteille suoritetaan validoinnit. Puhdastilojen validoinnit sekä säteilysuojattujen tilojen mittaukset on aikataulutettava yhteen viimeistelyvaiheen tehtävien kanssa. Sairaaloiden puhtausluokkavaatimusten vuoksi myös sairaalalaitteiden

asennuksia tai koekäyttöjä voidaan joutua tekemään vasta viimeistely- ja luovutusvaiheessa sekä joidenkin järjestelmien osalta vasta sairaalan toiminnan aloittamisen yhteydessä.

6.4.1 Viimeistelyvaiheen suunnittelu

Haastateltavien mukaan viimeistely- ja luovutusvaiheessa aiheutti haasteita tahtialueista siirtyminen TK-alueisiin ja uusien alueiden opettelu. Useamman haastateltavan mielestä TK-alueiden koot olivat epätasapainoisia keskenään, mikä hankaloitti tarkastettavien alueiden suunnittelua ja tarkastusten suorittamista.

Haastateltavan F mukaan viimeistelyvaiheen suunnittelun haasteena on miettiä, miten saadaan kaikki osapuolet sitoutettua laadittuun aikatauluun. Hänen mukaansa Assilla luovutusvaiheen suunnittelun haasteena oli myös neljän eri rakennuksen aikataulujen yhteensovitus.

Assilla toimintakoeaikataulun perusteella aikataulutettiin toimintakoealueiden työt tahdinomaisesti viikon syklillä. Haastateltavat kokivat tahdistetun TK-aikataulun hyväksi. Haastateltavan D mielestä aikataulu oli hyvä ja parempi kuin aiemmissa hankkeissa. Hänen mielestään parantamisen varaa kuitenkin vielä jäi ja viimeistelyvaiheessa olisi voitu hyödyntää enemmänkin tahtituotantoa. Myös haastateltavan B mielestä aikataulu-seurannan on oltava yhtä tehokasta kuin tahtituotannossa.

Haastateltavan I mielestä sairaalakohteen viimeistelyvaiheen suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota puhtausvaatimusasioihin. On aikataulutettava ja varmistettava alakattojen yläpuoliset imuroinnit, yläpölyjen poistot ja pystyttävä todentamaan niiden suoritus. Haastateltu sairaalalaitteasiantuntija K mainitsee, että sairaalalaitteet, joita ei voida tahtiaikataulun mukaisesti asentaa, on aikataulutettava järkevästi viimeistelyvaiheen aikataulun yhteyteen. Kriittiseksi asennukseksi hän mainitsee magneettikuvantamislaitteen, jonka asentamisen aikaikkuna on pieni. Laitteen lähdöstä tehtaalta on vain muutama päivä aikaa saada laite kytkettyä vesi- ja sähköverkkoon. Laite saattaa vaurioitua, mikäli sitä ei saada ajoissa kytkettyä.

Validointien toteutuksen suunnittelu

Validointien suunnittelu luovutusvaiheessa on tehtävä huolellisesti. Haastateltavan D mukaan validointien suunnittelusta aiheutui haasteita luovutusvaiheen suunnitteluun myös juridiselta kannalta. Työmaa—aikana validoitavat tilat on erotettava muusta työmaa-alueesta, sillä validointien yhteydessä vaaditaan puhtautta, eikä tiloissa ole mahdollista käyttää työmaalla vaadittua varustusta.

Haastateltava K mainitsee tärkeäksi validointiaikataulun yhteensovituksen Black Out -testeihin ja niistä tiedotuksen. Black Out -testi keskeyttää validointiohjelman ajon, joten aikataulut on huolellisesti yhteensovittava.

Kiinteiden sairaalalaitteiden testausten suunnittelu

Haastateltava F kertoo, että esimerkiksi kattokeskusten aikataulutuksessa on huomioitava, että ne joudutaan asentamaan useammassa osassa ja viimeiset vaiheet vaativat puhtaan ympäristön. Asennus on siis aikataulutettava vasta P1-siivousten jälkeen. Haastateltavan A nostaa esiin, että ennen KSL:n toimintakokeita ja -testausta on tarvittavien talotekniikkajärjestelmien oltava kytketty, testattu ja toiminnassa. Tämä toi haastetta urakoiden aikataulujen yhteensovitukseen.

Haastateltava F mainitsee, että myös luovutusvaiheen suunnittelussa olisi ollut hyvä olla käytössä erikoisalojen, kuten kiinteiden sairaalalaitteiden asiantuntijoita. Myös haastateltavan K mukaan aikataulutukseen olisi pitänyt osallistua enemmän KSL-asiantuntijoita. Haastateltavan K mukaan KSL-aikataulu tulisi olla valmiina jo aikaisessa vaiheessa, jotta sillä on mahdollista ohjata myös tilaajan hankintoja. Hänen mukaansa Asilla KSL:n pakan sekoitti myöhäisessä vaiheessa päätetty hankkeen vastaanoton aikaistaminen, jolloin myös alkuperäinen KSL-aikataulu täytyi uusua.

Haastateltavan D mukaan haastetta tuotti myös esimerkiksi dialyysi- ja hammashoitajärjestelmien käyttöönoton aikataulutus, sillä järjestelmiä ei voi seisottaa käyttämättöminä tai ne saastuvat. Myös haastateltava K mainitsee ongelmalliseksi laitteiden testauksen esimerkiksi puolta vuotta ennen luovutusta. Sen jälkeen on tilaajan kalustus aika, joten laitetta voidaan joutua ylläpitämään tyhjiällä jopa vuosi. Tässä aikaisessa käyttöönotossa hän mainitsee ongelmaksi ylläpitokustannukset sekä takuuajan. Kiinteille sairaalalaitteille ei ole mahdollista saada viiden vuoden takuita ja ongelma tulee takuuajan kanssa, alkaako se laitteen käyttöönotosta vai sairaalatoiminnan alkamisesta.

Talotekniikan käyttöönotto

Haastateltava L kertoo, että jälkikäteen mietittynä esimerkiksi sähkön mittaukset olisi voitu aikatauluttaa tarkemmin koestusten ja testausten osalta esimerkiksi lääkintätilojen mittaukset. Perus käyttöönottomittauksille oli toimiva aikataulu määritettynä. Haastateltavan K mukaan kiinteiden sairaalalaitteiden toimituksessa on varmistettava, kuuluuko esimerkiksi sähkön varmennustarkastusmittaus sähköurakoitsijalle vai laitetoimittajalle.

Haastateltavan H mukaan esimerkiksi sairaalakaasujen testaustehtävät olivat aikataulutettu tehtäväkokonaisuuksittain, mutta ne todellisuudessa toteutetaan alueittain nippuna eri testauksia kerralla. Sairaalakaasujen testauksia ei päästy aloittamaan aloissa suunnitelmamuutosten vuoksi. Myös tiiveyskokeet pitkittyivät erään KSL-urakoitsijan vuoksi.

Haastateltavan H mukaan seuraavalla hankkeella sairaalakaasujen käyttöönotto- ja tarkastusprosessi vaatisi urakoitsijalähtöisemmän aikataulutustavan.

Sairaalakaasujen osalta haastateltavan H mukaan vaikeuksia tuotti nestemäisen hapen säiliön testauksen ja mahdollisen tyhjennyksen toteutuksen suunnittelu. Sairaala on luovutettava täysin käyttövalmiina ja testattuna, mutta säiliötä ei voida jättää täyteen ilman käyttöä. Hänen mukaansa myös lääkkeellisten kaasujen tilaus, toimitusaika ja niitä edeltävät työt on suunniteltava tarkemmin seuraavassa kohteessa.

Haastateltavan F mukaan ennen viimeistelyvaiheen aikataulun julkaisua aikatauluun pyydettiin kommentteja talotekniikkaurakoitsijoilta. Haastateltava H sanoo, että mahdollisuutena paremmalle kommentoinnille voisi olla Teams-palaverin järjestäminen järjestelmittain, jossa käydään läpi luovutusvaiheen tehtävät, siten että kaikki osapuolet ymmärtävät, mitä niillä tarkoitetaan.

Tilaajan tarkastukset

Useat haastateltavat mainitsivat, että tilaajan tarkastukset olisi pitänyt aikatauluttaa selvemmin. Haastateltavien B ja C mielestä niillekin olisi pitänyt olla aikataulu ja deadline. Haastateltava A on samaa mieltä aikataulutuksesta ja lisää, että tarkastuskierroksilla tulisi olla pääurakoitsijan edustaja vastaamassa suunnitelmien mukaisesta toteutuksesta.

Myös haastateltavien I ja J mielestä olisi ollut hyödyllistä aikatauluttaa tilaajan tarkastukset viimeistelyvaiheen aikataulun yhteyteen. Haastateltavan I mukaan tarkastusten aloitus viivästy, koska ei saatu ajoissa päätöstä, tehdäänkö tilaajan tarkastukset erikseen. Haastateltavan J mielestä tarkastukset olisi järkevä aikatauluttaa, jotta tarkastukset eivät venyisi niin pitkälle ja häntä jäisi vähemmän.

6.4.2 Viimeistelyvaiheen toteutus

Viimeistelyvaiheen aloitus oli haastateltavien mielestä selkeä. Sisävalmistusvaiheen voidaan Assin kohteessa ajatella päättyneen viimeiseen tahtiin ja viimeistelyvaiheen alkaneen sen jälkeen. Haastateltavan G mielestä viimeistely- ja luovutusvaiheessa vastuunkantaminen omista tehtävistä korostuu. Hänen mukaansa luovutusvaiheen onnistuminen lähtee jokaisen omasta sitoutumisesta aikatauluun sekä huolehtimisesta, että tehtävät tulee ajallaan tehdyiksi. Haastateltavan I mielestä on urakoitsijan vastuulla varmistaa työvaiheen aikataulullinen onnistuminen.

Haastateltavan D mukaan viimeistelyvaiheen tehtävien suorittamisesta annetuissa ajoissa varmistutaan samanlailla kuin aikataulutoiminnassa muutenkin: varmistettava,

että edellytykset ovat kunnossa, toiminta tiedossa, realistinen aika varattu ja varmistetaan tehtävien aikataulunmukainen valmistuminen. Haastateltava F korostaa urakoitsijan vastuuta tiedottaa ongelmista heti niiden synnyttyä, eikä vasta deadlineen jälkeen.

Haastateltava D nostaa esiin, että rakennusautomaation luovutusvaiheen tehtäville olisi hyvä varata enemmän aikaa sekä resurssia. Haastateltavan D mukaan tahtituotannon työpakettien selkeyden haasteet heijastuvat viimeistelyvaiheeseen. Väärinymmärryksistä johtuvat tekemättömät tai väärin tehdyt asiat paljastuvat viimeistelyvaiheessa. Alussa selkeästi tehty työpakettien määrittely pienentää riskiä viimeistelyvaiheeseen.

Resursointi viimeistelyvaiheessa

Haastateltavan G mukaan usein urakoitsijat veivät varsinaisen asennustyön suorittamisen jälkeen resurssin pois työmaalta, vaikka sitä olisi vielä viimeistely- ja luovutusvaiheessakin tarvittu. Hänen mukaansa proaktiivisuus korostuu siten, että voisi olla urakoitsijoilla paremmin varattu resurssia myös luovutusvaiheeseen.

Haastateltava I nostaa viimeistelyvaiheen ongelmaksi Assilla siivousurakoitsijan aliresursoinnin. Tämän vuoksi toimintatarkastuksiin eikä toimintakokeisiin aina saatu P1-valmiutta. Tästä aiheutui häiriötä jo valmiiksi tiukalle toimintakoeaikataululle. Toimintakoealueille suoritettiin aina P1-tarkastus ja usean ylimääräisen tarkastuksen suorittaminen usealle alueelle työllisti hankkeen toimihenkilöitä.

KSL käytönopastukset sekä tilaajan vastaanotot

Haastateltavat pitävät hyvänä käytäntönä ajoissa aloitettuja käytönopastuksia. Tilaisuuksissa dokumentoitiin paikallaolijat ja tilaaja videoi käytönopastukset poissaolleille myöhemmin katsottavaksi.

Tilaajan vastaanotot koettiin hyödyllisiksi, mutta haastateltavan D mukaan ne eivät kaikilta osin menneet aivan järkevästi. Hänen mukaansa näistä tulisi sopia aikataulutehtävinä etukäteen ja sopia mitä kaikkea tehdään ja osapuolten olisi sitouduttava tähän. Haastateltavan F mukaan nämä tilaisuudet oli hyödylliset aloittaa ajoissa, mutta haastateltavan C mielestä ne toisinaan tulivat hieman liian etupainoisesti.

Haastateltavan K mukaan tilaajan vastaanotot ja käytönopastukset on järkevää suorittaa laitteittain, sillä tilaajan puolelta on eri käyttäjäryhmiä paikalla eri tilaisuuksissa. Hän piti tilaisuuksia hyödyllisinä, sillä niissä laiteajokortti dokumentoidaan ja laitetiedot toimitetaan tarvittaviin järjestelmiin.

Suunnitelmamuutosten ja -päivitysten vaikutus viimeistelyvaiheeseen

Haastateltavat olivat yksimielisiä siitä, että suunnitelmamuutoksia ei lopetettu riittävän ajoissa. Haastateltavan D mukaan rakentamisvaiheen loppupuolen suunnitelmamuutoksilla vietiin edellytykset esim. nollavirheluovutukselta sekä suunnitellun pituiselta ”hiljaiselta ajalta”. Hän nostaa esiin rakennusautomaation korkean revisiomäärän ja sanoo sitä naurettavan suureksi. Hänen mukaansa rakennusautomaation suuri revisiomäärä johtuu järjestelmän monimutkaisuudesta ja kertoo hyvän urakoitsijan pelastaneen paljon sen suhteen. Myös haastateltava F mainitsee ongelmaksi toimintakokeissa ilmenneet suunnitelmavirheet. Useissa toimintakokeissa laitteet olivat toimineet suunnitelmien mukaisesti, mutta ne toimivat käytön kannalta virheellisesti suunnitelmien virheistä johtuen.

Haastateltava H kertoo, että suunnitelmiin tehtiin loppuvaiheissa muutoksia tilaajalta tulleiden päätösten ja vaatimusten vuoksi. Hänen mukaansa loppuhetken muutokset tulisi välttää sillä, että vaatimukset tulisi käydä läpi aiemmin ja perusteellisemmin sekä tehdä suunnitelmapäätökset näiden läpikäyntien perusteella. Hän kertoo, että viimeiset suunnitelmapäivitykset tulivat noin kuukautta ennen kohteen luovutusta.

7. POHDINTA

Pohdintaluvussa käsitellään haastattelu- ja toimintatutkimuksen tuloksia, sekä verrataan niiden suhtautumista kirjallisuuteen. Pohdintaluvussa vastataan tutkimuskysymyksiin sekä lopuksi pohditaan tutkimuksen luotettavuutta sekä yleistettävyyttä. Tutkimuksessa selvinneisiin haasteisiin esitetään pohdintaluvussa kehitysehdotuksia. Pohdintaosiossa sairaalarakentamisen haasteita sekä kehitysehdotuksia käsitellään tahtituotannon sekä viimeistelyvaiheen kannalta. Tutkimuksen empiriaosiossa sekä tahtituotantoon että viimeistelyvaiheeseen aiheutuneita haasteita esiintyi suunnittelun ja resursoinnin näkökulmasta, joten näitä teemoja käsitellään pohdinnoissa omina alalukuinaan.

Tahtituotannon ideaalitila saavutetaan toistuvassa rakennuksessa tahtialueiden ollessa mahdollisimman toistuvia (Salminen 2021). Sairaalarakentamisessa tilat sisältävät vain vähän toistuvuutta ja tahtituotannon vahvuudet korostuvat toistuvuuden sijaan suuren ja monimutkaisen projektin tuotannon hallittavuudessa sekä ennustettavuudessa. Tahtituotanto loi pohjan onnistuneelle viimeistely- ja luovutusvaiheen aloitukselle limittäin sisävalmistusvaiheen kanssa, kun viimeistelyvaihe aloitettiin jo valmistuneilta tahtialueilta.

7.1 Suunnittelun haasteet sairaalarakentamisessa

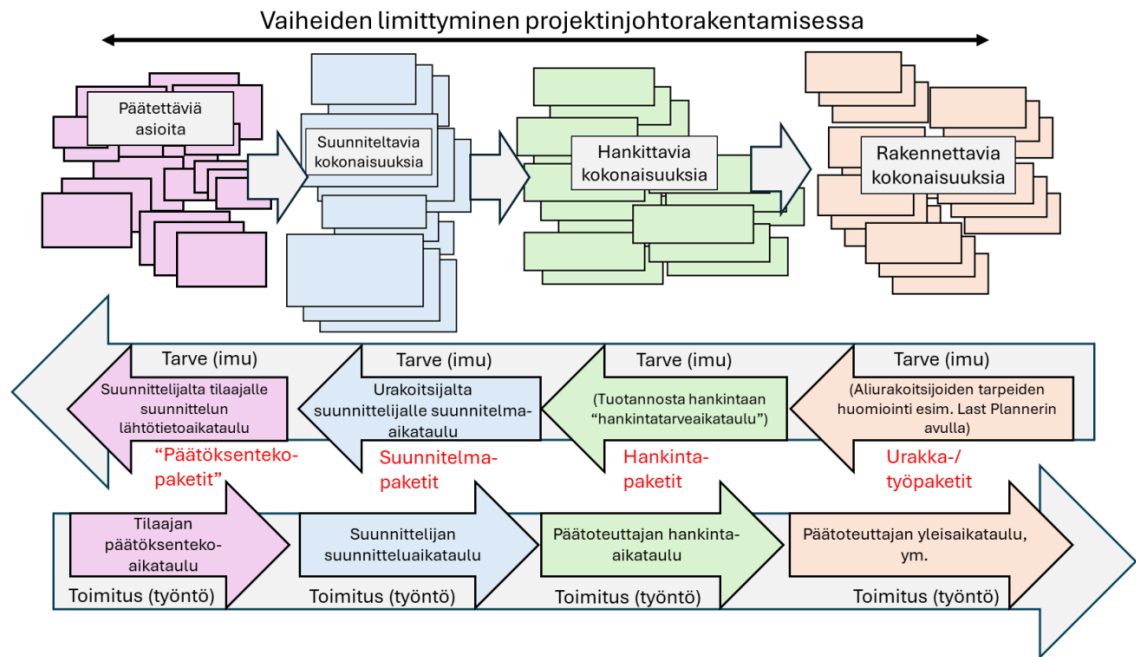
Monimutkainen sairaalahanke sisältää paljon erilaisia vaatimuksia ja määräyksiä. Eri osastojen tarpeet voivat poiketa paljonkin toisistaan. Sairaalat halutaan toteuttaa muuntojoustavasti, mutta esimerkiksi kuvantamistilojen säteily suojaus sekä psykiatrien osastojen potilasturvallisuuden varmistaminen rajoittavat muuntojoustoa. Vaatimukset, määräykset sekä sairaalatekniikka uusiutuvat välillä nopeastikin, joten suunnittelussa sekä suunnittelun ohjauksessa on tunnettava sairaalarakentamista laajasti. (Keskiniva et al. 2025).

Keskinivan ja muiden (2025) tutkimuksen mukaan tahtituotannon aikataulutusta tehdään tahtialueittain, eikä tahtialueet huomioi talotekniikan palvelualueita. Heidän tutkimuksessaan haastatellun talotekniikkasuunnittelijan mukaan talotekniikkasuunnittelua ei voida ajatella tehtäväksi tahtialueittain palvelualueiden ollessa laajempia. Heidän tutkimuksessaan pohditaan myös palvelualueiden pienentämistä, sillä pienempi palvelualue on helpommin yhtenäistettävissä tahtialueisiin. Talotekniikan palvelualueiden pienentäminen saattaa kuitenkin kasvattaa rakennuskustannuksia. (Keskiniva et al. 2025). Myös haastattelututkimuksessa ehdotettiin talotekniikan palvelualueiden pienentämistä paremmin

tahtialueita vastaaviksi. Toisin kuin Keskinivan ja muiden (2025) tutkimuksessa haastateltu suunnittelija, tässä tutkimuksessa haastateltu talotekniikkapäällikkö mielsi mahdolliseksi ja järkeväksi tahtialueiden suunnittelun ennen talotekniikkasuunnittelua. Myös hänen mukaansa tämä voi näkyä rakentamiskustannusten kasvussa. Toisaalta osastointikustannukset pienenevät palvelualueiden ollessa yhtenäisemmät tahtialueisiin nähden.

Case-kohteessa päätös tahtituotannon käyttöönotosta tehtiin vasta rakentamisen alettua. Myöhäinen päätös tahtituotannon käyttöönotosta ei mahdollistanut talotekniikan palvelualueiden yhteensovittamista tahtialueisiin, vaan tahtialueiden suunnittelu tehtiin palvelualueiden ehdoilla. Eri taloteknisten järjestelmien palvelualueet erosivat kuitenkin toisistaan, eikä tahtialueita saatu muodostettua kaikkia järjestelmiä mukaileviksi. Mikäli talotekniikkasuunnittelua ei tehdä tahtialueiden pohjalta, olisi oleellista yhteensovittaa eri talotekniikkajärjestelmien palvelualueet mahdollisimman hyvin.

Suunnitelma-aikataulu laaditaan yleis- tai tahtiaikataulun perusteella ohjaamaan suunnittelutyötä (Ratu KI-6031). Rakennusurakan yleisten sopimusehtojen mukaisesti suunnitelma-aikataulun laadintaan osallistuu sekä tilaaja että pääurakoitsija (YSE §8). Case-kohteessa suunnitelma-aikataulu laadittiin allianssin kesken yhteisesti, mutta suunnittelu-aikataulun laatimisen vastuu jäi suunnittelualoille itselleen. Osalla suunnittelualoista oli haasteita oman suunnittelutyönsä laajuuden ja keston arvioimisessa, jolloin suunnittelu-aikataulusta tuli epärealistinen eikä siinä pysytty. Suunnitelmien myöhäisestä julkaisusta aiheutui ongelmia tuotantoon, kun suunnitelmiin ei ehditty aina perehtyä riittävän ajoissa, jonka vuoksi materiaaleja ei päästy tilaamaan ajoissa. Myöskään suunnitelmien toteutettavuuskelpoisuutta ei tästä johtuen päästy tarkistamaan ajoissa, vaan mahdolliset suunnitelmavirheet huomattiin vasta toteutuksen yhteydessä. Tutkijan havaintojen mukaan suunnittelu-aikataulun yhteensovittaminen tahtituotantoon on edellytys tahtituotannon onnistumiselle. Suunnittelu-aikataulun noudattamista on valvottava ja ohjattava samantyyppisellä tarkkuudella kuin itse tuotantoa. Tarvepohjaista aikataulutusta on tutkittu esimerkiksi Keskinivan ja muiden (2024) toimesta kuvan 21 mukaisesti.



Kuva 21. Päätöksenteon, suunnittelun, hankintojen ja urakoinnin ketjuttuminen tarpeiden ja imun näkökulmista. (Keskiniva et al. 2024).

Keskinivan ja muiden (2024) tutkimuksessa on esitetty vaiheiden limittyminen projektinjohtorakentamisessa, mutta samat tarpeet ja edellytykset pätevät myös allianssirakentamisessa, vaikka hankevaiheet limittyisivät enemmän keskenään. Kuvassa 21 on selkeästi esitetty, että kaikissa vaiheissa tulisi muistaa pitää keskiössä rakentamisen tarve. Tutkimuskohteessa tähän pyrittiin, mutta suunnittelu-aikataulujen epäonnistuttua ei täysin päästy. Kuvassa 21 korostuu myös päätöksen teon merkitys koko prosessin kannalta.

Laadukkaasti tehty suunnitelmien yhteensovitus myös vähentää suunnitelmavirheitä. Tutkimuksen case-kohteessa oli haasteita suunnitelmien yhteensovituksen kanssa erityisesti talotekniikkajärjestelmien välisissä tai talotekniikan ja sairaalalaitteiden välisissä suunnitelmissa. Eräs haastattelututkimuksessa esille noussut ehdotus yhteensovitusongelmien avuksi oli ehdotus pääsuunnittelijan vastuiden jakamisesta yhteensovitusvelvollisuuden varmistamiseksi.

Sekä suunnitelmavirheiden korjaamisen että myöhäisten suunnitelmamuutosten toteutuksen vuoksi joudutaan palaamaan jo valmistuneille tahtialueille. Haastattelujen perusteella tahtituotannon ennustettavuudelta häviää pohja, kun työvaiheita joudutaankin tekemään kahteen kertaan. Aliurakoitsijat resursoivat työtehtäviä tahtituotannon mukaan ja edelliselle alueelle palaamiseen kuluva resurssi on pois jonkin muun sen hetkisen tahtityön suorittamisesta. Jos suunnitelmamuutoksia tai -päivityksiä tulee paljon, resursointi hankaloituu entisestään.

Haastattelujen perusteella onnistunut tahtituotanto on edellytys viimeistelyvaiheen aloittamiselle. Tahtituotannon sekä viimeistelyvaiheen ennustettavuus sekä aikataulutus kärsivät liian myöhäisistä suunnitelmamuutoksista. Haastattelujen perusteella Case-kohteessa suunnitelmamuutoksia ei lopetettu riittävän ajoissa. Haastatellun sairaalakaasurakan valvojan mukaan myöhäisiä käyttäjälähtöisiä suunnitelmamuutoksia vältettäisiin sillä, kun tilaajan vaatimukset käytäisiin läpi aiemmin ja perusteellisemmin sekä tehtäisiin päätökset näiden perusteella. Haastateltavien mukaan myöskään suunnitelmamuutosten lopetuspäätöksessä ei pysytty. Haastattelujen perusteella case-kohteessa suunnitelmapäätöksiä toisinaan vatvottiin edes takaisin, josta aiheutui se, ettei aina tehtyihin päätöksiin voinut luottaa. Päätösten vaikutukset tulisi selvittää perusteellisesti, tehdä päätös taustatyön perusteella sekä pysyä siinä.

Rakennuksen muuntojoustosuunnitelmassa kiinteän ja muuntuvan osan määrittely voi auttaa suunnitelmamuutosten lopetukseen. Kiinteä osa voi sisältää esimerkiksi käytävien talotekniikka-asennukset ja muuntuva osa potilashuoneiden. Tällöin kiinteän osan suunnitelmaratkaisut lukitaan ensin ja muuntuvan osan myöhemmin. (Keskiniva et al. 2025). Tätä käytettäessä käytävien tahtiasennukset tehtäisiin ennen huoneita. Tämä ei kuitenkaan ratkaise haastattelututkimuksessa esiintynyttä ongelmaa talotekniikkaurakoiden tahtialueiden epätasaisuudesta ja optimoinnista. Vaativa toimitilahanke, kuten sairaala, sisältää esimerkiksi käytävillä, leikkaussaleissa ja heräämössä paljon talotekniikkaa verrattuna esimerkiksi potilashuoneisiin tai toimistotiloihin.

7.2 Sairaalahankkeen organisointi

Vaativa toimitilahanke, kuten sairaalahanke, vaatii monimutkaisuutensa vuoksi myös monenlaista osaamista. Urakoitsijan työmaaorganisaatioon vaikuttaa merkittävästi esimerkiksi kohteen laajuus, vaativuus, toteutusmuoto ja alihankinta-aste (RIL 262-2014). Suuressa ja vaativassa sairaalahankkeessa työmaaorganisaationkin on vastattava hankkeen laajuuteen ja sisällettävä riittävästi erityisalojen osaamista. Rakennushankkeen hyvä lopputulos edellyttää myös toimivaa tilaaja- ja valvontaorganisaatiota (RIL 262-2014). Sairaalakohteessa tilaajan on tunnettava riittävästi sekä vaativan hankkeen rakennuttamista että sairaalan erityispiirteitä. Haastattelututkimusten tulosten perusteella tilaaja on lähtenyt case-kohteen hankkeeseen liian suppealla organisaatiolla. Hankkeen laajuuden ja vaativuuden vuoksi olisi ollut hyvä olla useampia rakennuttamisen asiantuntijoita. Haastatteluissa ilmeni myös, että tilaajan talotekniikkajärjestelmien valvojat tulisi ottaa mukaan hankkeeseen jo suunnitteluvaiheessa. Olisi myös ollut hyödyllistä, että tilaajalla olisi ollut oma sairaalalaitteasiantuntija.

Haastattelututkimuksessa merkittäväksi asiaksi nousi resursoinnin suunnittelun tärkeys. Vastuunjaot on tehtävä järkevästi ja riittävän selkeästi, jottei liikaa tietoa ja työtä kasaannu yksittäisille henkilöille. Haastatteluissa ehdotetaan litterapohjaista työnjakoa vastuun tasaamiseksi, kun esimerkiksi aloituspalaverit jakautuisivat tasaisemmin eri henkilöille hoidettavaksi. Litteravastuu olisi tärkeä etenkin erikoisemmissa urakoissa, kuten puhdastiloissa, kiinteissä sairaalalaitteissa sekä oviympäristössä. Vastuu KSL-urakoista pitäisi olla tietyllä/tietyillä henkilöillä kerrosvastuun sijaan. KSL-urakkavalvojan olisi hyvä tuntea valmiiksi sairaalajärjestelmiä ja olla mukana hankkeessa jo suunnitteluvaiheesta alkaen. Näin henkilö pystyisi perehtyä urakoihin jo suunnitteluvaiheessa ja osallistua KSL-urakoiden tuotannon suunnitteluun ja aloituspalaveriin. KSL-urakkavalvojalla voisi olla vastuu myös puhdastiloista. Toisena kokonaisuutena haastatteluissa nousi esiin vastuu oviympäristöstä, johon kuuluisi kokonaisuudessaan kaikki oviin, lukitukseen ja kulunvalvontaan liittyvä. Tutkijan mielestä tietyillä urakoilla olisi kuitenkin kaikilla hyvä olla vähintään kaksi vastuuhenkilöä, jotta tieto ei jää vain yhden ihmisen varaan esimerkiksi loma-aikoja ajatellen tai vastuuhenkilön poistuessa hankkeelta.

Sairaalahankkeessa, kuten muissakin vaativissa toimitilahankkeissa, aikataulujohtaminen on oltava koordinoitua ja järjestelmällistä. Tutkimuskohteessa aikataulujohtamista tehtiin portaittain, joka on esitetty kuvassa 22.



Kuva 22. Tutkimuskohteen aikatauluorganisaatio viimeistelyvaiheessa

Luovutusvaiheen aikataulun onnistumisen kannalta kriittisimmät roolit aikatauluorganisaatiossa olivat aikataulujen projektipäällikkö, rakennuskohtaiset aikatauluinsinöörit sekä urakkavalvojat. Aikatauluista vastaavan projektipäällikön vastuulle kuului koko hankkeen aikataulun suunnittelu sekä sen hallinta. Projektipäällikön vastuulle kuului myös vastaanottovaiheen tilanteesta raportointi sekä viestintä. Allianssiorganisaation viestintää tehtiin myös vastaanottovaiheen koordinaatioryhmän toimesta, johon kuului

myös äsken mainittu projektipäällikkö. Viikko- ja tehtävätasolla tuotannon valvontaa ja ohjausta suorittivat rakennuskohtaiset aikatauluinsinöörit. Heidän vastuulleen kuului aikatauluseuranta, aikataulupalaverien vetovastuu, aikataulujen yhteensovitus ja aikataulupoikkeamien havainnointi sekä niihin reagointi. Päivätasolla tuotannon ohjausta tekivät urakkavalvojat omien vastuualueidensa tai -urakoidensa osalta. Heille kuului myös esimerkiksi viikoittaiset alueiden tarkastukset. Viimeistelyvaiheessa talotekniikkaurakoitsijoiden tehtävien merkitys korostui toimintakokeiden ja järjestelmien käyttöönoton kannalta. TATE-päälliköt- sekä urakkavalvojat varmistivat toimintakokeiden edellytyksiä yhdessä urakoitsijoiden kanssa esimerkiksi toimintatarkastuskierrosten avulla. TATE-päälliköt sekä aluevastaavat puuttuivat aikatauluongelmiin, mikäli niitä ei aikatauluinsinöörien, urakkavalvojien ja aliurakoitsijoiden kanssa saatu korjattua.

Toimiva prosessi on aikataulujohtamisen edellytys, mutta se ei yksinään riitä. Organisaatioon on löydettävä oikeat henkilöt oikeisiin tehtäviin ja case-kohteessa tässä onnistuttiin melko hyvin. Esimerkiksi aikataulupäällikön tehtävässä on tunnettava laajasti eri järjestelmiä sekä osattava priorisoida tehtäviä ja yhteensovittaa niiden avulla aikataulua. Aikatauluinsinöörin on tunnettava tehtävien edellytykset, uskallettava puuttua välittömästi poikkeamiin ja osattava reagoida niihin oikealla tavalla. Urakkavalvojien puolestaan on huomattava riittävällä tarkkuudella mahdolliset poikkeamat ja raportoitava näistä eteenpäin.

Suuressa ja vaativassa hankkeessa myös aliurakoitsijoiden työnjohtoresurssi on suhteutettava hankkeen laajuuteen. Case-kohteessa eri rakennusten palaverit saattoivat etenkin kiireiseen aikaan sijoittua päällekkäin, joten yhden työnjohtajan ei ollut mahdollista osallistua kaikkiin palavereihin samanaikaisesti. Kuten pääurakoitsijan osalta, myös aliurakoitsijoiden osalta on tärkeää, että myös loma- tai sairauslomatuurausten ajaksi on työmaan tunteva ammattitaitoinen henkilö paikalla. Osalla läpileikkaavista aliurakoitsijoista oli eri rakennuksille omat työnjohtajat, osa taas oli ratkaissut ongelman vastuuttamalla eri nokkamiehiä eri rakennuksille ja osa yritti pärjätä yhdellä työnjohtajalla, joka heijastui tuotantoon työnjohtovelvoitteiden laiminlyönteinä. Etenkin talotekniikkaurakoitsijoiden on varattava riittävä resurssi myös viimeistelyvaiheeseen. Sairaalakohhteessa on viimeistelyvaiheessa paljon toimintakokeita, joten rakennusautomaatiourakoitsijalla (RAU) olisi syytä olla useampi työnjohtoresurssi yhden ollessa kiinni toimintakokeissa. Talotekniikkaurakoitsijoiden on varattava resurssia myös toimintakokeissa ilmenevien virheiden ja puutteiden korjauksiin.

Tutkimuksen empiriaosion perusteella suunnittelun ohjauksen tulee olla organisoitua. Kohdehankkeessa pääurakoitsijan rakennusurakoiden suunnittelun ohjausta tehtiin tiet-

tyjen henkilöiden toimesta koordinoitusti. Talotekniikan suunnittelunohjauksesta puolestaan vastasivat pääurakoitsijan talotekniikkapäälliköt ja -urakkavalvojat. Haastattelujen perusteella myös TATE-puolelle tarvittaisiin erillinen suunnittelunohjaaja organisoimaan TATE-suunnittelua läpileikkaavasti vieden hyviä käytäntöjä eteenpäin rakennusten välillä. Aihetta on käsitelty myös kirjallisuudessa. Keskinivan ja muiden (2025) tutkimuksessa rakennusalaalla on koettu ongelmaksi talotekniikan suunnittelunohjauksen organisointi ja vastuunjako. Etenkin vaativiin hankkeisiin tarvittaisiin erillinen henkilö organisoimaan talotekniikan suunnittelunohjausta. (Keskiniva et al. 2025).

Haastattelututkimuksen perusteella myös tuotannon toimihenkilöt tulisi saada paremmin osaksi allianssia. Case-kohteessa tuotanto ei ole integroitunut allianssiosapuoleksi samoin kuin muut osapuolet. Haastattelun suunnittelupäällikön mukaan tämä näkyi esimerkiksi siinä, että tuotannon väkeä oli toisinaan vaikea saada osallistumaan suunnitelmakatselmuksiin. Tähän liittyy myös tiimien välisten toimintatapojen yhtenäistäminen, jota olisi case-kohteessa tarvittu. Tutkimuksen empiirisessä osiossa selvisi, että pääurakoitsijan osalta rakennusten ja tiimien väliset erot näkyivät liikaa toiminnassa, mistä aiheutui epäselvyyttä hankkeen eri osapuolille. Jatkuvaan parantamiseen pyrittäessä on standardeitav yhtenäiset toimintatavat, joita analysoidaan sekä päivitetään yhteisesti PDCA-mallin mukaisesti (Salminen 2021). Jatkuvaan parantamiseen voidaan pyrkiä myös Tiensuun (2018) ehdottamalla tavalla järjestää ekskursionia hankkeiden välillä. Näiden tarkoituksena on saada jaettua tietoa ongelmista ja niiden ratkaisusta. (Tiensuu 2018).

7.3 Tahtituotanto sairaalarakentamisessa

Hagshenon ja muiden (2016) mukaan tahtituotanto on suoraviivaisemmin toteutettavissa toistuviin kohteisiin. Toistumattomiin kohteisiin, kuten sairaalarakentamiseen, voidaan luoda toistuvuutta tahtialueiden muodostamisella, työpakettien vakioimisella sekä tahtiajalla. Tahtituotannon ehtona ei siis ole samanlaisten tilojen toistuvuus, vaan tasainen ja ennakoitava töiden eteneminen tahtialueiden välillä. (Hagsheno et al. 2016). Tutkimuksen empiirisen osion perusteella tahtituotanto sopii hyvin sairaalarakentamiseen pitäen monimutkaisen kokonaisuuden helpommin hallittavana. Se parantaa hankkeen ennustettavuutta sekä mahdollistaa tarkemman tason tuotannon valvonnan. Sairaalarakennukset sisältävät paljon toistumattomia järjestelmiä ja laitteita, joiden asennus on yhteensovittava muuhun tahtiaikatauluun.

Tahtituotanto luo hyvät edellytykset viimeistelyvaiheen aloittamiselle. Tutkimuksen kohdehankkeessa viimeistelyvaiheen ja sisävalmistusvaiheen aikataulut saatiin limitettyä tahtituotannon avulla, kun alueiden rakennustyöt valmistuivat pienemmissä osissa. Tah-

tituotanto velvoittaa ja mahdollistaa tarkastamaan alueet pienemmissä osissa ja tarkastusten tarkkuudella on suuri vaikutus tarkastuksen hyötyyn. Tutkimuksessa haastatellun työmaapäällikön mukaan töiden valmiiksi saattaminen on kiinni pääurakoitsijan hyväksymis- ja puuttumiskynnyksestä. Pääurakoitsijan on pidettävä kiinni vaatimustasosta heti tahtitarkastusten alkaessa.

Toistumattomat, yksittäiset urakat olisi järkevää asentaa tahtiaikataulun ulkopuolella. Tällaisia urakoita ovat esimerkiksi puhdistilojen sekä kiinteiden sairaalalaitteiden asennukset. Sairaalalaitteiden urakoiden pilkkoutuessa pieniin osiin, saattaa laitteiden asennuskustannukset nousta. Sairaalalaitteet ovat arvokkaita ja herkkiä rikkoontumiselle, joten liian aikainen asennus lisää riskiä rikkoontumiselle. Puhdistilat tulisi myös aikatauluttaa erikseen toteutettavaksi, kuitenkin yhteensovittaen mahdollisuuksien mukaan tahtiaikatauluun esimerkiksi talotekniikka-asennusten osalta. Keskinivan ja muiden (2023a) mukaan rikkoontumisriskin lisäksi sairaalalaitteet ovat arvokkaita ja nopeasti uusiutuvia, joten tilaajan osalta niiden hankintaa halutaan usein venyttää myöhään. Sairaalalaitteiden hankintaa ei voida kuitenkaan pitkittää liikaa, jotta niiden vaatimien hyödykkeiden lähtötiedot saadaan suunnitteluun ajoissa. (Keskiniva et al. 2023a). Sairaalalaitteiden vaatimat talotekniikka-asennukset tehdään tahtiaikataulun mukana, ellei muuta ole sovittu. Kohdehankkeessa esimerkiksi kuvantamistilojen asennukset oli tarkoitus tehdä tahtiaikataulun mukaisesti, mutta kuvantamislaitteiden lähtötietoja ei saatu ajoissa ja lopulta kuvantamistilat kokonaisuudessaan irrotettiin tahtiaikataulusta.

Tahtituotanto luo suurelle hankkeelle toistuvuutta muun muassa viikkorutiinien ohella. Viikoittain toistuva palaverirytmiluo rutiinia tekemiselle sekä helpottaa allianssin eri osapuolten oman työn aikataulutusta. Vaherin (2022) mukaan viikkorytmi on suunniteltava siten, että se tukee tahtituotantoa mahdollisimman hyvin. Haastateltavat kokivat Casekohteen viikkokellon hyödylliseksi tahtituotannon kannalta ja korostivat sen noudattamisen tärkeyttä. Palaverimäärän kasvaessa suureksi on kuitenkin mietittävä, keiden on osallistuttava mihinkin palaveriin ja jaettava vastuuta sen suhteen.

Case-kohteessa pidettyjä joka-aamuisia nokkamiespalavereita voidaan verrata Keskinivan ja muiden (2023b) käsittelemään päivittäiseen tahtipalaveriin. Se on päivittäin pidettävä lyhyt tapaaminen, jonka tarkoituksena on löytää mahdolliset aikataulupoikkeamat ja löytää niille korjaavat toimenpiteet mahdollisimman pian. Palaverin tarkoituksena on käydä läpi tahtiaikataulua visuaalisesti sekä kirjata töiden muuttuneet statukset. (Keskiniva et al. 2023b). Haastattelututkimuksen perusteella nokkamiespalaverit ovat ehdoton tahtituotannon valvonnan ja ohjauksen työkalu.

Viikkokellosta on oleellista varata riittävästi aikaa tahdin luovutustoimenpiteille (Vaheri 2022). Case-kohteessa tarkastusten aikavaraukset olivat toteutettu, kuten Vaherin (2022) tutkimuksessa on esitetty. Joka aamu sekä iltapäivä on aikavaraus työmaakerrokselle sekä päivittäiselle dokumentoinnille. Perjantait ovat varattu tahdin luovutus- ja vastaanottoimenpiteille. Case-kohteessa urakoitsijat suorittivat kuluvan viikon tahtialueiden itselleluovutukset sekä seuraavan viikon tahtialueiden mestan vastaanotot itsenäisesti Congrid-sovellukseen. Pääurakoitsijan urakkavalvojat tekivät pääurakoitsijan tarkastukset valmistuneille alueille perjantaisin. Vaherin (2022) tutkimuksen mukaisesti edellisen ja seuraavan alueen työryhmä tai työnjohto tarkastavat mestat yhdessä pääurakoitsijan urakkavalvojan kanssa sekä varmistavat seuraavien alueiden aloitusedellytykset. Tällöin pääurakoitsijan tarkastus tehdään kyseisen tarkastuskierroksen yhteydessä. (Vaheri 2022). Tällaisella yhteisellä tarkastuksella saadaan Congrid-havaintojen määrää vähennettyä, mutta tarkastuskierroksille on saatava kaikki asianosaiset samanaikaisesti paikalle. Tämä voi olla suuressa hankkeessa hankala toteuttaa, kun tarkastettavia alueita on useita. Toisaalta urakoitsijoiden työnjohtajien tarkastustaakka kevenee tällä menetelmällä, jos työryhmät suorittavat seuraavien alueiden mestan vastaanotot.

Haastattelututkimuksen perusteella case-kohteen työmaan aukioloajat olivat riittävät tahtitöiden kiinniottoihin iltavuorojen tai viikonloppujen avulla. Haastateltavien mukaan iltavuoroja ei kuitenkaan hyödynnetty riittävästi. Vaherin (2022) tutkimus tukee ajattelua, että poikkeamat on kirittävä tahtiajan sisällä esimerkiksi ilta- tai viikonlopputöiden avulla, jotta seuraavalla tahdille saavutetaan aloitusedellytykset ajoissa. Case-kohteessa olisi pitänyt puuttua tahtipoikkeamiin vieläkin pienemmällä kynnyksellä ja tiheämmin eikä vain seuranta- tai aikataulupalaverien aikaan.

Seurantalaverit koettiin haastatteluissa erittäin hyödylliseksi puuttumistavaksi aikataulupalaverien ohella. Seurantalavereissa aikataulu- ja laatu-poikkeamia käsiteltiin urakoitsijakohtaisesti ja pääurakoitsija auttoi aliorakoitsijaa esimerkiksi kiinniottosuunnitelman laatimisessa. Seurantalaverit pyrittiin järjestämään läpileikkaavien urakoitsijoiden kohdalla kaikkien rakennusten kesken, jotta rakennuskohtaiset kiinniottosuunnitelmat on yhteensovittavissa. Osa haastateltavista piti seurantalaveria jopa keskeisimpänä keinona aikataulupoikkeamiin puuttumiseen. Seurantalaverikäytäntöä jatkettiin, kunnes aikataulu on saatu otettua kiinni. Joidenkin haastattelujen perusteella on hyödynnettävä rohkeammin tarvittaessa reklamaatiokäytäntöjä, mikäli seurantalavereidenkaan avulla ei saada aikataulua kurottua kiinni.

Case-kohteessa oli tehtävien välillä puskuriviikkoja sekä loma-aikoina tahtijunat pysäytettiin. Iltavuorojen lisäksi myös näitä ajankohtia oli mahdollista hyödyntää töiden kiin-

niottoihin. Urakoitsijat eivät mahdollisesti aina ymmärtäneet, miten keskeneräisiä työt olivat ja mitä vaikutusta sillä on seuraavien urakoitsijoiden töihin. Eräs kokeilemisen arvoisa ehdotus tähän voisi olla aikataulu- tai seurantalaverin yhteydessä tehdä kiinniotto-suunnitelmat Last Planner Systemin avulla laputtamalla. Aliurakoitsijan kiinniotto-suunnitelmassa esitetään toimenpiteet, kuten työjärjestys ja resursointi, aikataulun kiinnioton saavuttamiseksi. Tämän menetelmän vahvuus on visuaalisuus, joka auttaa hahmottamaan myöhästymisen seurauksia.

Tutkimuksen case-kohteessa urakoitsijat olivat sitoutettuja noudattamaan tahtituotantoa. Tahtituotantoon sitoutumisesta oli sovittu urakkasopimuksissa sekä sakolliset välitavoitteet ja maksuerät oli sidottu tahtiaikataulun etenemiseen. Sopimuksissa on mainittu myös mestan vastaanottojen ja itselle luovutusten suoritusvelvoitteista. Aloituspalaverissa oli myös sovittu, mihin kokouksiin ja tilaisuuksiin urakoitsijoiden on sitouduttava. Toimintatutkimuksen perusteella tutkimuskohteessa ei riittävällä tasolla valvottu aliurakoitsijoiden velvollisuuksien täyttymistä eikä velvollisuuksien noudattamatta jättämiseen puututtu riittävästi.

Sairaalakohteessa tahtialueiden tasapainotus on tehtävä huolellisesti. Eri alueet kuitenkin sisältävät eri urakoiden osalta eri määrän työtä, joten täysin tasaisiksi niitä tuskin sairaalakohteessa on mahdollista saada. Tahtialueiden epätasaisuus on tunnistettava ajoissa, jotta suuriin alueisiin on mahdollista varautua etukäteen esimerkiksi resursoinnin avulla. Myös Frandson ja muut (2014) ehdottavat resurssin lisäämistä keston yhteensovittamiseksi tahtiin. Resurssin viikoittainen vaihtelu ei välttämättä ole mahdollista, jos tahtialueiden välillä on suurta vaihtelua. Suurten alueiden osalta työpaketti on mahdollista jakaa perus- ja sivutyöhön, josta perusosa tehdään tahdin mukana varmistaen seuraavan urakan aloitusedellytykset ja sivutyö tehdään tahdin jälkeen. Näin saadaan säilytettyä tahdin rytmi samana, kun seuraava urakoitsija pääsee aloittamaan työnsä ajoissa. (Frandson et al. 2014).

Tahtialueiden epätasaisuuteen auttaa myös riittävä ”väistömestojen” määrä, joilla tarkoitetaan tahdin ulkopuolisia töitä. Väistömestojen avulla urakoitsija pystyy resursoimaan työmaalle enemmän asentajia. Väistömestojen asennuksia tehdään pienempitöiden tahtien aikana, kun taas suurten tahtialueiden aikana pystytään kaikki resurssi hyödyntämään niiden tekemiseen.

Tahtialueiden välistä epätasapainoa voidaan myös tasoittaa työpakettien sisältöjä muuttamalla. Toistuvat pienet työvaiheet voidaan yhdistää yhdeksi työpaketiksi tai tarvittaessa pilkkoa toistuvia suuria työpaketteja useampaan eri työpakettiin ja tahtivaunuun. (Hagsheno et al. 2016). Case-kohteessa on tutkimuksen perusteella ilmennyt ongelmia

työpakettien sisältöjen selkeydessä. Saksan mallin mukaisesti mikrotasolla työpaketteja tarkennetaan määrittelemällä työvaiheiden tarkat sisällöt yhdessä aliurakoitsijoiden kanssa (Dlouhy et al. 2016). Työpakettien sisällön määrittelyä tehtiin osan urakoitsijoiden kanssa yhteisesti, mutta ei kuitenkaan osallistettu kaikkia urakoitsijoita tähän. Työvaiheiden selkeyden kannalta tämä olisi ollut oleellista. Ongelmat työpakettien selkeydessä paljastuvat viimeistään viimeistelyvaiheessa tekemättöminä työvaiheina.

Matto- ja massalattiahtien päällekkäisyys aiheutti haastetta toteutettavuuden kannalta. Jälkikäteen ajateltuna olisi kannattanut tehdä eri urakoitsijan lattiat eri vaunun mukaan. Ensin olisi mattoasennustahti, jota seuraisi seuraavalla viikolla massalattia-asennus. Näin lattiasaumakin saataisiin kerralla siistiksi. Myöskään massalattioiden pohjatöitä ei ollut selkeästi määritelty omiksi työpaketeikseen tai työvaiheiksi työpakettien sisälle.

Toistumattomista urakoista etenkin kiinteät sairaalalaitteet (KSL), puhdastilat sekä jotkin sairaalatekniikkaan liittyvät TATE-järjestelmät olisi syytä aikatauluttaa tahtiaikataulun ulkopuolelle. Tahtiaikataulun mukana voi olla kannattavaa tai mahdollista tehdä jotkin KSL-kannakoinnit tai toistuvat KSL-järjestelmät. KSL-asennusten yhteyteen on tärkeää aikatauluttaa omiksi tehtävikseen laitteisiin liittyvät TATE-asennukset. KSL-laitteet tarvitsevat aina vaihtelevan määrän talotekniikkaa ja tämä on syytä selvittää aikataulusta. Laitteet sisältävät vielä paljon työtä laiteasennuksen jälkeen käyttökuntoon saattamiseksi. Sairaalalaitteiden aikataulutuksessa on huomioitava myös niiden vaatima puhtausluokitus sekä arvokkaiden laitteiden rikkoontumisriski. Esimerkiksi case-kohteessa kuvantamistilat olisi kokonaisuudessaan kannattanut alusta alkaen toteuttaa tahdin ulkopuolella.

7.4 Viimeistelyvaiheen kehityskohdat sairaalarakentamisessa

Tiensuun (2018) mukaan suuret sairaalahankkeet ovat aina uniikkeja, eivätkä kaikki samat käytännöt sovi seuraaviin hankkeisiin. Viimeistely- ja luovutusvaiheen kehitystä on tehtävä ennaltaehkäisevästi, sillä luovutusvaiheessa vaikutusmahdollisuudet etenkin suurempiin ongelmiin ovat pienet (Tiensuu 2018).

Viimeistelyvaiheen tuotannon ja aikataulun suunnitteluun on osallistettava riittävästi eri alojen asiantuntijoita, kuten kiinteiden sairaalalaitteiden (KSL) ja talotekniikan (TATE) asiantuntijoita. Talotekniikan toimintakokeiden onnistuminen on tärkeässä osassa viimeistelyvaiheen onnistumisesta. Viimeistelyvaiheen suunnittelu on aloitettava riittävän ajoissa, jotta aikataulua ehditään vielä iteroida paremmaksi. Myös Tiensuun (2018) tutkimuksen mukaan luovutusvaiheen aikataulutus on aloitettava heti, kun sisävalmistusvaiheen aikataulu on julkaistu. Tutkimuskohteessa aikataulun laadinta aloitettiin ajoissa,

mutta henkilöstövaihdoista johtuen luovutusvaiheen suunnittelua ei päästy tekemään täyspäiväisesti, kuten Tiensuu (2018) tutkimuksessaan ohjeistaa.

Case-kohteessa luovutusvaihetta päätettiin aikaistaa kolmella kuukaudella rakentamisen aikana. Tästä aiheutui ongelmia esimerkiksi jo laadituille KSL-aikatauluille ja urakoitsijoiden oli vaikea pystyä sitoutumaan aikaistukseen, kun aiemmat aikataulut olivat jo lyöty lukkoon esimerkiksi tehtaiden kanssa. Haastattelututkimuksen mukaan KSL-aikataulu olisi hyvä olla valmiina aikaisessa vaiheessa, jolloin sen avulla voidaan myös ohjata tilaajan KSL-hankintoja. Liian myöhäisestä luovutusvaiheen aikataulutuksesta voi myös aiheutua myöhästyminen aikataulusta jo ennen aikataulun julkaisua. Luovutusvaiheen aikataululle sopiva julkaisuajankohta on 6–12 kk ennen toimintakokeiden aloitusta. (Tiensuu 2018). Tutkimuskohteessa aikataulun kommentointiversio julkaistiin tammi-kuussa 2024 ja lopullinen versio huhtikuussa 2024, kun ensimmäiset toimintakokeet olivat elokuussa 2024. Sairaalahankkeessa sopiva ajankohta luovutusvaiheen aikataulun julkaisulle olisi lähempänä vuotta, jotta aikatauluun jää riittävä aika valmistautua.

Viimeistelyvaiheessa tuotannon valvonnan ja -ohjauksen merkitys kasvaa. Sitä on tehtävä vähintään yhtä huolellisesti ja säännöllisesti kuin tahtituotannon yhteydessä. Tutkimuskohteessa aliurakoitsijat tekivät asennusten itselleluovutukset vaiheittain tahtiaikataulun mukaisesti. Pääurakoitsijan työnjohto tarkasti tahtiaikataulun mukaisesti asennukset. Viimeistelyvaiheessa oli vielä uudet tarkastuskierrokset, joissa tarkastettiin toimintakoealueittain kaikki työt. Tiensuun (2018) mukaan pääurakoitsijan on käytävä tilaajan ja valvojien kanssa tarkastusmenetelmät, niiden aikataulu ja sisällöt läpi jo rakentamisaikana. Case-kohteessa eräs viimeistelyvaiheen ongelma oli, kun tilaajan tarkastukset päädyttiin tekemään eriaikaisesti pääurakoitsijan tarkastusten kanssa. Tämän vuoksi urakoitsijoille aikataulutetut korjausviikot eivät pitäneet tilaajan tarkastusten osalta paikkaansa, vaan jo korjatuille alueille saatettiin joutua palaamaan. Tilaajan tarkastukset tulisi yhteensovittaa pääurakoitsijan tarkastuksiin toimintakoealueittain.

Pääurakoitsijan tarkastukset tehtiin kahdessa osassa, joista ensimmäinen sisälsi kaikki lattiapintojen yläpuolisten asennusten tarkastukset. Lattiasuojat poistettiin toimintakoevalmiuden P1-siivousten yhteydessä ja toinen tarkastuskierros oli toimintakokeiden jälkeen, jonka yhteydessä tarkastettiin lattiat. Tarkastukset suoritettiin Congrid-järjestelmään, johon virheistä ja puutteista luotiin tehtävähavainnot aliurakoitsijoille. Tarkastuksia seurasi korjausviikot. Kullekin TK-alueelle oli varattu korjausaikaa yhdestä kolmeen viikkoon alueen laajuudesta riippuen. Korjausajoissa jäätin jälkeen jo heti ensimmäisillä toimintakoealueilla, eikä tähän pääurakoitsijan toimesta puututtu liian tiukasti. Aikataulu-poikkeamiin on puututtava välittömästi (Tiensuu 2018). Aliurakoitsijan vastuulla on var-

mistaa työn aikataulun pitävyys, mutta pääurakoitsijan vastuulla puuttua, mikäli poikkeamia esiintyy. Case-kohteessa poikkeamiin puututtiin Congridiin annettujen aikarajojen lisäksi myös aikataulu- ja seurantalaverikäytännöllä sekä järjestämällä laatuinsinöörin toimesta urakoitsijakohtaisia työmaakerroksia, joissa käytiin läpi avoimet tehtävähavainnot. Mikäli useilla eri toimenpiteillä ei saada tulosta, on laiminlyönteihin puututtava sopimusten mahdollistamalla sanktiolla.

Sairaalahanke sisältää paljon eri talotekniikkajärjestelmiä, jonka vuoksi toimintakokeita on paljon. Toimintakokeiden järkevä aikataulutus mahdollistaa niiden sujuvan toteutuksen. Toimintakokeille on hyvä varata aikatauluista myös varapäiviä, mikäli niitä joudutaan uusimaan. Haastateltavat olivat tyytyväisiä Case-kohteen tahdistettuun toimintakoeaikatauluun, kun toimintakokeet etenivät tietyssä syklissä. Mahdollisille toimintakokeiden virheille- ja puutteille on varattava etenkin RAU:n osalta riittävästi aikaa ja resursseja. Sairaalakaasujen testaukset on aikataulutettava alueittain siten, että alueittain suoritetaan useita eri testauksia kerralla. Sairaala on luovutettava käyttövalmiina ja testattuna, mutta sairaalakaasujen osalta nestemäisen hapen säiliön mahdollinen tyhjennys on huomioitava, jos testaukset suoritetaan paljon ennen sairaalan käyttöönottoa. Säiliötä ei voi jättää täyteen käyttämättä sitä. Myös muiden TATE-järjestelmien mittausaikataulut on suunniteltava ja tarkennettava yhdessä TATE-asiantuntijoiden tai -urakoitsijoiden kanssa.

Kiinteiden sairaalalaitteiden asennusten ja kytkentöjen yhteydessä on huomioitava niiden valmistuminen ajoissa ennen käyttöönottotarkastuksia ja toimintakokeita. KSL-aikataulu on yhteensovittettava sekä sisävalmistusvaiheen että viimeistelyvaiheen aikatauluun. KSL-laitteiden asennus vaatii työmaalta riittävän puhtaustason, mutta asennuksia ei ole kuitenkaan kannattavaa tehdä liian etupainoisesti. KSL:n testauksia ja toimintakokeita aikataulutettaessa on puolestaan huolehdittava, että tarvittavat talotekniikka järjestelmät ovat testattu ja käyttöönotettu. Tiettyjen KSL-laitteiden, kuten magneettikuvantamislaitteen asennus on aikataulutettava siten, että se on välittömästi työmaalle saavuttua kytkettävissä sen vaatimiin talotekniikkajärjestelmiin. Case-kohteessa näiden MRI-laitteiden asennus on aikataulutettu vasta noin puoli vuotta kohteen luovutuksen jälkeen. Tietyille KSL-laitteille toteutetaan toimintakokeiden jälkeen validoinnit ennen käyttöönottoa. KSL:n validointiaikataulu on suunniteltava siten, että laitteet ovat yhtäjaksoisesti toiminnassa, eikä esim. Black Out -testejä voida ajoittaa tälle ajanjaksolle.

Validointien toteutus on suunniteltava kunnolla. Validointeihin vaaditaan tiloilta puhautta, ja mikäli validoinnit aloitetaan työmaan ollessa käynnissä, on validointien juridinen

puoli varmistettava ensin. Validointeja suoritetaan erikseen sekä KSL-laitteille, että puhdastiloille. Työmaalla käytettävää varustusta ei voida puhtaussyistä käyttää validoitavissa tiloissa ja tilat on eristettävä muusta työmaa-alueesta selkeästi.

Viimeistelyvaiheessa KSL- ja TATE-urakoitsijat järjestävät tarvittavalle tilaajan & käyttäjän henkilöstölle käytönopastukset, joiden tarkoituksena on varmistaa laitteiden tarkoituksenmukainen käyttö. Case-kohteessa tilaaja videoi ja tallensi käytönopastustilaisuuDET, jotta näihin voidaan tarvittaessa palata myöhemmin esim. uuden henkilöstön kanssa.

7.5 Tutkimuksen luotettavuuden arviointi

Tärkeä osa tutkimuksen suorittamista on arvioida tutkimuksen luotettavuutta. Luotettavuuden arvioinnilla selvitetään käytettyjen tutkimusmenetelmien sopivuutta tutkimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tutkimus on aina versio, johon vaikuttaa esimerkiksi tutkittu hanke ja tutkijan näkemys, eikä tutkimuksella voida saavuttaa täysin objektiivista tietoa. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006).

Tämä tutkimus suoritettiin laadullisten tutkimusmenetelmien avulla. Tutkimuksessa käytettyjä tutkimusmenetelmiä olivat kirjallisuustutkimus sekä toimintatutkimus, joka sisälsi tutkijan oman empiirisen tutkimuksen sekä haastattelututkimuksen. Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttaa kirjallisuus- sekä toimintatutkimuksen laajuus. Tutkijan mielestä sekä kirjallisuus- että toimintatutkimus vastasivat diplomityössä vaadittua laajuutta.

Kirjallisuustutkimuksessa pyrittiin hyödyntämään vertaisarvioituja kirjallisuuskirjoituksia. Joistakin tutkimuksen aiheista ei ole juurikaan löytynyt vertaisarvioitua tieteellistä kirjallisuutta on päädytty käyttämään muita artikkeleita sekä opinnäytetöitä. Tieteellisistä artikkeleista on löytynyt ajantasaisempaa tietoa esimerkiksi lehtiin sekä tahtituotantoon liittyen. Konferenssiartikkeleihin viitattaessa on kuitenkin huomioitava artikkelin kirjoittajien pätevyys aiheeseen. Joistakin yksittäisistä spesifeistä aiheista tutkimuksessa on päädytty viittaamaan AMK-opinnäytetyöhön tai yrityksen nettisivuun. Näitä viittauksia tehdessä on pyritty arvioimaan kirjoittajan asiantuntijuutta sekä motiiveja. Englanninkielisten lähteiden käännöksessä on pyritty huolellisuuteen asiavirheiden välttämiseksi, mutta käännöstyön yhteydessä on mahdollisuus virheiden sattumiseen.

Empiirisen osion toimintatutkimuksessa kerrotaan tutkijan omaa näkökulmaa case-kohteen toteutumiseen, joten tieto on subjektiivista. Tutkimustietoa case-kohteesta on pyritty saamaan objektiivisemmaksi haastattelututkimuksen avulla, jossa haastateltiin yhteensä kahtatoista case-kohteesta eri tehtävissä työskennellyttä henkilöä. Haastattelututkimuk-

sen luotettavuutta pienentää haastateltavien vähäinen aiempi tahtituotanto- tai sairaalarakentamisen kokemus. Usealle haastateltavalle case-kohde oli ensimmäinen sairaalahanke sekä ensimmäinen tahtituotantokohde. Haastateltavilla ei siis välttämättä ollut vertausmahdollisuutta aiempiin kohteisiin. Teemahaastattelut mahdollistavat lisäkysymysten esittämisen ja haastattelurungon iteroimisen. Haastattelukysymyksiä pyrittiin painotamaan haastateltavan osaamisen ja roolin perusteella. Tämä heikentää haastattelututkimuksen luotettavuutta siltä kannalta, ettei kaikkiin kysymyksiin saatu kahtatoista vastausta. Haastattelututkimuksen objektiivisuuden lisäämiseksi olisi haastatteluita ollut mahdollista laajentaa myös muihin toimitilakohteisiin. Diplomityön rajallisuuden vuoksi tutkimus päädyttiin kuitenkin rajaamaan sairaalarakentamiseen.

Tutkimustulosten yleistettävyys

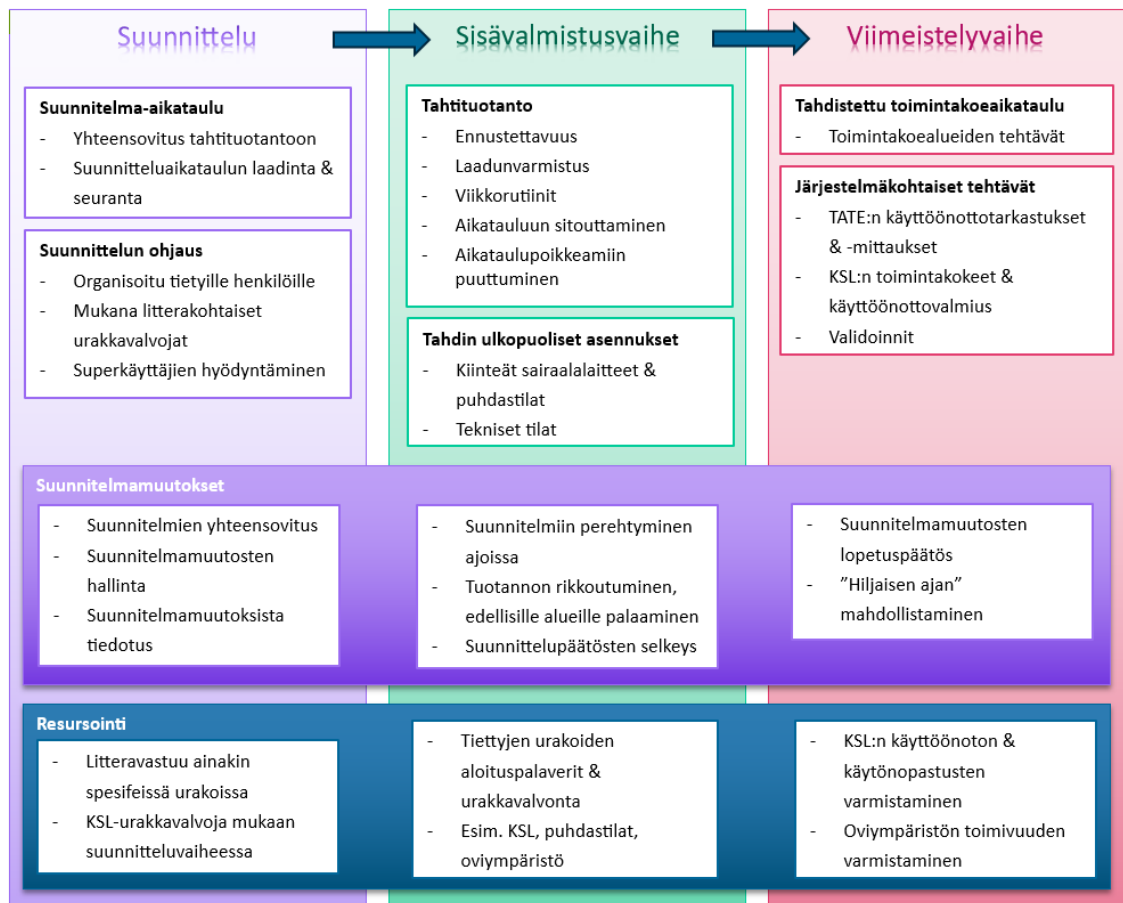
Tutkimustuloksia on mahdollista yleistää sairaalarakentamisen lisäksi myös muihin vaativiin toimitilahankkeisiin. Esimerkiksi suunnittelun ja resursoinnin haasteet ovat samat hankkeesta riippumatta. Sopiva organisaatio on muodostettava hankekohtaisesti ja vaativissa toimitilahankkeissa erityispiirteitä sisältävät urakat saattavat vaihdella, mutta erityisosaamista tarvitaan silti. Suunnitelmien oikea-aikainen valmistuminen ei ole riippuvainen hankkeesta, vaan toteutuskelpoiset suunnitelmat tarvitaan ajoissa myös toimitilarakentamisen ulkopuolella. Suunnitelma- ja suunnitteluajataulun yhteensovitus tahtituotantoon olisi tärkeää tehdä kaikissa tahtituotantokohteissa, joissa toteutussuunnitelmat eivät ole valmiita ennen rakentamisen aloitusta.

Tahtituotannon suunnitteluun, ohjaukseen ja valvontaan liittyviä asioita voidaan yleistää tahtituotantokohteisiin. Tutkimuksessa ehdotettu toistumattomien urakoiden, kuten KSL:n ja puhdastilojen asennusten toteuttamista tahtiaikataulun ulkopuolella. Tätä voidaan yleistää koskemaan muitakin toimitilahankkeita tunnistamattomalla toistumattomat urakat ja aikatauluttamalla ne erikseen tahtiaikatauluun sopiviksi.

Viimeistelyvaiheen käsittelyssä merkittävimmäksi tekijäksi nousi huolellinen ja ajoissa tehty tuotannon suunnittelu. Sairaalamohteessa on paljon huomioitavaa sairaalalle erityistä tekniikkaa, jota ei muussa rakentamisessa esiinny. Sairaalan erityispiirteiden, kuten talotekniikan ja KSL:n huomiointi ei ole oleellista muissa toimitilakohteissa, mutta muun tyyppiset toimitilakohteet voivat sisältää erilaista talotekniikkaa tai muita erityispiirteitä, jotka ovat huomioitava yhtä suurella vakavuudella kuin sairaalan erityispiirteet sairaalamohteessa.

8. JOHTOPÄÄTÖKSET

Onnistuneen vastaanoton varmistaminen lähtee tuotannon suunnittelusta sekä aikataulutuksesta. Viimeistely- ja luovutusvaiheen onnistuminen on riippuvainen aiempien vaiheiden onnistumisesta. Huolellisesti tehdyllä suunnittelun ohjauksella sekä tuotannon suunnittelulla vältetään myöhemmiltä epäselvyyksiltä. Tahtituotanto puolestaan luo hyvät edellytykset viimeistelyvaiheen aloitukselle, sillä se keventää viimeistelyvaiheen tarkastustaakkaa ja luo viimeistelyvaiheelle paremmin hallittavan aloituksen. Viimeistelyvaiheen tarkastukset aloitetaan tietyiltä alueilta porrastaen tahtialueiden valmistuessa. Alla olevassa kuvassa 23 on esitettyä keskeisimmät sairaalan onnistuneeseen luovutukseen vaikuttavat tutkimustulokset.



Kuva 23. Tutkimustulokset

8.1 Tutkimuksen tavoitteiden saavuttaminen

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää toimeksiantajayrityksen case-kohteen avulla, miten varmistetaan oikea-aikainen onnistunut kohteen luovutus tilaajalle. Apukysymykset limityivät jonkin verran toistensa kanssa, joten tutkimuksissa on pyritty painottamaan sairaalarakentamiseen liittyviä asioita sekä tahtituotannon että viimeistelyvaiheen kannalta. Ensimmäiseen alatutkimuskysymykseen *”Millä tahtituotannon keinoilla voidaan edistää hankkeen aikataulullista ja laadullista onnistumista?”* selvitettiin vastaus kirjallisuustutkimuksessa ja verrattiin sitä case-kohteen toteutukseen. Toimintatutkimus tuki kirjallisuudessa esiintyneitä tahtituotannon hyötyjä mm. ennustettavuuden sekä tuotannon hallinnan parantamisesta. Tutkimuskohteen oleva sairaalakohde sisälsi paljon toistumattomuutta, eikä tahtituotannon hyödyntämisen päätavoitteena ollut läpimenoajan lyhentäminen vaan laadunhallinta. Hankkeen aikataulullisen onnistumisen kannalta tahtituotanto oli avainasemassa juuri sen ennustettavuuden vuoksi sekä sen mahdollistaman poikkeamien aikaisen havaittavuuden vuoksi. Hankkeen laadullista onnistumista tahtituotanto paransi myös toistuvien tahtitarkastuskäytäntöjen avulla, kun laatu poikkeavatkin voitiin havaita ajoissa ja puuttua niihin. Tahtituotanto ei kuitenkaan tällaisenaan toteutettuna sovellu hyvin sairaalarakentamisen toistumattomien urakoiden, kuten puhdas-tilojen, sairaalalaitteiden sekä joidenkin yksittäisten talotekniikkajärjestelmien toteutukseen.

Toiseen alatutkimuskysymykseen *”Miten viimeistelyvaiheessa varmistutaan, että aikataulutetut tehtävät saadaan valmiiksi niille varatuissa ajoissa ja hanke päästään luovuttamaan ajoissa?”* liittyi paljon myös erityisesti sairaalarakentamisessa huomioitavia asioita. Tähän tutkimuskysymykseen liittyen kirjallisuustutkimuksessa selvitettiin viimeistelyvaiheen tehtävät ja työvaiheet ja toimintatutkimuksen haastatteluosiossa pyrittiin käsittelemään työvaiheiden toteuttamista ja onnistumista sairaalahankkeessa. Kuten pohdintaluvussakin on kerrottu, viimeistelyvaiheessa vaikutusmahdollisuus hankkeen ongelmiin on pieni. Rakennussuunnittelulla, suunnittelun ohjauksella sekä tuotannon suunnittelulla on suuri merkitys viimeistelyvaiheen onnistumiseen. Viimeistely- ja luovutusvaiheen aikataulusuunnittelu on tehtävä ajoissa ja osallistettava siihen sekä KSL- että TATE-asiantuntijoita. On muistettava, että aikataulu on aina aluksi luonnos, jota iteroidaan paremmaksi hankkeen edetessä. Viimeistelyvaiheessa aikataulullinen onnistuminen on kiinni kaikkien osapuolten sitoutumisesta aikatauluun sekä vastuunkantamisesta aikataulussa pysymisestä. Viimeistelyvaiheen tehtävien aloitusedellytykset sekä töiden oikea-aikainen valmistuminen on varmistettava vähintään yhtä hyvin kuin muissakin rakentamisvaiheissa.

Kolmas alatutkimuskysymys *”Mitä sairaalarakentamisen erityispiirteitä on huomioitava sujuvan vastaanoton toteuttamiseksi?”* limittyi paljon aiempiin alatutkimuskysymyksiin, jonka vuoksi sekä sisävalmistus- että viimeistelyvaiheen käsittelyssä pyrittiin painottamaan sairaalarakentamista. Sairaalarakentamisen erityispiirteistä vastaanoton sujumiseen liittyy valtavan talotekniikkamäärän testausten, toimintakokeiden, mittausten, säätöjen ja käyttöönottojen suunnittelu sekä toteutus. Näidenkin osalta toteutus onnistuu luontevammin, mitä paremmin se on suunniteltu. Perinteisestä rakentamisesta poiketen sairaalahankkeessa on paljon lääkintälaitteita ja esimerkiksi puhdastiloja, jotka vaativat myös testaukset, toimintakokeet ja tarvittavat validoinnit. Näiden toteuttaminen on yhteensovittava talotekniikan käyttöönottoaikatauluihin. Järjestelmien suuren lukumäärän vuoksi myös käytönopastukset on aloitettava ajoissa. Käytönopastusten lisäksi myös kohteen luovutukseen liittyvät viranomaistarkastukset on syytä järjestää ajoissa porrastaen.

Vastaanoton onnistumisen kannalta kriittisimmät asiat ovat toteutuskelpoinen aikataulu, toimiva ja tehokas aikataulujohtaminen sekä aikataulun noudattaminen ja välitön puuttuminen poikkeamiin. Viimeistely- ja luovutusvaiheen aikataulu on suunniteltava ajoissa, tunnistettava siihen kriittiset tehtävät, kuten TATE- ja KSL-järjestelmien käyttöönotot, aikataulutettava toimintakokeet ja niiden perusteella edeltävät työvaiheet. Aikataulujohtamiseen on luotava selkeä prosessi ja vastuujako, jotta sitä voidaan tehdä tehokkaasti. Tutkimuskohteen tavoin aikataulussa pysymisen mahdollistaa aikatauluhenkilöiden tiukka puuttumistaso poikkeamiin. Kaikkien osapuolten on sitouduttava noudattamaan aikataulua, raportoimaan poikkeamista ja reagoitava niihin.

8.2 Jatkotutkimusmahdollisuudet

Kiinteistä sairaalalaitteiden asennuksista ei juurikaan löytynyt suomenkielistä kirjallisuutta. Olisi mielenkiintoista tietää, olisiko sairaalalaitteiden aikataulutuksesta mahdollista luoda jonkinlaista kirjallista prosessia. Se voisi esittää laitetyypeittäin asennusedellytykset, tarvittavat talotekniikkajärjestelmät, testausvalmiuden, tarvittavat koekäytöt, validoinnit sekä niiden sopivan ajoituksen. Tällä hetkellä tuntuu, että näiden erikoisjärjestelmien vaatimukset ovat lähinnä yksittäisten henkilöiden, asiantuntijoiden ja laitetoimittajien tiedossa.

Tutkimuksessa eräs vastaan tullut haaste liittyy siihen, miten suunnitteluprosessi saataisiin paremmin tahtituotantoa palvelevaksi. Aiheesta on tutkimuksissa ollut erimielisyyksiä, voidaanko tahtialueet määritellä ensin ja tehdä talotekniikkasuunnittelu vasta sen pohjalta vai onko nämä välttämätöntä tehdä toisin päin. Tahtituotannon kannalta on

oleellista, että TATE:n palvelualueet olisivat yhtenäiset keskenään ja tahtialueiden kesken. Mielestäni olisi tärkeä jatkotutkimusaihe selvittää, miten koko suunnitteluprosessia saadaan mukautettua paremmin tahtituotantoon soveltuvaksi.

Eräs jatkotutkimusidea olisi vaativan toimitilakohteen luovutusvaiheen tuotannosuunnitteluprosessin luominen. Tässä haasteena voi olla toimitilakohteiden keskinäinen erillaisuus. Haastatteluiden perusteella kuitenkin on oleellista osallistaa riittävästi oikeiden alojen asiantuntijoita suunnitteluun. Aikataulukirja 2024:ssä (Ratu KI-6036) on esitetty kaavio luovutusvaiheen aikataulusta, mutta se ei ole kuitenkaan suoraan skaalattavissa suurempiin kohteisiin.

Jatkotutkimusideana voisi olla myös, että miten aliurakoitsijoiden valinnoissa tulisi huomioida kokemus aiemmista kohteista. Vaadittava kokemus voisi olla esimerkiksi tahtituotannosta tai sairaalarakentamisesta. Tutkimusideana olisi selvittää, mitä hyötyjä aiemmasta kokemuksesta saadaan sairaalarakentamiseen.

Eräs haastatteluissa esiin noussut aihe on aliurakoiden sanktio-kannustinjärjestelmä. Case-kohteessa aliurakoitsijat oli sitoutettu aikatauluun pääasiassa sanktioiden avulla. Haastatteluissa kuitenkin pohdittiin motivoisiko sanktioiden sijaan tai lisäksi kannustimien olemassaolo aliurakoitsijoita parempiin suorituksiin. Sen haasteena on kuitenkin toimivan kannustinjärjestelmän suunnittelu siten, ettei siinä ole riskiä kannustimien väärinkäytölle. Jatkotutkimusmahdollisuutena voisi olla toimivan kannustinjärjestelmän kehittäminen urakkasopimuksiin.

Eräänä tutkimusmahdollisuutena olisi aliurakoitsijoiden sitouttamisen lisäksi muiden hankeosapuolten, kuten suunnittelijoiden sitouttaminen tahtituotantoon. Siinä voisi olla tavoitteena selvittää, miten suunnitelma-aikataulun yhteensovitus tehdään ja miten siihen saadaan sovitettua realistinen suunnittelu-aikataulu. Suunnittelu-aikataulun valvonta tulisi saada yhtä tärkeäksi kuin tuotantoaikataulunkin valvonta ja ohjaus.

LÄHTEET

- Aalto-yliopisto. (2021). Lean-suunnittelunohjaus suuressa sairaalahankkeessa. Viitattu 18.9.2025. Saatavissa: <https://www.aalto.fi/fi/uutiset/lean-suunnittelunohjaus-suuressa-sairaalahankkeessa>
- Ahonen, A., Ali-Yrkkö, J., Avela, A., Junnonen, J.-M., Kulvik, M., Kuusi, T., Mäkäraäinen., K. & Puhto, J. (2020). Rakennusalan kilpailukyky ja rakentamisen laatu Suomessa.(Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja; No. 24). Valtioneuvoston kanslia. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-926-4>
- Ahveniston sairaala (n. d.) Viitattu 1.8.2025. Saatavissa: <https://ahvenistonsairaala.fi/>
- Alhava, O., Rinne, V., Laine, E. & Koskela, L. (2019). Can a Takt Plan Ever Survive Beyond the First Contact With the Trades On-Site? In: 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Dublin, Ireland. pp. 453-464. Saatavissa: <https://iglc.net/Papers/Details/1658>
- Dlouhy, J., Binnering, M., Oprach, S. & Hagsheno, S. (2018). Mastering Complexity in Takt Planning and Takt Control – Using tht Three Level Model to Increase Efficiency and Performance in Construction Projects. In: 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Chennai, India. pp. 1365–1374. Saatavissa: <https://iglc.net/Papers/Details/1533>
- Binnering, M., Dlouhy, J. & Hagsheno, S. (2017). Technical Takt Planning and Takt Control in Construction. In: 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Heraklion, Greece, pp. 605–612. Saatavissa: <https://iglc.net/Papers/Details/1387>
- Dlouhy, J., Binnering, M., Oprach, S. & Hagsheno, S. (2016). Three-Level Method of Takt Planning and Takt Control – a New Approach for Designing Production Systems in Construction. In: 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Boston, MA, USA. Saatavissa: <https://www.iglc.net/Papers/Details/1350>
- Frandsen, A., Berghede, K. & Tommelein, I. D. (2014). Takt Time Planning and the Last Planner. In: 22th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Oslo, Norway, pp. 571-580. Saatavissa: <https://iglc.net/papers/details/1063>
- Frandsen, A. G., Seppänen, O. & Tommelein, I. D. (2015). Comparison between Location Based Management and Takt Time Planning. In: 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Perth, Australia. s. 3–12. Saatavissa: <https://iglc.net/Papers/Details/1181>
- González, V., Alarcón, L. F. & Gazmuri, P. (2006). Design of Work in Process Buffers in Repetitive Building Projects: A Case Study. In: 14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Santiago, Chile. pp. 165–176. Saatavissa: <https://iglc.net/papers/Details/424>
- Granlund (2022). KSL-suunnittelijan tärkein tehtävä on tukea käyttäjiä. Viitattu 16.9.2025. Saatavissa: <https://www.granlund.fi/uutinen/ksl-suunnittelijan-tarkein-tehtava-on-tukea-kayttajia/>
- Hagsheno, S., Binnering, M., Dlouhy, J., & Sterlike, S. (2016). History and Theoretical Foundations of Takt Planning and Takt Control. In: 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Boston, Massachusetts, USA. pp. 53-62. Saatavissa: <https://iglc.net/papers/Details/1297>
- Heikkilä, L.-M. (2021). Suunnittelun ohjauksen tiedonhallinnan kehittäminen kohdeyrityksen rakennushankkeissa. Tietojärjestelmätieteen pro gradu -tutkielma, Vaasan yliopisto.
- Hermetel (n.d.) Puhdatila. Viitattu 18.9.2025. Saatavissa: <https://hermetel.fi/ratkaisut/puhdastilat/>

- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (2008). Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Gaudeamus Helsinki University Press, Helsinki
- Inkilä, O & Heikkinen, M. (2023). Hankkeen yhteistoiminta vaatii jatkuvaa valmentamista – case Laakson yhteissairaala. LCI 2023, Helsinki. Saatavissa: <https://lci.fi/wp-content/uploads/2023/06/2-Inkila-Heikkinen.pdf>
- Invalidiliitto (n.d.) Esteettömyys. Viitattu 8.9.2025. Saatavissa: <https://www.invalidiliitto.fi/esteettomyys>
- Jokinen, J. (2016). Kattokiinnitteisten sairaalalaitteiden aikataulutus ja kustannukset. Opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu.
- Junnonen, J.-M. (2010). Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta. Suomen rakennusmedia Oy, Helsinki
- Junnonen, J.-M. & Kankainen, J. (2012). Rakennusurakoitsijoiden hankintakäsikirja. Suomen Rakennusmedia Oy, Helsinki.
- Junnonen, J.-M. & Kankainen, J. (2020). Rakennuttaminen. Rakennustieto Oy, Helsinki.
- Järviö, J. (2024). Taloteknisen toteutussuunnittelun dokumentoinnin kehittäminen. Diplomityö, Tampereen yliopisto.
- Kainuun uusi sairaala (n. d.) Skanska. Viitattu 2.7.2025. Saatavissa: <https://www.skanska.fi/palvelut/referenssiprojektimme/174018/Kainuun-uusi-sairaala%2C-Kajaani>
- Kalliomaa, S. (2021). Kerrostalotyömaan sisävalmistusvaiheen kustannustehokas läpivienti perustajaurakoinnissa. Diplomityö, Tampereen yliopisto.
- Karvonen, S. (2024). Sairaalarakennuksen suunnitteluprosessin erityispiirteet arkkitehtisuunnittelun näkökulmasta
- Kasi, M. (2011). Maanrakennustöiden toteutusmuodon valinta. Vaasan ammattikorkeakoulu, opinnäytetyö.
- Kaunisvirta, L. (2024). Urakkamuodot vertailussa – Valitse oikea toteutusmuoto rakennushankkeelle. Viitattu 2.7.2025). Saatavissa: <https://fira.fi/blog/valitse-oikea-toteutusmuoto-rakennushankkeelle-urakkamuodot-vertailussa/>
- Keskiniva, K., Luoto, A., Sormunen, P. & Saari, A. (2025). Talotekniikka 2030 – TH 10. Talotekniikan suunnittelunohjaus. Talotekniikka 2030. Tampere.
- Keskiniva, K., Saari, A. & Junnonen, J.-M. (2020). Takt Planning in Apartment Building Renovation Projects. Buildings 2020. Rakennetun ympäristön tiedekunta, Tampereen yliopisto. Saatavissa: <https://www.mdpi.com/2075-5309/10/12/226>
- Keskiniva, K., Saari, A. & Junnonen, J.-M. (2021). Takt Production Monitoring and Control in Apartment Renovation Projects. Buildings 2021, Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/buildings11030092>
- Keskiniva, K., Moradi, S., Junnonen, J.-M., Sormunen, P. & Saari, A. (2023a). Talotekniikan optimaalinen aikataulutus rakennushankkeessa. Rakennustekniikka, Tampereen yliopisto.
- Keskiniva, K. Saari, A. & Junnonen, J.-M. (2023b). Indicators for Takt Production Performance Assessment – A Conceptual Study. Rakennetun ympäristön tiedekunta, Tampereen yliopisto. Saatavissa: <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/1/50>
- Koivisto, E. (2019). Rakennusprojektin toteuttaminen puhtasrakentamisen menetelmin. Diplomityö, Tampereen yliopisto.

Korhonen, P. & Reijula, K. (2009). Terve Sairaala – peruskorjausten tarve ja toteutus. Työterveyslaitos, Helsinki.

Koskela, L. (2000). An exploration towards a production theory and its application to construction. Aalto University, Espoo, Doctoral dissertation.

Koskela, L. (2004). Making-Do – the Eighth Category of Waste. In: 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Helsingør, Denmark. Saatavissa: <https://iglc.net/Papers/Details/312>

Koski, H. (2004). Rakennushankkeen luovutusprosessin kehittäminen. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Saatavilla: <https://publications.vtt.fi/pdf/tiedotteet/2004/T2236.pdf>

Kujansuu, P. (2018). Rakentamisen aikataulutuksen kehitysmahdollisuudet tahtimenetelmien avulla. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto.

Kullat, T. (2013). Kiinteiden sairaalalaitteiden hankintaprosessi ja asennusstandardit. Insinööri-työ, Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Latvala, T. (2023). Aikataulunhallinta eräissä rakennushankkeissa. Diplomityö, Tampereen yliopisto.

Lehtinen, R. (2019). Rakennushankkeen työturvallisuus. (Ratu KI-6034). Rakennustieto Oy, Helsinki.

Lehtiö, T. (2024). Lean-ajattelun soveltaminen rakennushankkeen luovutusvaiheeseen. Opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu.

Lehtovaara, J. & Hartikainen, U. (2024). Tahtituotanto. RIL ry.

Lehtovaara, J., Seppänen, O., Heinonen, A., Tomunen, L., Kulta, I., Kujansuu, P., & Grönvall, M. (2019). Building 2030 – Tahti suunnittelussa ja tuotannossa loppuraportti. Aalto University, Building 2030. Saatavissa: <https://research.aalto.fi/publications/building-2030-tahti-suunnittelussa-ja-tuotannossa-loppuraportti>

Liker, J. K. (2004). Toyotan tapaan. Readme.fi, Helsinki.

MCS, (2020). Lean ajattelu edistää tuottavuutta. Julkaistu 10.6.2020. Viitattu 22.8.2025. Saatavissa: <https://mcs.fi/lean-ajattelu-edistaa-tuottavuutta/>

Mectalent (n.d.) Puhdastilat. Viitattu 18.9.2025. Saatavissa: <https://www.mectalent.com/fi/puhdastilat>

Miettinen, T. (2006). Puhdastilojen suunnitteluprosessi ja teknisten järjestelmien validointi. Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Miller, J. (2007) How Can They Not Change. Viitattu 9.10.2025. Saatavissa: https://blog.gembaacademy.com/2007/01/16/how_can_they_not_change/

Modig, N & Åhlström, P. (2013). Tätä on lean: ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Rheologica publishing, Tukholma.

OYS 2030 -yliopistollinen sairaala, B-rakennus, Oulu. (n. d.) Skanska. Viitattu 2.7.2025. Saatavissa: <https://www.skanska.fi/palvelut/referenssiprojektimme/256909/OYS-2030-yliopistollinen-sairaala%2C-Brakennus%2C-Oulu>

OYSin uudistaminen etenee – C-rakennuksen kehitysvaiheen sopimus allekirjoitettiin. (2024). OYS2030. Viitattu 2.7.2025. Saatavissa: <https://oys2030.fi/ajankohtaista/oysin-uudistaminen-etenee-c-rakennuksen-kehitysvaiheen-sopimus-allekirjoitettiin/>

Pesonen, M. (2022). Suomessa on käynnissä kaikkien aikojen sairaalarakennusbuumi – asiantuntija: "Kaikki keskussairaalat vanhenevat yhtä aikaa". Yle. Viitattu 20.10.2025. Saatavissa: <https://yle.fi/a/3-12567982>

Power, W., Sinnott, D. & Lynch, P. (2024). Synthesizing Last Planner® System, Takt, and Scrum Theory and Practice to Enhance Construction Project Delivery. *Lean Construction Journal*, pp. 16-28. Viitattu 9.10.2025. Saatavissa: <https://leanconstruction.org/lean-construction-journal/doi-info-2024-16-28/>

Ratu KI-6020. Koski, H. (2010). Talonrakentamisen tuotantotekniikka. Rakennustieto Oy, Helsinki.

Ratu KI-6031. Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S. (2017). Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Rakennustieto Oy, Helsinki.

Ratu KI-6036 (2023). Aikataulukirja 2024. Rakennustieto Oy. Tammerprint, Tampere.

RIL 262-2014 (2013). Taitava kuntarakennuttaja. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Tammerprint.

RT 07-11299 (2018). Sisäilmastoluokitus 2018. Rakennustietosäätiö.

RT 10-11255 (2017). Talonrakennushankkeen kulku – Riskien- ja laadunhallinta. Rakennustietosäätiö

RT 10-11284 (2017). Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo HJR18. Rakennustietosäätiö.

RT 10-11302 (2018). Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanottomenettely – Tehtävät ja dokumentointi. Rakennustietosäätiö.

RT 13-10860 (2005). Suunnittelun johtaminen rakennushankkeessa. Rakennustietosäätiö.

RT 16-10660 (1998). Rakennusurakan yleiset sopimusehdot (YSE 1998). Rakennustietosäätiö.

RT 82-10821 (2004). Betonielementtirunkorakenteet. Rakennustietosäätiö

RT 96-10594 (1996). Terveyskeskukset ja terveysasemat. Rakennustietosäätiö.

RT 103171 (2019). Talonrakennustöiden työmaavalvonnan tehtäväluettelo. Ohjekortti. Rakennustietosäätiö.

Rieki, J., Seppänen, O., Lehtovaara, J. & Peltokorpi, A., (2024). Quantitative indicators in takt production control: An empirical analysis. In: 32nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Auckland, New Zealand, pp. 283–293. Saatavissa: <https://iglc.net/Papers/Details/2283>

Ronkainen, M. (2015). Toteutusmuodon valinta kiinteistö- ja rakennushankkeissa. Diplomityö, Oulun yliopisto.

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. (2006). Menetelmäopetuksen tietovaranto KvaliMOTV. Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto, Tampereen yliopisto. Viitattu 5.11.2025. Saatavissa: <https://www.fsd.tuni.fi/fi/tietoarkisto/julkaisut/kvalimotv.pdf>

Salminen, J. (2021). Lean rakentamisessa. RIL 276-2021. Hansaprint.

Salminen, V. (2016). Suunnitteluprosessin johtamisen kehittäminen sairaalarakennushankkeessa. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto.

Savijärvi, O. (2023). Esteetön oviympäristö sairaalasuunnittelussa. Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu.

Savolainen, J. (2019). Managing Collaborative Design Processes in Construction Projects. Väitöskirja, Tampereen yliopisto.

Seppänen, O., Riekkilä, J., Kaihlaniemi, S., Inkala, E. & Virtanen, M. (2025). Building 2030: Tah-tiohjaus loppuraportti. Aalto-yliopisto.

Sitedrive (2025). Tahtituotannon perusteet: Miten ja miksi sitä tulisi harjoittaa työmaalla? Julkaistu 26.3.2025. Viitattu 25.8.2025. Saatavissa: <https://sitedrive.com/fi/tarinat/tahtituotannon-perusteet/#:~:text=Mit%C3%A4%20on%20tahtituotanto?,rakentamisen%20tuotantoketjun%20kehitt%C3%A4misest%C3%A4%20j%C3%A4rjestelm%C3%A4llisemp%C3%A4%C3%A4n%20malliin>.

Suni, R. (2024). Tahtituotannon käyttöönoton vaikutukset tuotannon johtamiseen talotekniikkaurakoinnissa. Diplomityö, Tampereen yliopisto.

Säteilyturvakeskus. (n.d.). Röntgentilojen säteily suojaus terveydenhuollossa ja eläinlääkinnässä. Viitattu 3.10.2025. Saatavissa: <https://stuk.fi/rontgentilojen-sateily suojaus>

Tainio, I. (2016). Vastaa- ja käyttöönottovaiheen kehittäminen rakennuttajan toiminnan kautta. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto.

Talola, H. (2024). Kiinteiden sairaalalaitteiden hiilijalanjäljen ohjaus. Diplomityö, Lappeenranta-Lahden teknillinen yliopisto LUT.

Tiensuu, E. (2018). Vaativan talorakennushankkeen luovutusprosessin kehittäminen. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto.

Vaheri, M. (2022). Tahtituotannon valvonta ja ohjaus. Diplomityö, Tampereen yliopisto.

Valkeisenmäki, I. (2020). Näyttöön perustuva suunnittelu sairaalarakentamisessa. Diplomityö, Aalto-yliopisto.

Varteva, K. (2021). Talotekniikan prosessin kehittäminen rakennushankkeen johtamisessa. Diplomityö, Aalto-yliopisto.

YM5/601/2015 (2015). Ympäristöministeriön ohje rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta. Ympäristöministeriö.

Ympäristöministeriö (n.d.). Rakennetun ympäristön esteettömyyslainsäädäntö. Viitattu 8.9.2025. Saatavissa: <https://ym.fi/rakennetun-ympariston-esteettomyyslainsaadanto>

LIITE A: HAASTATTELURUNKO

Haastattelun taustoitus

- Tutkimuksen esittely

Haastateltavan taustoitus

- Tehtävänimike
- Kokemus rakennusalasta vuosina
- Kokemus tahtituotannosta vuosina
- Määrittele tahtituotanto yhdellä lauseella
- Missä mielestäsi kulkee viimeistelyvaiheen & sisävalmistusvaiheen raja?

Teema 1. Suunnitelmat & suunnittelun ohjaus

- Mitä erityistä huomioitavaa sairaalan erityispiirteistä aiheutui suunnittelun ohjaukseen?
 - o Oliko suunnittelun ohjauksessa erillistä resurssia KSL-osalta?
 - o Miten tilaajaa/käyttäjää osallistettiin KSL-suunnittelun ohjauksessa?
 - o Oliko KSL:n ja TATE:n urakkarajat mielestäsi riittävän selkeät?
- Erosiko talotekniikkasuunnittelun ohjaus rakennusteknisestä suunnittelunohjauksesta? Jos niin miten?
 - o Oliko suunnittelun ohjauksessa riittävästi huomioitu sairaalaan liittyvää talotekniikkaa?
- Saitteko toteutuskelpoiset suunnitelmat pääsääntöisesti ajoissa?
 - o Aiheutuiko suunnitelmapuutteista viiveitä tuotantoon? Jos niin millaisia?
- Lopetettiin suunnitelmamuutosten teko riittävän ajoissa?
- Koetko, että suunnittelun ohjauksesta aiheutui muita haasteita tahtituotannolle tai luovutusvaiheelle?

Teema 2. Tuotannon suunnittelu

- Mitkä ovat tahtituotannon suunnittelun haastekohtia?
 - o Miten ne vaikuttavat viimeistely- ja luovutusvaiheeseen?
 - o Entä viimeistelyvaiheen suunnittelun haastekohdat?
- Mitä haasteita sairaalan erityispiirteet aiheuttivat luovutusvaiheen suunnitteluun?
- Palveliko työmaan logistiikkasuunnittelu tahtituotantoa?
- Olisitko halunnut osallistua enemmän tahtituotannon tai viimeistelyvaiheen suunnitteluun? Jos niin miten?

Teema 3. Tuotannon valvonta & ohjaus

- Miten tahtituotanto vaikuttaa hankkeen aikataululliseen ja laadulliseen onnistumiseen?
- Koetko tahtituotannon hyödyllisenä sairaalakohteen sisävalmistusvaiheessa?
- Koitko tahtialuejaon Assilla tehokkaaksi ja loogiseksi? Miten parantaisit sitä, jos aloitetaisiin nyt alusta?
- Mitä mieltä olet Assilla käytetystä viikkokellosta tahtituotanto- ja viimeistelyvaiheessa?
- Miten hyödyllisiksi koit Assilla tehdyt laadunvarmistustoimenpiteet
- Olitko tyytyväinen Assilla käytössä oleviin tuotannonohjaustyökaluihin?
- Miten urakoitsijat sitoutettiin pysymään aikatauluissa?
- Minkä asioiden koet vaikuttaneen eniten räpäetöiden syntymiseen?
- Miten aikataulupoikkeamiin puututtiin Assilla?
- Oliko työmaalla riittävästi sairaalan erityispiirteiden osaamista työnjohdossa?
 - o Jos ei, miten parantaisit tätä?

Teema 4. Kehitysehdotukset

- Miten viimeistelyvaiheessa varmistutaan, että tehtävät saadaan suoritettua niille varatuissa aikarajoissa?
 - o Onko viimeistelyvaiheessa työvaiheita, joille olisi pitänyt mielestäsi varata enemmän aikaa esim. laadunvarmistuksen kannalta?
- Onko aiemmilta työmailta hyviä kokemuksia tuotannonohjauksesta, jolla
 - o on vältetty räpäetöiden ja aikataulupoikkeamien syntyminen?
 - o saatu pikaisesti poikkeamat takaisin aikatauluun?
- Muut risut, ruusut & ehdotukset?