



Tuomas Koskivirta

Tahtimallin rakentaminen ja hyödyntäminen rakennushank- keessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

25.3.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Tuomas Koskivirta
Otsikko:	Tahtimallin rakentaminen ja hyödyntäminen rakennus- hankkeessa
Sivumäärä:	46 sivua
Aika:	25.3.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine:	Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat:	Projekti-Insinööri Henna Kaunisto, SRV Rakennus Oy Lehtori Riikka Jääskeläinen, Metropolia Ammattikorkea- koulu

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Laakson yhteissairaala (LYS) -hankkeen päärakennuksen tahtituotannon tukemiseksi toteutettavia tahtimalleja, sekä luotiin tahtimallien testauksen dokumentointia varten tahtimalliraporttipohja. Se on tarkoitus ottaa käyttöön LYS-hankkeen työmaalla sekä myös laajemmin LYS-hankkeen päätoteuttajana toimivan SRV Rakennus Oy:n tulevissa hankkeissa, joissa tehdään tahtimalleja.

Tämä opinnäytetyö toteutettiin perehtymällä tahtituotannon pohjana toimivaan Lean-teoriaan ja sen ajatus- sekä toimintamalleihin, Lean-rakentamisen ja tahtituotannon teoriaan, sekä haastatteleamalla sairaalahankkeen parissa työskenteleviä henkilöitä. Työn tärkeimmät tavoitteet olivat tutkia, mikä on tahtimalli, miten sitä voidaan hyödyntää, mitä asioita tahtimallien rakentamisen dokumentointia varten kehitetyssä tahtimalliraporttipohjassa tulee olla ja laatia tahtimalliraporttipohja. Tahtimallin tietopohjana toimi hankkeen parissa työskentelevien henkilöiden haastattelut, jotka loivat mahdollisuuden kirjoittaa käsitetietoa tahtimallista, josta ei löytynyt kirjallisuutta. Tässä opinnäytetyössä kehitettyä tahtimalliraporttia voidaan hyödyntää kohteissa, joissa aiotaan tehdä tahtimalleja.

Avainsanat: Tahtimalli, tahtituotanto, Lean, Lean-rakentaminen.

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Tuomas Koskivirta
Title: Building and utilizing the model of takt production on construction project
Number of Pages: 46 pages
Date: 25 March 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Civil Engineering
Professional Major: Project Management of Construction
Supervisors: Henna Kaunisto, Project Engineer, SRV Rakennus Oy
Riikka Jääskeläinen, Senior Lecturer, Metropolia University of Applied Sciences

In this graduate study, the takt models to support the takt production of the main building of the Laakso Joint Hospital were studied. In addition a takt model report template was created for documenting the testing of the takt models. The template will be introduced at the Laakso Joint Hospital project, and also more broadly in the future projects that utilize takt production and are constructed by the main contractor SRV Rakennus Oy.

The thesis was implemented by studying the theory of Lean, Lean construction and takt production, and by interviewing people working in the hospital project. The main goal of the thesis was to review what a takt model is, how it can be used, which topics should be included in a takt model report template that is developed for documenting the building of a takt model, and to create the takt model report template.

The theoretical framework for the takt model was the people working in the project, which created the opportunity to write conceptual information about the model. This information cannot be found in the literature. The takt model report template developed in this thesis can be utilized in other projects the purpose of which is to create takt models.

Keywords: Takt Time, Takt Model, Lean, Lean Construction

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tavoite ja rajaus	2
1.2	Työn tausta	3
1.3	Tutkimusmenetelmät	3
1.4	SRV Rakennus Oy	3
2	Lean	5
2.1	Toyotan tuotantosysteemin kehittyminen	5
2.2	Virtaus	6
2.3	Just In Time (JIT)	8
2.4	Imuohjaus	8
2.5	Hukan eliminointi	9
2.6	Työmäärän tasapainottaminen	11
2.7	Jatkuva parantaminen	12
3	Lean-rakentaminen	14
3.1	Lean-rakentamisen taustaa	14
3.2	Lean-rakentamisen syntyminen	14
3.3	Lean-rakentamisen määrittely	15
3.4	Kokonaisuuden optimointi	16
3.5	Kokonaisuuden optimoinnin menetelmiä	17
3.5.1	Integroitu projektitoimitus	17
3.5.2	Toimitusketjun integrointi	17
4	Tahtituotanto	20
4.1	Mitä on tahtituotanto	20
4.2	Tahtituotannon toimintaperiaate	20
4.3	Tahtituotannon hyödyt ja riskit	21
5	Tahtisuunnittelu ja tahtiaikataulu	23
5.1	Tahtisuunnittelu	23
5.2	Tahtiaikataulu	23

6	Tahtimalli	25
6.1	Tahtimalli käsitteenä	26
6.2	Tahtimallin rakentamisen tavoitteet	27
6.3	Tahtimallin rakentamisen ajoitus	27
6.4	Tahtimallin soveltuvuus erilaisiin hankkeisiin	28
6.5	Tahtimallin rakentamisen edellytykset	28
7	Hankkeen kuvaus	29
7.1	Hankkeen yleiskuvaus	29
7.2	Allianssin osapuolet ja urakkamuoto	30
7.3	Integraatiotasot	31
7.4	Hankkeen osittelu ja ajoitus	32
7.5	Päärakennus (OP3)	33
8	LYS tahtimalli	36
8.1	LYS tahtimallin sisältö	36
8.2	Laakson yhteissairaala -hankkeen tahtimallin aikataulu	37
9	Tahtimalliraportti	38
9.1	Tahtimalliraportin kuvaus	38
9.2	Tahtimalliraportin luomisen prosessi	38
9.2.1	Luomisprosessissa läpi käytyjä asioita	39
9.3	Tahtimalliraportin sisältö	40
9.4	Tahtimalliraportin käyttö	41
10	Tulokset	42
11	Yhteenvedo ja johtopäätökset	42
11.1	Tahtimalli	43
11.2	Tahtimalliraporttipohja	45
	Lähteet	47

Lyhenteet

LYS Laakson yhteissairaala

TPS Toyota Production System, Toyotan tuotantosysteemi

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan, mitkä ovat Laakson yhteissairaala -hankkeen päärakennuksen tahtituotannon tukemiseksi toteutettavat tahtimallit, sekä luodaan yhdessä sairaalahankkeen työmaaorganisaation kanssa tahtimallien testauksen dokumentointia varten tahtimalliraporttipohja.

Laakson yhteissairaala -hankkeen päätoteuttajana toimii SRV Rakennus Oy. Tässä opinnäytetyössä keskitytään pääasiallisesti sairaalahankkeen päärakennukseen, joka tulee sijoittumaan Laakson sairaala-alueelle Helsinkiin. Laakson sairaala-alue sijoittuu Nordenskiöldinkadun, Urheilukadun ja Lääkärinkadun väliselle alueelle. Päärakennus on laajuudeltaan noin 90 000 brm², siinä on korkeimmillaan kahdeksan kerrosta, ja se jakautuu neljään lohkoon. Päärakennuksen sisävalmistusvaiheen työt tullaan toteuttamaan tahtituotannolla pintabetonilattioista eteenpäin.

Päärakennuksen perustustyöt ovat käynnistyneet vuoden 2023 syksyllä, ja rakennuksen on tarkoitus valmistua vuonna 2027.



Kuva 1. Havainnekuva Laakson sairaala-alueesta. Kuvassa keskellä näkyy tuleva päärakennus.

1.1 Työn tavoite ja rajaus

Tämän opinnäytetyön tavoite on laatia tahtimalliraporttipohja. Sitä hyödynnetään Laakson yhteissairaala -hankkeessa alueelle rakennettavan tilapäisen malliasennushallin tahtimallien rakennusurakoiden testausta / mittausta varten. Tahtimalliraporttipohjaa on tarkoitus myös käyttää SRV:n tulevisissa tahtituotannolla toteutettavissa kohteissa, joissa päädytään tekemään tahtimalleja.

Tahtimalliraporttipohja on uusi innovaatio, jollaista Laakson yhteissairaala -hankkeen päätoteuttajalla SRV Rakennus Oy:llä ei ole aiemmin ollut. Lisäksi myöskään tietoa siitä, että muilla toimijoilla olisi vastaavanlainen pohja ei myöskään löytynyt. Lisäksi opinnäytetyön tavoitteena on selvittää ja tutkia ajatuksia tahtimallien taustalla, kuten esimerkiksi, mikä on tahtimalli, mitä sillä pyritään saavuttamaan ja tahtimallien onnistuneen tekemisen edellytykset.

Alun perin tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus myös testata ja mitata muutaman erilaisen urakan toteutus haluttujen aspektien osalta, sekä tutkia, miten tahtimalliraporttipohja toimii käytännössä kyseisten urakoiden osalta. Näistä

tavoitteista jouduttiin kuitenkin luopumaan työn edetessä johtuen tilapäisen malliasennushallin rakentamisen ajankohdan siirtymisestä myöhemmäksi.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään tutkimaan Laakson yhteissairaala -hankkeen (LYS) osaprojektia kolme (OP3), joka käsittää sairaalahankkeen uuden päärakennuksen.

1.2 Työn tausta

Tämän opinnäytetyön tilaajalla, sekä samalla Laakson yhteissairaala -hankkeen päätoteuttajalla, SRV Rakennus Oy:llä on ollut tarve kehittää tahtimalliraporttipohja, jota hyödynnetään tahtituotannon optimoinnissa Laakson yhteissairaala -hankkeessa. Tahtimalliraporttipohjan on myös tarkoitus jäädä SRV:lle käyttöön myöhempiä tahtituotannolla toteutettavia kohteita varten, joissa päädytään tekemään tahtimalleja.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tämän opinnäytetyön teoriaosuudet Leanista, Lean-rakentamisesta, tahtituotannosta sekä tahtisuunnittelusta ja tahtiaikataulusta on toteutettu kirjallisuusreferoinnein. Sen sijaan tahtimallista ei opinnäytetyön laatimishetkellä löydy kirjallisuutta, joten tahtimallisuus toteutetaan haastattelemalla sähköpostitse hankkeen parissa työskenteleviä avainhenkilöitä.

Tahtimalliraporttipohja on toteutettu avoimen haastattelun menetelmin lukuisissa palavereissa, joihin ovat osallistuneet tämän opinnäytetyön tekijä, sekä hankkeen parissa työskenteleviä avainhenkilöitä SRV:ltä kuten myös hankkeen logistiikkatoimija.

1.4 SRV Rakennus Oy

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimi SRV Rakennus Oy, joka toimii Laakson yhteissairaala -hankkeen päätoteuttaja. SRV Rakennus Oy on osa SRV Yhtiöt Oyj

-konsernia. SRV on suomalainen kiinteistö- ja rakennusosalalla toimiva yritys, joka on perustettu vuonna 1987. Yhtiön toimitusjohtajana toimii Saku Sipola ja puheenjohtajana Tomi Yli-Kyyny.

SRV on Suomessa johtava projektinjohtourakoitsija ja kiinteistöhankeiden kehittäjä, joka kehittää ja rakentaa liike- ja toimitiloja, asuntoja, teollisuus-, logistiikka- ja infrarakennuskohteita sekä yritys- ja asuinalueita. Yhtiö myös toimii rakennusalan kehittäjänä ja uudistajana.

SRV:n tavoitteena on rakentaa kestävä, vastuullista ja taloudellista arvoa vaalivaa, sekä ympäristön ja ihmisten hyvinvoinnin huomioivaa kaupunkiympäristöä.

Yhtiön liikevaihto oli vuonna 2023 noin 610 miljoonaa euroa, ja sen tilauskanta joulukuussa 2023 oli vähän yli miljardi euroa. Yhtiö työllistää vajaa tuhat henkilöä, jonka lisäksi sillä on noin 3800 kumppanin laaja verkosto.

SRV:n viimeisimpiä tunnettuja hankkeita ovat esimerkiksi Helsingin Kalasataman tornitalot ja kauppakeskus Redi, Tampereen Kannen areena, Helsingin Meilahden Siltasairaala, sekä Helsingin Jätkäsaaren Wood City -puukortteli.

2 Lean

Mitä on Lean? Se on kootusti sanottuna joukko erilaisia toimenpiteitä ja menetelmiä, sekä organisaation läpi ulottuva johtamisfilosofia ja ajattelutapa, jolla pyritään poistamaan turhia, arvoa tuottamattomia toimintoja halutusta prosessista, sekä parantamaan toimintaa jatkuvasti. Lean pohjautuu Japanissa syntyneeseen Toyotan tuotantosysteemiin, englanniksi Toyota Production System (TPS).

2.1 Toyotan tuotantosysteemin kehittyminen

Toyotan tuotantosysteemin kehitys alkoi kunnolla käytännössä 1950-luvulla. Toyotan johtaja Eiji Toyoda oli käynyt työntekijöidensä kanssa tutustumassa massatuotantoon Fordin tehtaalla Yhdysvalloissa. Hän palasi takaisin Japaniin uuden visionsa kanssa, jakaen sen tehtäväksi tehtaan johtaja Taiichi Ohnolle. Tavoite oli kehittää Toyotan valmistusprosessi sellaiselle tasolle, että se vastaisi Fordin tuottavuutta, mutta kuitenkin vähemmällä rahalla ja pienemmillä resursseilla. Tässä kuitenkin oli omat haasteensa, koska Fordin massatuotantoa ei sellaisenaan voinut Toyotalla soveltaa johtuen erilaisesta kysynnästä markkinoilla. [1. s. 20.]

Fordilla keskityttiin tuottamaan yhdellä tuotantolinjalla pientä valikoimaa suuria määriä, kun taas Toyotan olisi tuotettava laajempaa valikoimaa erilaisia malleja samalla tuotantolinjalla. Myöskään tavarantoimitusjärjestelmä ei ollut samalla tasolla kattavuutensa osalta Fordin kanssa. [1. s. 20–21.]

Yhdysvaltoihin tehdyn matkan aikana oli kuitenkin havaittu, että Fordin massatuotantomenetelmissä oli kehittämisen varaa. Järjestelmässä oli paljon erilaisia laitteita, joilla valmistettiin suurella volyymilla yksittäisiä tuotteita. Yksittäiset tuotteet kuitenkin päätyivät vain välivarastoon seisomaan ja odottamaan seuraavia vaiheita. Järjestelmä synnytti suuria määriä erilaisia osia pitäen työntekijät kiireisenä. Fordin järjestelmässä suuren tuotantovolyymien alla vikojen havaitsemiseen saattoi mennä viikkoja, materiaalia tuotettiin runsaasti yli todellisten tarpeiden ja tilat näyttivät enemmän varastolta kuin tehtaalta. Ohnon tehtäväksi

jäi hioa Toyotan järjestelmä yhtä tuottavaksi, mutta fiksummilla menetelmillä. Ohno matkusti vielä useita kertoja Yhdysvaltoihin tutkimaan kilpailijaansa ja perehtyi myös Fordin kirjallisuuteen. Ohnolle syntyi vahva käsitys siitä, että jatkuva virtaus olisi asia, joka Toyotan olisi hallittava. [1. s. 21.]

Ohno oli lukenut Fordin Today and Tomorrow -kirjasta jatkuvasta materiaalivirrasta, sen merkittävydestä koko tuotantoprosessissa, prosessien standardoinnista ja hukkan eliminoinnista. Ford ei kuitenkaan käytännössä koskaan onnistunut toteuttamaan näitä asioita, vaikka oli niistä itse kirjoittanut. Fordin menetelmä synnytti valtavia välivarastoja, käytti tuhlaavia menetelmiä ja työnsi tuotantoa seuraavaan vaiheeseen, minkä Toyota näki merkittävänä puutteena.

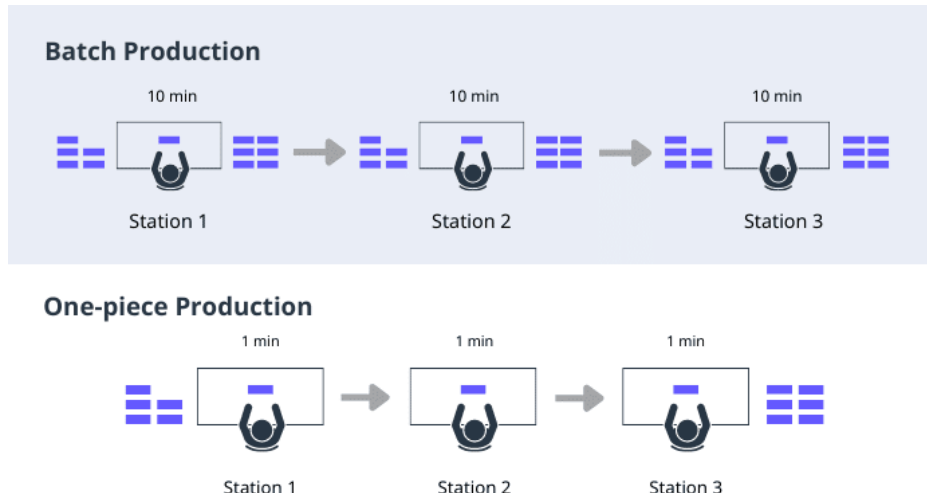
Toyotalla oli erilaiset lähtökohdat: ei ollut varaa tuottaa hukkaa, ei ollut isoja varasto- ja tehdastiloja, ei suurta varallisuutta ja tuotanto oli laajempaa tuotettavien automallien osalta. Näistä opeista kuitenkin ammennettiin ajatus käyttää Fordin jatkuvan materiaalivirran ideaa. Sen pohjalta lähdettiin kehittämään asiakkaan vaatimusten mukaan muuttuvaa, tehokasta, yksiosaista virtausjärjestelmää, joka edellytti työntekijöiden sitoutumisen jatkuvaan prosessin parantamiseen, prosessin asiakaslähtöisen joustavuuden takia. [1. s. 22.]

2.2 Virtaus

Lean-mallissa tavoitellaan keskeisenä asiana prosessin, tuotteen tai palvelun jatkuvaa virtausta. Virtauksen ydinajatuksena prosessi on katkeamaton, jonka johdosta tuotteen tai palvelun valmistamiseen kulunut aika voidaan minimoida, saavutetaan paras mahdollinen laatu, alhaisimmat kustannukset, sekä lyhin toimitusaika. [1. s. 87–88.] [2.]

Jatkuvan virtauksen optimaalisin malli on yksiosainen virtaus. Tämä ei sellaisenaan kuitenkaan sovellu välttämättä jokaiseen prosessin vaiheeseen. Tällöin saatetaan joutua käyttämään pieniä puskurivarastoja valituissa prosessin osissa, kuten myös Toyotallakin tehdään. Alla olevissa kuvissa on

havainnollistettuna yksiosainen virtaus verrattuna erissä toteutettavaan tuotantoon, joka on myös perinteisen massatuotannon toimintamalli. [1. s. 22. s. 90–93.] [3.]



Kuva 2. Havainnollistava kuva yksiosaisen ja eriin jaetun tuotannon eroista. [4.]

Yllä olevasta kuvasta voidaan havaita, että yksiosaisessa virtauksessa yhden tuotteen läpimenoaika prosessissa on kolme minuuttia. Tämä mahdollistaa kymmenen tuotteen valmistuksen alusta loppuun 12 minuutissa. Ylemmässä kuvassa tuotantolinjalla valmistetaan eräkohtaisesti tuotteet, ja yhden erän valmistus kestää 10 minuuttia. Erän valmistuttua koko erä siirretään kerralla seuraavalle pisteelle jatkokäsittelyyn. Ensimmäinen valmis tuote voidaan näin saada aikaisintaan 21 minuutin kohdalla, jos oletetaan yhden tuotteen tekemiseen kuluvan edelleen yksi minuutti per asema, kuten alemmassa kuvassa.

Taiichi Ohno ymmärsi virtauksen olevan avainasioita tuotannon kannalta miettiessään keinoja Toyotan tuotantosysteemin kehittämiseksi. Jatkuvan virtauksen mallissa prosessi, palvelu tai tuote pyritään siis siirtämään vaiheista toiseen mahdollisimman vähäisellä ja tarvittavalla työstämisellä. Jatkuvalle virtaukselle myös mahdollistetaan se, että ongelmat saadaan esille nopeasti, ja niiden ratkaiseminen joudutaan tekemään nopeasti, koska ongelman ilmaantuessa koko tuotanto pysähtyy. [1. s. 21. s. 87.] [2.]

2.3 Just In Time (JIT)

Just In Time on suomennettuna juuri oikeaan aikaan. Se on toinen Toyotan tuotantosysteemin peruspilareista. Amerikkalainen laatupioneeri W. Edwards Deming oli pitänyt Japanissa seminaareja ja opettanut heille, että asiakkaiden vaatimusten täyttäminen ja ylittäminen kuului jokaisen organisaation jäsenen vastuulle. [1. s. 23.]

W. Edwards Deming oli myös uudistanut käsitteen ”asiakas”, sillä hän toi esille, että asiakkaalla voitiin tarkoittaa sekä ulkoista loppuasiakasta että tuotantolinjan tai yritysprosessin jokaista henkilöä tai vaihetta. Asiakkaalle siis pitää pystyä toimittamaan juuri se, mitä hän tarvitsee, juuri oikealla hetkellä. Tehokkuus tässä menettelyssä perustuu kykyyn reagoida kysynnän vaihteluihin, vaikka vaihtelu olisi tiheää. [1. s. 23.]

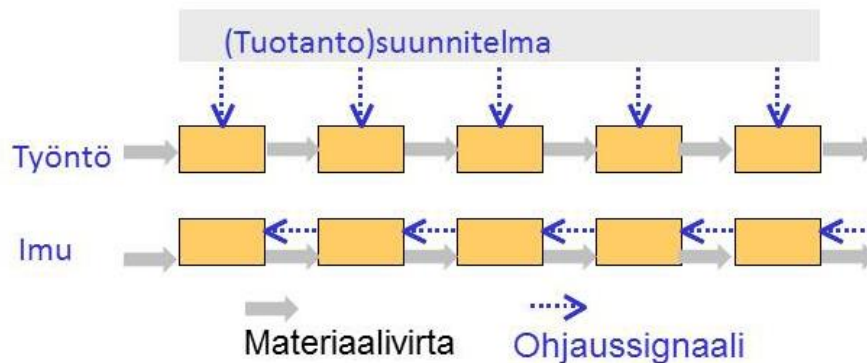
JIT-käsitteen voidaan yksinkertaisesti sanoa tarkoittavan sitä, että materiaalien valmistus, siirto ja kuljetus tehdään vain, jos niille on todella tarvetta. Tällä menettelytavalla pyritään vähentämään turhia kustannuksia, kuten varastoinnista aiheutuvia kustannuksia, sekä turhaan käytettyä aikaa ja resursseja. [2.] [3.]

JIT-käsite on kuitenkin nykyään laajentunut, ja sitä voidaan soveltaa laajemmin myös esimerkiksi johtamisfilosofiana, logistisen varaston hallintamenetelmänä, tuotannonohjausstrategiana, sekä menetelmänä prosessin kehittämiseen. [2.] [3.]

2.4 Imuohjaus

Toyotan tuotantosysteemin ja ylipäätään tehokkaan tuotannon periaatteen keskeisessä roolissa on imuohjaus. Idea tähän on osittain ammennettu Toyotan Yhdysvaltoihin tehtyjen matkojen ajalta. Idean takana on yksinkertainen

käytäntö kauppojen toiminnasta. Hyllyjä täytetään sitä mukaa, kun tavara käy vähiin. Tavarankulutus näin ollen käynnistää täydennyksen. [1. s. 22.] [2.]



Kuva 3. Työntö- ja imuohjauksen eron havainnollistava kaavio. [2.]

Imuohjauksessa siis tuotantoprosessin seuraava vaihe pyytää, eli "imee" tarvittavat materiaalit edeltävästä vaiheesta. Tämä eroaa merkittävästi perinteisestä työntöohjauksesta, jossa materiaalia työnnetään tuotannon läpi ennalta määrätyn suunnitelman pohjalta riippumatta siitä, tarvitseeko seuraava vaihe sitä. [2]

Taiichi Ohno kuvasi asiaa osuvasti seuraavalla tavalla;

"Mitä enemmän varastoa yrityksellä on... sitä epätodennäköisemmin sillä on sitä, mitä se tarvitsee" -Taiichi Ohno

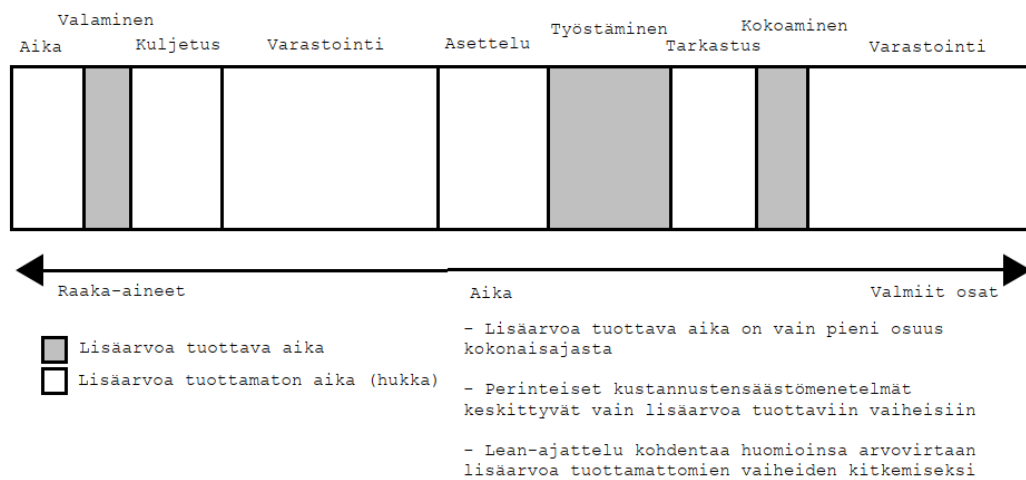
Tausta-ajatuksena imuohjauksessa on turhasta varastoinnista aiheutuvien kustannusten minimointi, sekä prosessiin piiloon jäävien ongelmien esille saaminen, koska prosessi paljastaa ongelmat nopeasti.

2.5 Hukan eliminointi

Leanin ja samalla Toyotan tuotantojärjestelmän ytimessä on vahvasti pyrkimys hukan eliminointiin. Ajatellaksemme tarkemmin, mitä kaikkea on hukka, on hyvä ymmärtää käsitteet arvo ja arvovirta. Arvo Toyotan tuotantosysteemiä sovellettaessa tarkoittaa vastausta kysymykseen, mitä asiakkaamme haluaa tästä

prosessista, joka taas määrittää arvon. Asiakkaalla voidaan tässäkin kontekstissa ymmärtää tarkoitettavan sekä loppuasiakasta, sekä prosessin sisäisiä asiakkaita.

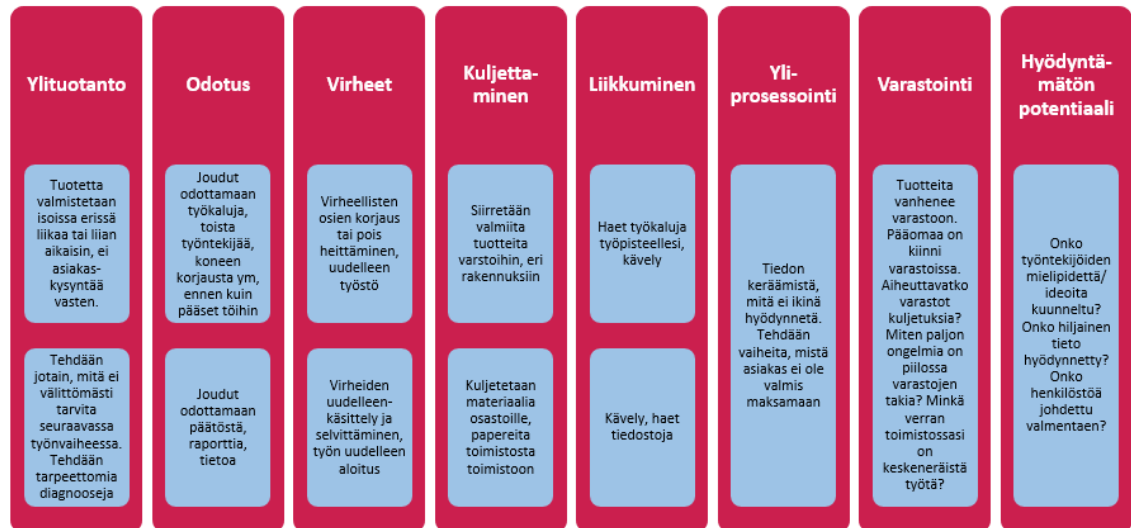
Arvovirta taas voidaan käsittää aikajanana, jonka alussa on tuotteen tai prosessin alku, ja toisessa päässä sen valmistuminen. Alun ja lopun välille jää jana, jossa erilaisia toimenpiteitä suoritetaan. Osa näistä prosesseista tuottaa asiakkaalle lisäarvoa, osa ei. Monissa prosesseissa voidaan sanoa olevan jopa 90 % hukkaa ja ainoastaan 10 % työtä, joka tuottaa lisäarvoa. [1 s.27 s.87.]



Kuva 4. Valu-, työstö- ja kokoamisprosessin arvovirta selityksineen. [Muokattu lähteestä 1 s. 30.]

Kuten yllä olevasta kuvasta havaitsemme, prosessit ovat täynnä hukkaa. Toimenpiteet arvovirrassa voidaan jakaa arvoa tuottavaksi, jotka lisäävät asiakkaalle tuotettua arvoa, tukitoimiin, jotka eivät itsessään lisää arvoa, mutta ovat välttämättömiä, tai varsinaiseen hukkaan, joka ei tuota lisäarvoa, eikä ole välttämätöntä. [5.]

Leanissa on tunnistettu kahdeksan erilaista hukkaa, jotka ovat esitettynä ja avattuna seuraavassa kuvassa.



Kuva 5. Kahdeksan eri hukkaa ja niiden selitykset. [6]

Seitsemän näistä hukkatyypeistä on tunnistettu jo Toyotan toimesta, mutta kahdeksas hukka ”Hyödyntämätön potentiaali” on tunnistettu vasta myöhemmin.

2.6 Työmäärän tasapainottaminen

Toimivan Lean-tuotannon ja jatkuvan virtauksen saavuttamiseksi pitää myös tuotanto ja tuotantoaikataulu tasapainottaa. Japanissa tätä kutsutaan nimellä *heijunka*, joka tarkoittaa kirjaimellisesti tasapainotusta. Aiemmassa kappaleessa käsiteltiin hukan eli japanilaisittain *mudan* eliminointia. Kuitenkin oleellisena osana on myös eliminoida prosessista kaksi muuta asiaa, jotka ovat *mura*, eli epätasaisuus ja *muri*, eli ylikuormitus. [1 s. 114-115.] [7.]

Tuotannon ja aikataulun tasoittamisen vaikutus on se, että eri tuotteiden eroavaisuuksista aiheutuvaa vaihtelua pystytään tasoittamaan. Työn määrää säätelemällä voidaan todellisuudessa saavuttaa kyky toimia JIT-periaatteen mukaisesti. Tällöin toiminta ei perustu siihen, että yhtenä päivänä tuotetaan vaihteleva määrä vain yhtä tuotetta tai palvelua, vaan tuotanto on jaettu tasapainoisesti, jolloin tuotanto voi toimia asiakkaan kysynnän mukaan ja kysynnän määrän vaihtelu ei vaikuta työntekijöihin esimerkiksi ylitöiden tai puolikkaiden päivien muodossa. [1 s.116] [7] [8.]

Tuotannon tasapainotus voidaan jakaa kahteen kategoriaan: tuotetun määrän ja tyyppin tasapainottamiseen. Tämä perustuu kuitenkin siihen, että on tiedettävä keskimääräiset määrät ja tyypit, mitä on pystyttävä tuottamaan tietyllä aikavälillä, jotta voidaan suunnitella järkevä tasainen malli tekemiselle. [7.]

2.7 Jatkuva parantaminen

Leanissa keskeisenä osana on pyrkimys jatkuvan toiminnan parantamiseen, olivat parannukset sitten pieniä tai suuria. On ymmärrettävä, että kyseessä ei ole yksittäinen yritys parantaa jotain, vaan toiminta on oltava jatkuvaa ja koko ajan käynnissä. Japanilaiset kutsuvat jatkuvaa parantamista nimellä *kaizen*. Jatkuvaa parantamista varten on monia erilaisia työkaluja, ja yksi tunnetuimmista on PDCA-malli. PDCA-malli tunnetaan myös Demingin ympyränä. Nimessä P = Plan, D = Do, C = Check ja A = Act. [9.]

Ensimmäisessä Plan, eli suunnittele-vaiheessa on oleellista ensinnäkin tunnistaa ongelma ja miettiä mihin se, sekä sen mahdollinen ratkaisu vaikuttavat. Tämän jälkeen on ongelma analysoitava tarkemmin ja kerättävä tarpeellisia tietoja siihen liittyen. Tässä vaiheessa on syytä pureutua ongelman juurisyihin, johon on olemassa erilaisia työkaluja, kuten ”5 x miksi” -menetelmä, jossa ongelman juurisyitä pyritään selvittämään kysymällä riittävä määrä miksi-kysymyksiä peräkkäin, jolloin kyetään löytämään todellinen juurisyys.

Tämän jälkeen kartoitetaan ja suunnitellaan mahdolliset vaihtoehtoiset ratkaisumenetelmät ja mietitään esimerkiksi, minkälaisia tuloksia odotetaan saavutettavan, sekä ratkaisumenetelmään tarvittavat resurssit. [9] [10.]

Seuraavassa Do, eli toteuta vaiheessa viedään suunnitellut ratkaisut käyttöön. Tässä vaiheessa on syytä varautua siihen, että toteutuksessa ilmenee ennustamattomia asioita. Muun muassa sen takia toteutusvaiheessa on tarpeellista kerätä informaatiota myöhempää päätöksentekoa varten. [9] [11.]

Tämän jälkeen tulee Check, eli tarkista vaihe, jota voidaan pitää PDCA-mallin tärkeimpänä osana. Tällöin tarkastellaan, vastasiko toteutusvaihe tavoitteita ja toimiko se ylipäätään. Tässä vaiheessa on syytä pohtia ainakin seuraavia asioita:

- Päästiinkö muutoksella tavoiteltuun tulokseen
- Mitkä asiat toimivat / eivät toimineet
- Voidaanko testauksesta oppia jotain
- Johtaako ratkaisu kerätyn tiedon valossa parempiin tuloksiin.

Tarkistuksen jälkeen päästään viimeiseen Act, eli toimi-vaiheeseen, jossa ajatuksena on toimia edellisestä vaiheesta saadun tiedon perusteella. Jos suunniteltu toteutusvaihe oli toimiva, voidaan se viedä käytäntöön laajemmin, jos taas siinä ilmeni ongelmia, palataan ympyrässä alkuun ja lähdetään toteuttamaan prosessia uudelleen. [9] [11.]

3 Lean-rakentaminen

3.1 Lean-rakentamisen taustaa

Rakentaminen on nähty perinteisesti alana, jossa tehokkuus ja tuottavuus eivät ole kasvaneet samalla tavalla kuin muilla teollisuuden aloilla. Nykytilassaankin jopa 70 % rakennusprojekteista ylittävät budjetin ja sovitun toimitusajan. Leanin soveltaminen rakentamiseen on kuitenkin haastavaa esimerkiksi alan projektiluontoisuuden takia. Jokainen kohde on uniikki projektinsa arkkitehtineen, insinööreineen, sekä pää- ja aliurakoitsijoineen. Tämä taas synnyttää perinteisessä rakentamisen mallissa tietynlaista eriytymistä eri osapuolien välillä, joka taas johtaa helposti epäluottamuksen syntymiseen. [13.]

Myös sopimukset ovat usein tehty periaatteella, missä esimerkiksi suunnittelu ja rakentaminen hoituvat erillisillä sopimuksilla. Tämän takia eri osapuolet fokusoivat ainoastaan hoitamaan oman tonttinsa ja ongelmien ilmetessä syytetään herkästi muita osapuolia ongelmien ratkaisun löytämiseen keskittymisen sijaan. Lean-rakentamisessa pyritäänkin löytämään muun muassa ratkaisuita edellä mainittuihin haasteisiin. [13.]

3.2 Lean-rakentamisen syntyminen

Suomalainen Lauri Koskela on ollut Lean-rakentamisen syntyemisessä vahvasti mukana. Koskela kirjoitti vuonna 1992 Stanfordin yliopistossa artikkelin, jossa hän tarkasteli uuden, pääosin Toyotan menetelmiin pohjautuneen systeemin soveltamista rakennustuotantoon. Koskelan tarkoituksena oli tutkia, onko uudella tuotantosysteemillä vaikutuksia rakentamiseen. Koskela myös tutustui myöhemmin tutkijakollegoihinsa Glenn Ballardiin ja Greg Howelliin, jotka innostuivat myös Leanin soveltamisesta rakentamiseen. Koskelan tutkimukset Leanin parissa jatkuivat VTT:ssa, jonka johdosta ensimmäinen kansainvälinen Lean

yhteisö International Group of Lean Construction (IGLC) syntyi vuonna 1993.
[14 s.25] [15 s.4.]

Ballard, sekä Howell olivat perustamassa vuonna 1997 Lean Construction Institute (LCI), jota voidaan pitää todella merkittävänä asiana Leanin rantautumisessa rakentamiseen. LCI-instituutteja on perustettu ympäri maailmaa, ja myös Suomessa on oma LCI Finland-instituutti. [14 s.26.]

Glenn Ballard ja Greg Howell myös loivat lyhyen aikavälin suunnitteluun keskittyvän menetelmän, Last Planner Systemin (LPS), joka siivitti Lean-rakentamisen vahvasti alkuun ja oli ensimmäinen alalle kehitetty Lean-menetelmä. LPS luotiin vastauksena havaittuun ongelmaan, missä todettiin, että vain noin puolet viikkosuunnitelmien mukaisista tehtävistä saadaan todellisuudessa toteutettua kyseisen viikon aikana. [14 s.] [15.]

3.3 Lean-rakentamisen määrittely

Lean rakentamisesta on monia erilaisia periaatteita pohjautuen eri lähteisiin. Kuitenkin merkittävimäksi järjestöksi muodostunut jo aiemmin mainittu yhdysvaltalainen LCI kuvaa Leanin soveltamista rakentamiseen siten, että Lean on jatkuvan parantamisen ja kunnioituksen kulttuuri, joka tähtää suurempaan arvонуontiin asiakkaalle hukat tunnistamalla ja eliminoimalla. Lisäksi Lean-projektin toimitussysteemi on organisoitu tapa soveltaa Lean-periaatteita ja menetelmiä, joiden avulla toteutustiimi luo yhteisen arvovirran. Periaatteet Lean-rakentamisessa ovat käytännössä samat kuin Leanin määritelmässä yleensäkin.
[15.]



Kuva 6. Kuva 6. Lean-rakentamisen kuusi keskeistä määritelmää. [14 s. 35.]

Lean-rakentamisessa kuitenkin erityiseen asemaan nousee tavallista vahvemmin yhteistyö ja kokonaisuuden optimointi. [17]

Tiivistetysti Lean-rakentaminen tähtää ennustettavaan ja tasaiseen tuotannon virtaukseen. Tasainen virtaus ja ennustettavuus on toteuduttava niin suunnittelussa kuin myös projektin muussa toteutuksessa. Näin menettelemällä parannetaan aikataulun ja kustannusten hallittavuutta, sekä saavutetaan tarkempi resurssien ja toimitusten ohjaus. [17]

3.4 Kokonaisuuden optimointi

Kuten luvussa 3.1 mainittiin, rakentaminen on projektiluontoista, josta aiheutuu monia haasteita. Näitä haasteita pyritään voittamaan kokonaisuutta optimoimalla. Tämän voidaan nähdä tarkoittavan integraatiota hankkeen eri osapuolien välillä, jolloin eri osapuolet voivat toimia yhteisten tavoitteiden mukaisesti ilman, että siitä aiheutuisi ristiriitoja heidän omiin tavoitteisiinsa nähden. Kokonaisuuden optimointi pyrkii estämään rakentamisen kulttuuriin vahvasti sidoksissa olevaa osaoptimointia, jolla taas tarkoitetaan myös luvussa 3.1 mainittua eri osapuolien omien etujen ajamista ja pyrkimystä saada työ kannattavaksi vain omasta näkökulmastaan. [14 s.61.]

3.5 Kokonaisuuden optimoinnin menetelmiä

3.5.1 Integroitu projektitoimitus

Erilaisia menetelmiä kokonaisuuden optimoimiseksi on esimerkiksi integroidut projektitoimitus, eli IPT-mallit. Hyvänä esimerkkinä voidaan mainita allianssimalli, jossa asiakas, suunnittelija, sekä rakentaja muodostavat yhteisen projektiorganisaation. Näissä malleissa yhteistoiminta aloitetaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, toiminta on yhteisvastuullista ja sopimukset ovat yhteisiä tärkeiden projektiosapuolien kesken. [14, s. 62-63] [18.]

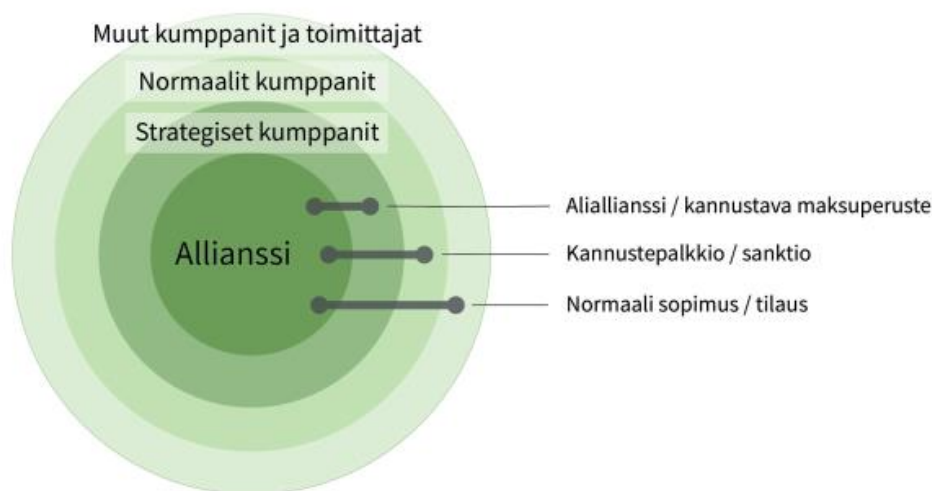
Yhteistyö ja yhteinen vastuu pyritään myös saavuttamaan johtamisen mallilla, jossa avainasemissa toimivat johtoryhmä ja projektiryhmä. Näiden ryhmien toimivalta ylittää normaalit organisaatorajat, eivätkä normaalit hierarkkiset sopimussuhteet ja osapuolijaot päde. Johtoryhmällä on edellä mainituista suurempi toimivalta, ja he ovat hankkeen ylin johto, jotka päättävät suuret, esimerkiksi tavoitteisiin ja tavoitehintaan liittyvät päätökset. Projektiryhmä taas vastaa hankkeen operatiivisesta johtamisesta. [14 s. 65.]

3.5.2 Toimitusketjun integrointi

Toisena menetelmänä kokonaisuuden optimointiin on toimitusketjun integrointi. Tällä pyritään voittamaan taustalle jäävät haasteet, vaikka hankkeen ylätasolla sitouduttaisiinkin yhteisiin tavoitteisiin. Ylätason alapuoliset toimijat jäävät herkästi toimimaan omien perinteisten aliurakkasopimustensa mukaisesti. Tämä taas aiheuttaa kokonaisuuden optimoinnin katkeamisen heti seuraavaan tasoon, koska siellä ei enää välttämättä toimita yhteisten tavoitteiden mukaisesti. [14 s. 68-69.]

Oleellista on määrittää riittävän ajoissa, halutaanko urakoitsija osallistaa suunnitelmien kehittämiseen, vai tuleeko urakoitsija osallistumaan esimerkiksi ainoastaan työmaa-aikaisen tuotannon kehittämiseen. Mikäli urakoitsija halutaan mukaan suunnitelmien kehittämiseen, on tällöin kyseessä useimmiten projektin

kannalta strateginen urakoitsija, kuten esimerkiksi runko-, julkisivu- tai talotekniikkaurakoitsija. [14 s. 68-69.]



Kuva 7. Hankintastrategiassa käytettävä sipulimalli. [14, s. 69.]

Aliurakoitsijoiden integroinnin pohjalla on oltava hankintastrategia, jossa huomioidaan projektin tavoitteet. Tähän voidaan käyttää työkaluna esimerkiksi yllä kuvattua sipulimallia, jossa keskiön muodostavat hankkeen pääosapuolet. Seuraavan renkaan muodostavat jo edellä mainitut strategiset isot urakat, jotka tyypillisesti halutaan integroitavan syvemmin mukaan kehittämään suunnitelmia ja toteutusta. [14, s. 69-71.]

Strategiset kumppanit pyritään saamaan mukaan jo hankkeen kehitysvaiheessa, jolloin hankinta tulee olla ajoitettu riittävän aikaiseen vaiheeseen. Urakoitsijoiden kanssa toimitaan aktiivisesti esimerkiksi Big Room -toiminnan avulla ja sopimuksesta tehdään kannustava, mutta samalla yhteisiin tavoitteisiin sitouttava. [14, s. 69-71.]

Seuraavassa renkaassa voidaan käyttää perinteisiä sopimusmalleja, mutta niitä voidaan tarpeen vaatiessa täydentää erilaisilla kannustin- tai sanktiomalleilla. Kyseisten urakoitsijoiden osaamista halutaan kuitenkin käyttää tuotannon suunnittelun ja toteutuksen aikaisen yhteistyön kehittämiseen, vaikka urakoitsijat eivät osallistuisikaan toteutussuunnittelun kehittämiseen.

Kauimmaisessa renkaassa ovat muut lyhytaikaiset urakoitsijat ja toimittajat, joiden osalta toimitaan perinteisin keinoin. [14, s. 69-71.]

4 Tahtituotanto

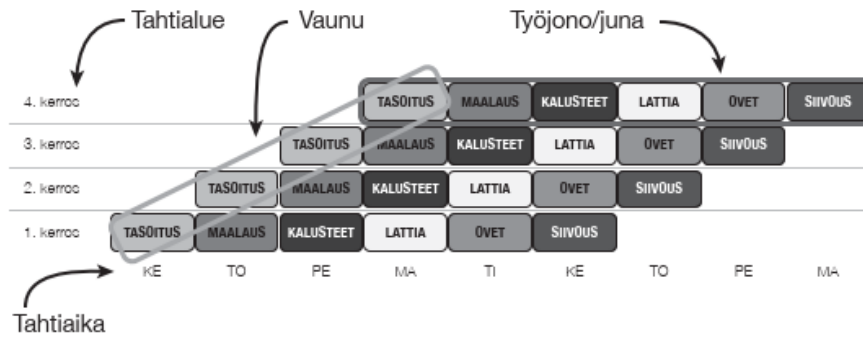
4.1 Mitä on tahtituotanto

Tahtituotanto on tehdastuotantoon pohjautuva menetelmä tuotannosuunnitteluun- ja ohjaukseen, joka sitoo yhteen paikan, ajan ja työn. Usein esimerkkinä tehdasmaailmasta käytetään autoteollisuutta. Siinä missä tehtaalla tuote liikkuu liukuhihnalla tasaista tahtia eri vaiheiden läpi, työmaalla työryhmät liikkuvat työkohteesta toiseen tasaisella vauhdilla luoden näin ennakoitavan ja tasaisen tuotantoprosessin. Tahtituotannolla pyritään helposti ennakoitavaan tuotantoon, parantamaan tuotannon luotettavuutta, luomaan tasainen jatkuva tuotantovirta, sekä lisäämään kokonaisuuden sujuvuutta. [19, s. 35] [20, s. 30] [21.]

Kansainvälisesti tahtituotannosta käytetään kahta termiä: *Takt Time Planning* (TTP), sekä *Takt Time Planning and Tact Control* (TPTC). TTP on peräisin Yhdysvalloista, ja sen kehittäjänä ovat olleet Iris Tommelein ja Adam Frandson. TPTC taas on tapa toteuttaa tahtituotantoa, joka on peräisin Saksasta, ja sen kehittäjänä ovat olleet Janosch Dloyhun ja Marco Binnerer. [21.]

4.2 Tahtituotannon toimintaperiaate

Tahtituotannossa kohde jaetaan keskenään työmäärältään mahdollisimman samankokoisiin alueisiin, joita kutsutaan tahtialueiksi. Näihin alueisiin kukin työryhmä lisää arvoa suorittamalla oman määritetyn tehtävänsä. Tahtialueena voi toimia esimerkiksi huoneisto, tai osa kerroksesta. Aikaa, jonka yksi työryhmä viettää yhdellä alueella tehtävän suorittamiseksi kutsutaan tahtiajaksi. Yksittäistä arvoa luovaa tehtävää taas kutsutaan vaunuksi. [19, s. 36] [20, s. 30] [21.]



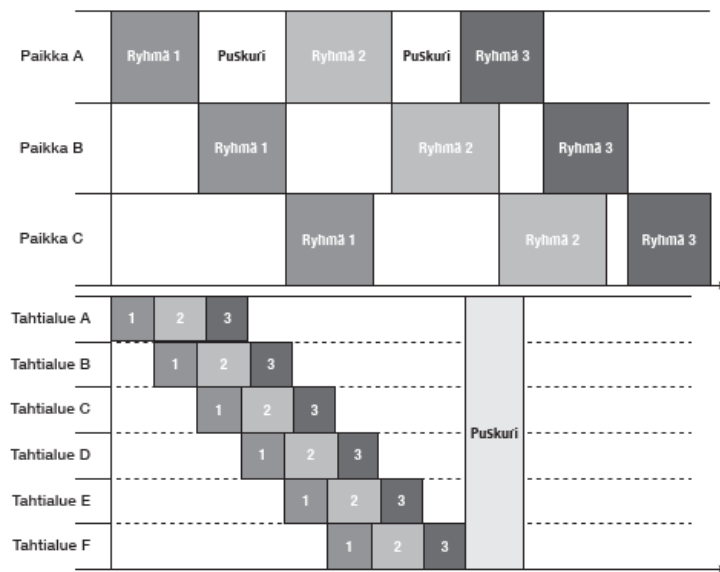
Kuva 8. Tahtituotannon keskeiset käsitteet. [19, s. 36]

Tahtituotannossa eri tehtävät on järjestetty kestoiltaan identtisiksi paketeiksi, jotka seuraavat toisiaan keskeytyksettä, eli tehtävien välillä ei ole ajallisia puskureita. Pakettien kestoja taas säädetään resurssien avulla. Nämä paketit muodostavat niin kutsutun työjonon/junan. Tästä esimerkkinä on juuri autoteollisuuden liukuhihna. [20, s.30] [21.]

Tahtituotanto soveltuu parhaiten toistuvuutta omaaviin kohteisiin, joissa voidaan käyttää samaa, tai täysin samaa työjärjestystä ja sisältöä, kuten esimerkiksi asuinkerrostalojen, hotellien, tai sairaaloiden sisävalmistusvaihe. [20, s. 30.]

4.3 Tahtituotannon hyödyt ja riskit

Suurimpana hyötynä tahtituotannon käytössä on tuotannon läpimenoajan lyheneminen huomattavasti. Tällä saavutetaan se, että Lean-periaatteiden mukaisesti työmaalla voidaan vähentää odottamista, keskeneräisiä töitä ja varastoja. Kuten alla olevasta kuvasta voimme havaita, poistamalla ylimääräiset puskurit tehtävien väliltä, saavutetaan huomattavasti lyhyempi läpimenoaika. [19, s. 37.]



Kuva 9. Tahtituotannon vaikutus läpimenoaikaan. [19, s. 37.]

Muita etuja tahtituotanto tarjoaa parantamalla laatua ja turvallisuutta. Pienet tasaiset tuotantoerät ja niiden tasaiset luovutukset mahdollistavat oppimisen ja prosessin jatkuvan kehittämisen. Tahtituotannon edellyttäessä tavallista tarkempaa ennakkosuunnittelua, edellytysten jatkuvaa luomista, sekä aktiivista päivitysjohtamista ja valvontaa, mahdolliset ongelmat/häiriöt nousevat herkemmin esille, jolloin niitä päästään myös aktiivisesti ratkaisemaan. [19, s. 37.] [20, s. 30.]

Tahtituotanto ei kuitenkaan ole täysin vaivatonta/riskitöntä, vaan se vaatii, kuten aiemmin on mainittu, tavallista tarkempaa ennakkosuunnittelua, sekä aktiivista johtamista ja valvontaa, joka voidaan nähdä myös negatiivisena vaikutuksena sen lisätessä työmäärää. Lisäksi tahtituotanto edellyttää standardoituja työtapoja ja ratkaisuita, joiden luominen lisää myös työmäärää. [20, s. 30.]

Tahtituotanto on myös tavallista herkempi häiriöille, ja erilaiset poikkeamat vaikuttavat hyvin nopeasti seuraaviin tehtäviin. Mitä pienemmällä eräkoolla tuotantoa toteutetaan, sitä herkempeä se on häiriöille, ja mitä lyhyempi on tahtiaika, sitä kriittisemmäksi aikataulussa pysyminen muodostuu. [20, s. 30.]

5 Tahtisuunnittelu ja tahtiaikataulu

5.1 Tahtisuunnittelu

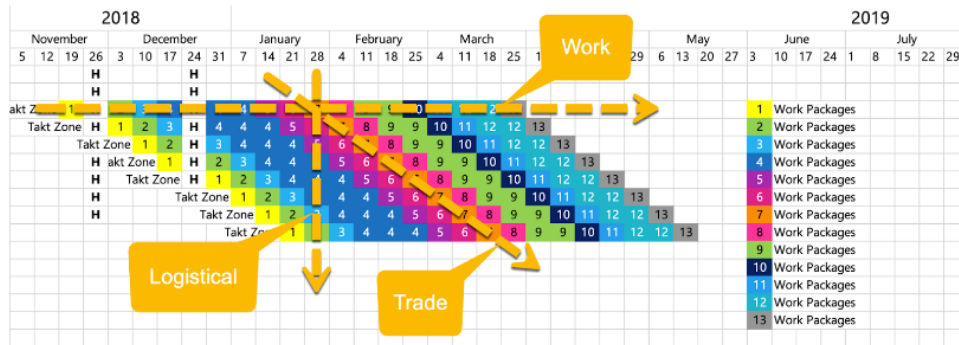
Tahtisuunnittelussa lähdetään liikkeelle siitä, että ensin kerätään pohjatietoa esimerkiksi työvaiheista, menetelmistä, menekeistä ja kestoista, jonka pohjalta tuotantoa suunnitellaan alustavasti esimerkiksi määrittämällä tulevien työvaiheiden järjestys. [21.] [22.]

Tahtisuunnitelma tulee olla sovitettu tilaajan ja tuotannon tavoitteisiin, ja suunnitelman on oltava realistinen, resurssit ja ulkoiset rajoitteet huomioiden. Tahtisuunnitelmassa vaunukohtaiset työpaketit, tahtialue ja -aika pitää olla määritetty selkeästi niin, että työntekijät tietävät, missä heidän kuuluu kulloinkin olla, sekä mitä heidän kuuluu tehdä. [21.]

Myös logistiikka tulee huomioida tahtisuunnitelmassa, ja esimerkiksi materiaalivirran suunnittelu on oleellista, jotta tuotanto voi virrata tasaisesti. Tärkeää on myös, että logistiikka ja suunnittelunohjaus tulee integroida, ja työntekijät tulee perehdyttää tahtituotantoon, sekä osallistaa tahtisuunnitteluun. [19.] [21.]

5.2 Tahtiaikataulu

Tahtiaikataulu on visuaalisesti yksinkertainen ja selkeästi luettava aikataulu, joka tyypillisesti mahtuu yhdelle sivulle. Tyypillisesti pystyakselilla on vasemmalla reunassa kuvattuna tahtialueet, sekä muut sijaintitiedot, kuten kerros tai lohko. Vaaka-akselilla yleensä yläreunassa on kuvattuna aika. Alla olevassa esimerkkaiaikataulussa yksi sarake kuvaa ajanjaksoa, tässä tapauksessa viikkoa, mutta se voi olla myös esimerkiksi päivä, tai jopa tunti. Rivit kuvaavat tahtialuetta, ja eriväriset solut kuvaavat vaunuja, eli työpaketteja, jotka muodostavat työjunan. Lisäksi esimerkissä on esillä vaunulista, josta käy ilmi vaunun numero, sekä sisältö. Jokainen solu aikataulun sisällä siis visualisoi helposti havaittavasti aikaa, paikkaa ja tehtävää. [23.]



Kuva 10. Havainnollistava kuva tahtiaikataulusta [23.]

Tahtiaikataulussa pitää löytyä kolme erityyppistä virtausta. Vaakasuuntainen työn virtaus, jossa havaitaan, miten tuotanto virtaa yksittäisen tahtialueen läpi. Toinen havaittava virtaus on yksittäisen työpaketin virtaus tahtialueelta toiselle diagonaalisesti. Kolmas havaittava virtaus on pystysuuntainen logistinen virtaus alueelta toiselle määritetyssä järjestyksessä. Tahtiaikataulusta voidaan myös havaita tasainen rytmitys, jolloin työt eri tahtialueilla alkavat ja myös päättyvät tasaisella rytmillä, ja kaikki tekeminen on tasapainotettu samaan rytmiin. [23.]

Tahtiaikatauluun on myös luotava puskureita, vaikka lähtökohtaisesti ne halutaankin minimoida tahtituotannossa. Puskurien suunnittelu sisältyy aina tahtisuunnitteluun, ja ne on merkittävä selkeästi näkyviin suunnitelmiin. Puskurit lisäävät resilienssiä, kun hankkeen aikana kohdataan yllättäviä tekijöitä, jolloin yllättävät tilanteet ja viivästykset eivät aiheuta paniikkia. Jokaisessa hankkeessa kuitenkin tulee yllättäviä tilanteita, joten jos tahtiaikataulussa ei ole puskureita, ei tahtiaikataulu tule toimimaan. [23.]

6 Tahtimalli

Laakson yhteissairaalan työmaalla on päätetty rakentaa tahtimalleja, joista koostuu yksi tahtialue kokonaisuudessaan erilliseen tilaan. Tässä luvussa käsitellään tausta-ajatuksia tahtimallien rakentamisesta.

Luvun aiheesta ei ole teoriaa löydettävissä, joten tarvittava informaatio on kerätty henkilöhaastatteluiden avulla. Haastateltaviksi on valikoitunut Laakson yhteissairaala -hankkeessa päärakennuksen kokonaisuudesta vastaava projekti-päällikkö sekä aikatauluvastaavana toimiva projekti-insinööri.

Haastattelujen pohjalta on muodostettu kokonaiskäsitelmä tahtimalliin liittyvistä asioista. Käsitelmän muodostamiseksi on haastateltavien vastauksista poimittu kustakin aihealueesta pääkohdat ja yhdistelty niistä kokonaisuus, joka kattaa jäljempänä esitettyjen lukujen 6.1–6.5 otsikoiden mukaiset kokonaisuudet.

Haastattelut on toteutettu sähköpostitse, ja niissä on kysytty molemmilta haastateltavilta samat kysymykset, jotka ovat:

- Miksi tahtimalli rakennetaan ja miten tähän ratkaisuun on päädytty?
- Mitkä ovat tahtimallin tekemisen keskeisimmät tavoitteet?
- Mitä eroa on tahtimallilla ja perinteisillä mallitiloilla?
- Mitä käyttötarkoituksia tahtimallilla on?
- Millä perusteella tahtimallin sisältö on määritelty?
- Mikä on optimaalinen ajoitus tahtimallin tekemiselle?
- Mitä ennakkotoimenpiteitä tahtimallin tekeminen vaatii hankkeelta?
- Onko tiedossa, että tahtimalleja olisi tehty aiemminkin?

- Millaisessa hankkeessa tahtimallin tekeminen on järkevää?

Seuraavat aliluvut 6.1 – 6.5 ovat laadittu haastatteluiden tulosten pohjalta.

6.1 Tahtimalli käsitteenä

Tahtimallilla tarkoitetaan tässä kontekstissa yksittäisen urakan mallisuoritusta tahtituotannon näkökulmasta. Tahtimalleista muodostuu tilakokonaisuus, joka vastaa täysin identtisesti varsinaista tahdilla toteutettavaa tahtialuetta. Toisin sanoen rakennetaan yksittäinen tahtialue kokonaan alusta loppuun ennen varsinaisten urakoiden aloitusta.

Tämä eroaa perinteisistä mallitiloista siinä, että perinteisesti mallitilat tehdään joko käyttäjien toiminnallista tarkastelua varten esimerkiksi materiaalien ja värien valitsemiseksi, tai laatua varten, jossa pyrkimyksenä on varmistua työsuorituksen oikeellisuudesta.

Tahtimallissa sen sijaan keskitytään pääasiassa työtapojen ja tuotannon optimointiin, jotta voidaan varmistaa tulevan tahdin onnistuminen sisältäen esimerkiksi oikean työjärjestyksen, optimaalisen materiaalien sijoittelun, sekä esivalmistettävien tuotteiden tarkastelun ja valinnan. Lisäksi tahtimallissa pyritään tunnistamaan mahdolliset suunnitelmapuutteet, sekä löytämään niihin ratkaisut. Tahtimallissa toki myös tarkastellaan perinteisiä laadullisia tekijöitä edellä mainittujen asioiden lisäksi.

Laakson yhteissairaala -hankkeessa on päädytty ratkaisuun, jossa tahtimallit rakennetaan malliasennushalliin, jonka tilat toimivat ensin tahtituotannon testausta varten, kunnes mallitilat ovat kokonaan valmiit, ja tarvittavat testaukset ja mittaukset saatu tehtyä. Tämän jälkeen tilat siirtyvät käyttäjien käyttöön, jotta he voivat testata omia työtapojaan, sekä kehittää omaa toimintaansa.

6.2 Tahtimallin rakentamisen tavoitteet

Tahtimallin rakentamisen keskeisimpiä tavoitteita tässä kohteessa ovat tahtisuunnitelman oikeellisuuden testaaminen, tehostettavien asioiden ja ennakkovalmistettavien tuotteiden tunnistaminen, tahtituotannon virtauksen varmistaminen, sekä tahtituotannon vaarantavien puutteiden ja esteiden tunnistaminen ja ratkaiseminen.

Lisäksi tavoitteena on testata työtapoja ja pyrkiä löytämään niihin mahdollisesti tehokkaampia vaihtoehtoja. Näiden kohtien lisäksi tarkoituksena on testata tahtituotannon edellytysten toimintaa sisältäen suunnittelun, laadun, hankinnan, turvallisuuden, logistiikan, aikataulun, päivittäisjohtamisen, sekä yleisen ymmärryksen tahtituotantoa kohtaan.

6.3 Tahtimallin rakentamisen ajoitus

Tahtimallin tekeminen tulee ajoittua riittävän aikaiseen vaiheeseen, jotta tahtimallista saatavaa tietoa voidaan hyödyntää tahdin suunnittelussa. Optimaalinen ajoitus riippuu myös urakan sisällöstä, koska mallin tekemisen yhteydessä voidaan todeta asioita, joiden suunnittelu tai korjaus voi olla hidasta. Tämän lisäksi jonkun työvaiheen mahdolliset puutteet saatetaan huomata vasta myöhemmissä työvaiheissa.

Pääsääntöisesti voidaan sanoa, että optimaalinen ajoitus olisi noin kaksi kuukautta ennen kyseisen urakan aloitusta varsinaisessa tahtituotannossa. On kuitenkin huomioitava, että suunnittelun tulee olla riittävän pitkällä, jotta kyseisen urakan toteutussuunnitelmat ovat toteuttamiskelpoiset, ja kyseinen suoritus voidaan ylipäättään tehdä.

Myös varsinaisen työn suorittava urakoitsija tulee olla hankittuna, koska lähtökohtaisesti tahtimallin tekemisessä halutaan suorittajan olevan sama kuin varsinaisessa toteutusvaiheessa. Mallitiloja ei siis rakenneta kerralla valmiiksi, vaan sitä mukaa, kun urakoitsijat saadaan hankittua.

6.4 Tahtimallin soveltuvuus erilaisiin hankkeisiin

Tahtimallin rakentaminen voidaan katsoa järkeväksi silloin, kun tehdään useita toistuvia tahtialueita tai tiloja. Toinen merkittävä aspekti liittyy kustannuksiin. Tahtimallin rakentamisesta aiheutuu merkittäviä kustannuksia, jolloin mallin toteuttamisessa tulee huomioida se, ylittääkö mallin rakentamisesta saatava hyöty siitä koituvat kustannukset. Laakson yhteissairaala -hankkeessa esimerkiksi on todella paljon toistuvia tiloja, joten hankkeessa on arvioitu tahtimallien rakentamisen olevan järkevää.

6.5 Tahtimallin rakentamisen edellytykset

Tahtimallin rakentamisen edellytyksenä on sopivat tilat, joihin malli / mallit rakennetaan. Tilojen tulee olla optimaaliset työskentelylle esimerkiksi olosuhteiden ja logististen ratkaisuiden osalta.

Pitää myös olla valmis suunnitelma siitä, mitä tullaan rakentamaan, sekä valmis suunnitelma siitä, miten rakentamisen testaus tullaan dokumentoimaan. Lisäksi toteutussuunnitelmat pitää olla toteutettavan urakan osalta toteuttamiskelpoiset, ja hankinnat tulee olla ajoitettuna tahtimallin toteuttamisen mukaisesti.

7 Hankkeen kuvaus

Tässä luvussa kuvataan Laakson yhteissairaala -hanke yleisellä tasolla, sekä osapuolet, urakkamuodot, integraatiotasot, osittelu, ajoitus ja tahtiaikataulu.

7.1 Hankkeen yleiskuvaus

Laakson yhteissairaala -hanke on yksi isoimpia sairaalarakennus- ja ylipäättään rakennushankkeita, joita Suomessa on milloinkaan toteutettu. Sairaala-alueen uudistaminen on aloitettu vuonna 2022, ja hanke jatkuu vuoteen 2030 saakka. [24, s. 15.]

Hanke koostuu maanpäällisestä ja maanalaisesta uudisrakentamisesta ja korjausrakentamisesta. [24, s. 15.]

Uudisrakentaminen sisältää Laakson sairaala-alueelle rakennettavat kaksi uutta sairaalarakennusta: päärakennuksen ja pohjoisen uudisrakennuksen, sekä alueelle rakennettavan huoltorakennuksen. Uudet sairaalarakennukset korvaavat nykyisin hajallaan olevia ja huonossa kunnossa olevia sairaalatiiloja, joita ei saada peruskorjaamalla vastaamaan nykyisiä tarpeita. [24, s. 15–16.]

Näiden lisäksi hankkeessa rakennetaan Auroran sairaalan portilta Laakson sairaala-alueelle maanalainen ajoyhteys, sekä logistiikkatunneleita.

Alueelle rakennetaan myös maanalaisia paikoitus-, huolto- ja logistiikkatiloja.

Korjausrakentamiseen puolestaan liittyy kaksi Laakson sairaala-alueella säilytettävää historiallista 1920-luvun sairaalarakennusta, jotka tullaan peruskorjaamaan. [24, s. 15–16.]

Lisäksi hankkeeseen kuuluu Mäntsälään Ohkolan alueelle rakennettava uusi sairaalarakennus. [24, s. 15.]

Uudisrakentamisen laajuus päärakennuksen, pohjoisen uudisrakennuksen sekä Ohkolan uudisrakennuksen osalta on 114 000 brm². Korjausrakentamisen laajuus kahden peruskorjattavan sairaalarakennuksen osalta on 18 000 brm². Hankkeen kokonaiskustannusarvio on yli miljardi euroa. [24, s. 12–13.]

Hankkeen toteuttaminen on vaatinut mittavia valmistelevia purkutöitä, esimerkiksi päiväkodin, terveyskeskuksen ja neljän asuinrakennuksen purkamisen. Purkutyöt tulevat jatkumaan edelleen. [24, s. 21.]

7.2 Allianssin osapuolet ja urakkamuoto

Laakson yhteissairaala -hanke toteutetaan allianssimallilla. Tilaajaosapuolena toimii Kiinteistöosakeyhtiö Laakson yhteissairaala, joka on Helsingin kaupungin sekä Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin (HUS) yhteisomistuksessa. [24, s. 19.]

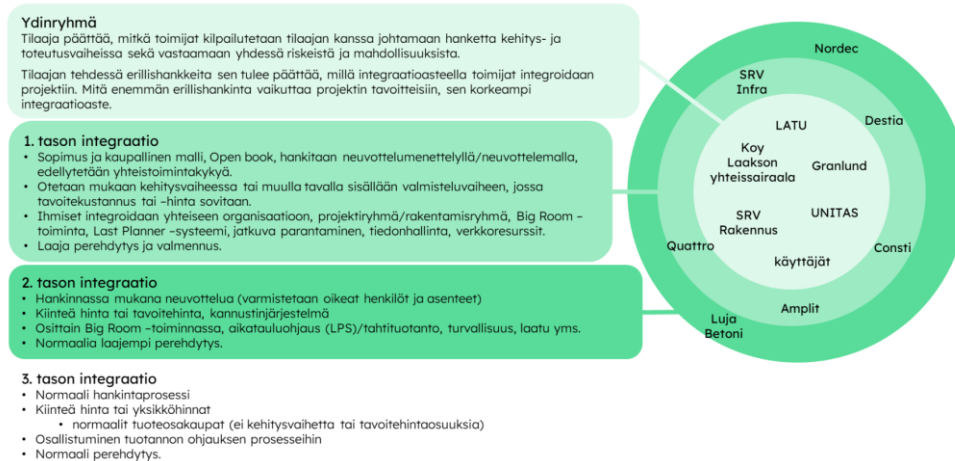
- Hankkeen toteuttajana ja allianssin rakentajaosapuolena toimii SVR Rakennus Oy.
- Pää- ja arkkitehtisuunnittelusta vastaa suunnitteluosapuoli Laakson LATU, jonka muodostavat AW2 Architects, Lukkaroinen Arkkitehdit, Arkkitehtitoimisto Tähti-Set ja Uki Arkkitehdit.
- Rakenne-, geo- ja kalliosuunnittelusta vastaa suunnitteluosapuoli Unitas, johon kuuluvat A-Insinöörit ja AFRY.
- LVISA-suunnittelusta vastaa Granlund.

Lisäksi hankkeessa muodostettuja alaurakka-alliansseja ovat:

- Infratöiden alaurakka-allianssi, jonka muodostavat SRV Infra ja Destia.
- Talotekniikan alaurakka-allianssi, jonka muodostavat Amplit, Consti Talotekniikka ja Quattroservices. [24, s. 19.]

7.3 Integraatiotasot

Laakson yhteissairaala -hankkeessa kokonaisuutta on optimoitu integroimalla toimitusketju alla olevan kaavion mukaisesti.



Kuva 11. Toimijoiden integraatio ja integraatioasteet LYS-hankkeessa. [24, s. 32.]

Allianssin ydinryhmän muodostavat tilaaja Kiinteistöosaakeyhtiö Laakson yhteissairaala (Koy Laakson yhteissairaala), sekä SRV, LATU, Granlund, UNITAS ja käyttäjät. Nämä toimijat johtavat hanketta kehitys- ja toteutusvaiheissa ja vastaavat yhdessä riskeistä ja mahdollisuuksista. [24, s. 32.]

Ensimmäisen integraatiotason muodostavat SRV Infra, Destia, Consti, Amplit ja Quattroservices. Nämä toimijat otetaan hankkeeseen mukaan kehitysvaiheessa, ja ne integroidaan yhteiseen organisaatioon. Nämä toimijat ovat myös jatkuvasti mukana Big Room -toiminnassa, ja toimijoille tarjotaan myös laaja perehdytys sekä valmennus hankkeeseen ja sen toimintaperiaatteisiin, allianssimalliin, sekä Leaniin. [24, s. 32.]

Toisen integraatiotason muodostavat hankkeen runkotoimittajat Luja Betoni ja Nordec. Ne ovat vain osittain mukana Big Room -toiminnassa, mutta silti niillekin tarjotaan normaalia laajempi perehdytys. [24, s. 32.]

Kolmannen tason integraation muodostavat loput kumppanit ja toimittajat, joihin sovelletaan normaaleja hankintaprosesseja. Perehdytys ei ole niin laajaa kuin toisessa ja ensimmäisessä integraatiotasossa. [24, s. 32.]

7.4 Hankkeen osittelu ja ajoitus

Laakson yhteissairaala -hanke on jaoteltu kuuteen osaprojektiin (OP). Kukin osaprojekti jakautuu useisiin kehitys- (KV) ja toteutusvaiheisiin (TV,) ja niillä on omat tavoitekustannuksensa. [24, s. 20.]

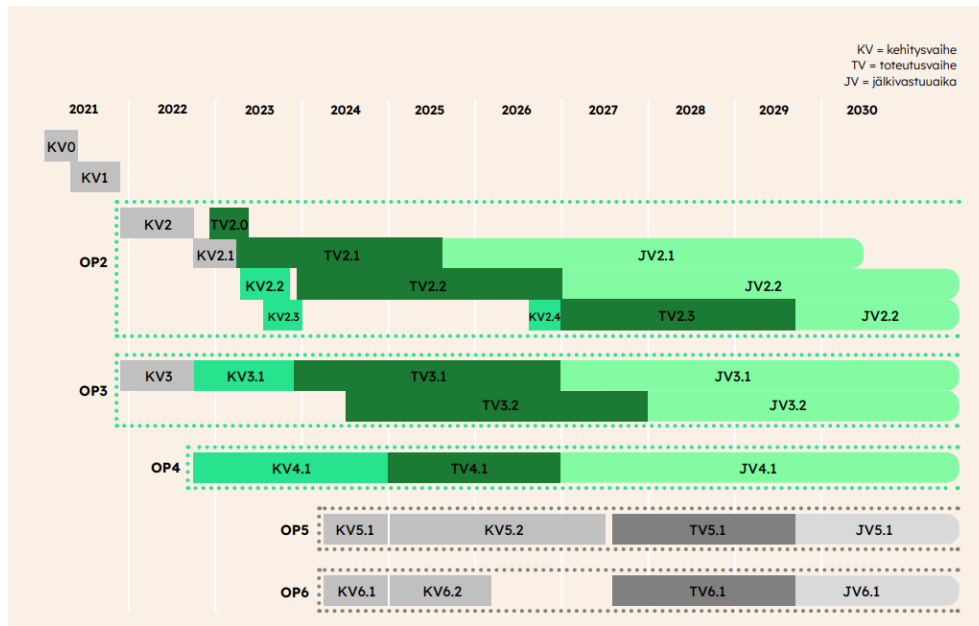
Kehitysvaiheen tavoitteena on kehittää suunnitelmat sellaiselle tasolle, että suunnitelmien voidaan todeta vastaavan tilaajan tavoitteita. Lisäksi riskit ja kustannukset ovat hallinnassa, hinnoitellut suunnitelmat ovat tilaajan antamissa budjettiraameissa, ja allianssilla on toteuttamiskelpoinen ja järkevä suunnitelma hankkeen toteuttamiseksi. [24, s. 26.]

Toteutusvaiheet jaetaan rakentamisvaiheeseen ja jälkivastuu-aikaan. Rakentamisvaiheessa allianssin tehtävänä on toteuttaa suunnitelmat ja osoittaa, että tilaajan tavoitteet on saavutettu, sekä luovuttaa kohde tilaajalle, jonka jälkeen siirrytään jälkivastuu-aikaan. Jälkivastuu-aika on viisi vuotta. Sinä aikana tehdään yhteisesti sovitut sellaiset huoltotoimenpiteet, jotka eivät kuulu normaaleihin kiinteistön huolto- ja ylläpidon tehtäviin, sekä takuukorjaukset. [24, s. 26.]

Yhteissairaala-hankkeen osaprojektit on jaoteltu seuraavasti:

- OP1: Allianssin kehitysvaihe 1
- OP2: Infra- ja valmistelevat työt
- OP3: Päärakennus
- OP4: Ohkolan uudisrakennus
- OP5: Pohjoinen uudisrakennus

- OP6: Säilyvät rakennukset [24. s. 20.]



Kuva 12. Osaprojektien ja toteutus-, sekä kehitysvaiheiden ajoitukset. [24, s. 27.]

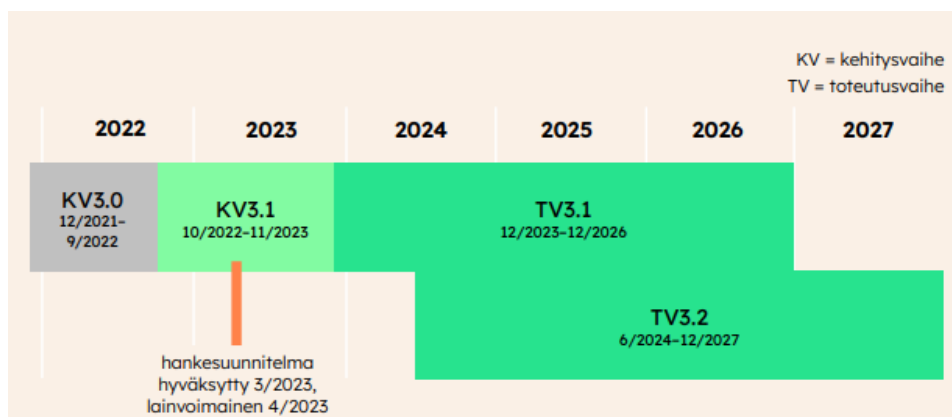
Tässä opinnäytetyössä käsitellään hanketta pääosin päärakennuksen eli kolmannen osaprojektin (OP3) näkökulmasta, mistä syystä muita osaprojekteja ei lähdetä tarkemmin avaamaan.

7.5 Päärakennus (OP3)

Laakson yhteissairaalan uusi päärakennus eli OP3 on hankkeen suurin ja näkyvin osa. Sen suunnittelussa on huomioitu laajasti energiaviisautta ja tehokkuutta. Rakennus tulee alittamaan nykyisten vertailukohteena olevien sairaaloiden ylläpitokustannukset. Hankkeessa on myös 10 prosenttia kansainvälistä määräystasoa alhaisempi energiatehokkuustavoite. [24, s. 98.]

Korkeimmillaan päärakennus on kahdeksankerroksinen, ja rakennus koostuu jalustaosasta sekä kuudesta keskenään lähes samanlaisesta kerroksesta. Rakennus on jaettu neljään lohkoksi LA, LB, LC ja LD, joista LD ja LC lohkot

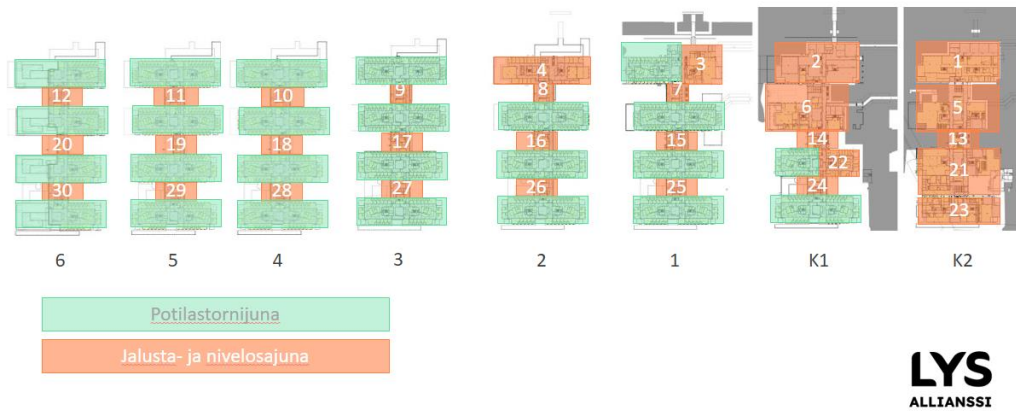
kattavat rakennuksen pohjoisosan, ja LB ja LA lohkot rakennuksen eteläosan.
[24, s. 105.]



Kuva 13. Päärakennuksen (OP3) toteutuksen ajoitukset. [24, s. 100.]

Päärakennus on jaettu kahteen toteutusvaiheeseen: TV3.1 ja TV3.2, joista ensimmäiseen TV3.1 vaiheeseen kuuluu rakennuksen pohjoisosa, eli lohkot LD ja LC. Seuraavaan toteutusvaiheeseen TV3.2 kuuluu puolestaan rakennuksen eteläosa, eli lohkot LB ja LA. Jaon tarkoituksena on mahdollistaa rakennuksen luovutus kahdessa osassa. Toisin sanoen rakennuksen pohjoisosa voidaan ottaa käyttöön eteläosan vielä ollessa rakenteilla. [24, s. 100-102.]

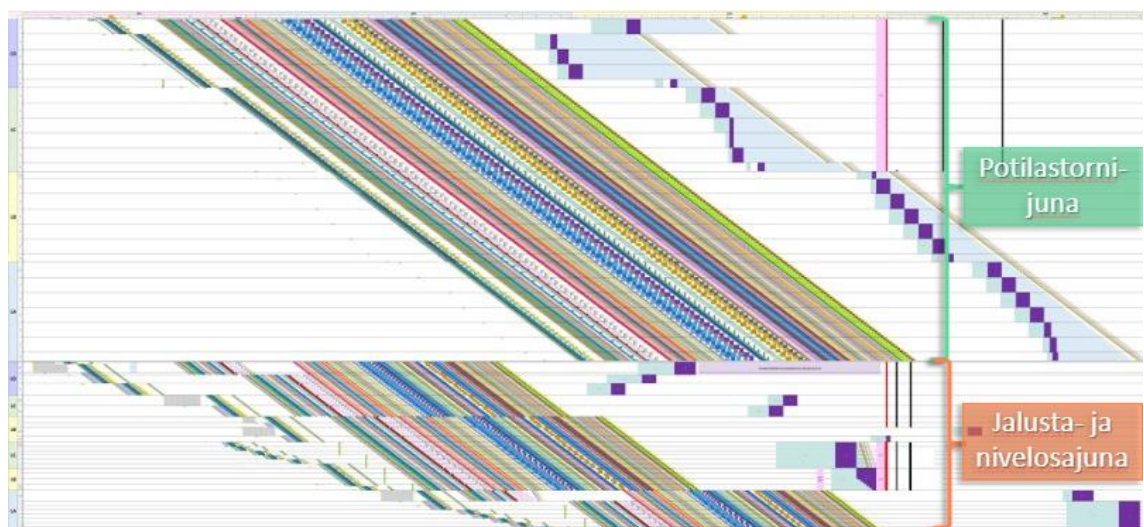
Päärakennuksen (OP3) sisävalmistusvaiheen töiden toteutuksessa hyödynnetään tahtituotantoa pintabetonilattioista eteenpäin. Hankkeessa on kaksi erillistä tahtijunaa: potilastornitahti, sekä jalusta- ja nivelosatahti. Toinen juna käsittää potilastornien rakentamisen aikataulun ja toinen juna jalustan, sekä nivelosien rakentamisen aikataulun. Tahdin ulkopuolisiksi töiksi on jätetty runko-, julkisivu, sekä vesikattotyöt, jotka toteutetaan normaalin tuotannon periaatteella. [24, s. 105-106.]



Kuva 14. Kahden junan periaatekuva. Vihreällä potilastornijuna ja oranssilla jalusta- ja nivelosajuna. [24, s. 106.]

Jalusta- ja nivelosajunaan sisältyy kokonaisuudessaan kerros K2, hieman yli puolet kerroksesta K1 ja pääsääntöisesti kerroksissa 1-6 lohkoja erottavien nivelosien työt.

Vastaavasti potilastornijunaan sisältyy pääsääntöisesti kerroksien 1-6 kaikkien lohkojen LA, LB, LC ja LD työt muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta.



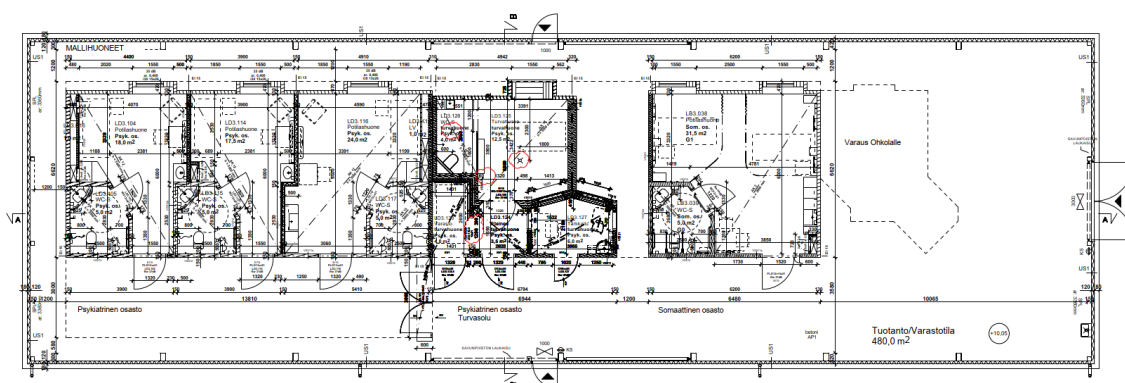
Kuva 15. Osa molempien junien tahtiaikataulusta vuodelle 2025. [25.]

8 LYS tahtimalli

Laakson yhteissairaala (LYS) -hankkeessa rakennetaan tahtimalleja varten erillinen tilapäinen malliasennushalli Laakson kentän pohjoisosaan. Halli on yksi-kerroksinen ja kooltaan noin 480 m². Halli on suunniteltu olevan käytössä alle viisi vuotta, jonka jälkeen se on tarkoitus purkaa. Hallissa käytetyt rakennusmateriaalit on suunniteltu mahdollisimman pitkälti uudelleenkäytettäviksi.

8.1 LYS tahtimallin sisältö

Malliasennushalliin rakennetaan käytännössä päärakennuksen psykiatrisen osaston tahtialuetta vastaava kokonaisuus. Tämä sisältää kolme eri kokoista psykiatrian potilashuonetta. Lisäksi halliin mallinnetaan jalustan tiloja sisältäen turvahuoneen, sekä turvahuoneen yhteyteen rakennettavan tarkkailuhuoneen. Tämän lisäksi halliin rakennetaan myös somatiikan potilashuone, sekä kaikkien edellä mainittujen tilojen edessä kulkeva käytävätila. Lisäksi halliin jätetään varaus mahdollisesti myöhemmin rakennettavaa Ohkolan (OP4) mallitilaa varten.



Kuva 16. Laakson kentälle rakennettavan malliasennushallin pohjapiirustus. [25.]

Kyseiset mallitilat rakennetaan halliin kokonaisuudessaan täysin identtisesti siihen nähden, miten ne tullaan toteuttamaan päärakennuksessa. Tähän liittyen oleellisena vaatimuksena on ollut myös saada malliasennushalliin tarvittava korkeus, jotta se vastaa todellista päärakennuksen holviväliä. Tahtimallien

tekeminen ja tekemisen mittaus / testaus aloitetaan maanvaraisista lattioista, ja erilaiset mittaukset / testaukset jatkuvat koko tilojen valmistumisen ajan aina luovutuspisteeseen saakka.

Tänä aikana testataan kaikki rakennus- ja talotekniset urakat vaunuineen, jotka tullaan toteuttamaan kyseisellä tahtialueella. Vaunuja sisältyy tähän kokonaisuuteen noin 160 kappaletta. Sitä mukaa kun tahtimalleja rakennetaan, toteutetuista urakoista täytetään mitatut / testatut tulokset tämän opinnäytetyön ohella laadittuun tahtimalliraporttipohjaan. Tulokset dokumentoidaan, ja niiden pohjalta tehdään mahdollisesti tarvittavat muutokset tahtisuunnitelmiin.

8.2 Laakson yhteissairaala -hankkeen tahtimallin aikataulu

Tämän opinnäytetyön kirjoitushetkellä tahtimallien aikataulu on laadittu siten, että ensimmäiset työt malliasennushallissa alkavat viikolla 14/2024 lattiavalujen merkinnöillä. Tahtimallien rakennustyöt jatkuvat tästä eteenpäin sitä mukaa, kun päärakennukseen saadaan valittua ja hankittua urakoitsijat, jotka tulevat toteuttamaan tahtimallin ennen varsinaista päärakennukseen tahtituotannolla toteutettavaa urakkaansa. Kaikkien tahtimallien toteutus vie yhteensä minimissään noin 17 kuukautta.

9 Tahtimalliraportti

Tässä luvussa kuvataan, mikä on Laakson yhteissairaala -hankkeen tahtimallia varten tässä opinnäytetyössä luotu tahtimalliraportti, joka sisältää yli 40 tahtimallissa tarkastettavaa ja mitattavaa kohtaa. Lisäksi kappaleessa avataan prosessia tahtimalliraportin luomisen taustalla ja kuvataan tahtimalliraportin sisältö niiltä osin kuin se ei ole salassapitovelvoitteen alaista. Raporttikokonaisuuden laatimisen haastetta on lisännyt se, ettei vastaavanlaista raporttia ole aiemmin luotu, toisin sanoen työ on aloitettu puhtaalta pöydältä.

9.1 Tahtimalliraportin kuvaus

Tahtimalliraportti on Laakson yhteissairaala -hankkeen päärakennuksen tahtimallien rakentamisen testaamista varten luotu raporttipohja, jota on tarkoitus myös hyödyntää SRV:n tulevissakin hankkeissa. Tahtimallin ollessa laaja kokonaisuus erilaisine rakennus- ja taloteknisine töineen, sekä logistiikkaratkaisuihin, on hankkeen päärakennuksessa päätetty kehittää yhtenäinen tahtimalliraporttipohja, johon erilaiset testaus- ja mittaustulokset täytetään.

Tahtimalliraporttipohja on luotu tämän opinnäytetyön kirjoittajan ja useiden hankkeen parissa työskennelleiden henkilöiden yhteistyönä.

9.2 Tahtimalliraportin luomisen prosessi

Tahtimalliraportin luominen on lähtenyt liikkeelle tunnistetusta tarpeesta luoda raporttipohja, jota ennen oli oltava jo selkeä visio mallinnettavista tiloista, esimerkiksi mallissa testattavat asiat, kuten myös tahdin toteutusaikataulu ja vauvunulista.

Heti luomisprosessin alussa, kun on määritelty tarkasteltavia kohtia, kuten työaika- ja materiaalimenekit, on päädytty lopputulemaan, että tahtimallin teko halutaan videoida, jotta työsuorituksiin voidaan palata tarvittaessa jälkikäteen.

Tämä on edellyttänyt suunnitelmaa tarvittavasta videointijärjestelmästä sekä kameroiden optimaalisesta sijoittelusta.

Itse tahtimalliraportin sisällön määrittämisen lähtökohtana on toiminut SRV:n toimihenkilöiden yhteistyössä kehittämä lista sellaisista asioista, joita tahtimallissa halutaan testata. Listaa on lähdetty kehittämään eteenpäin lukuisissa palaverissa erilaisilla osallistujakokoonpanoilla. Mukana ovat olleet esimerkiksi päärakennuksen (OP3) projektipäällikkö, aikatauluvastaava, aikatauluinsinööri, logistiikasta vastaava työnjohtaja, hankkeen laatu- ja ympäristöinsinööri, hankkeen logistiikkatoimijan suunnittelija ja vanhempi työnjohtaja. Tämän opinnäytetyön laatija on toiminut palaverien koolle kutsujana, sekä sihteerinä ja välillä puheenjohtajana.

Listaa on kehitetty palaverissa avoimen haastattelun keinoin. Keskustelut ovat edenneet ennalta määritetyn agendan ja tavoitteiden mukaisesti avoimesti ja vapaasti ideoita jatkokehittäen ja lisäkysymyksiä.

9.2.1 Luomisprosessissa läpi käytyjä asioita

Tahtimalliraporttipohjan laatimisen alussa havaittiin, että osa tahtituotannon toteuttamiseen liittyvistä mitattavista kohdista, kuten esimerkiksi materiaali- ja työaikamenekit olivat melko selkeitä asioita, joten niiden määrittäminen sujui helposti. Melko nopeasti kuitenkin selvisi, että monien muiden kohtien määrittäminen ei ollutkaan niin yksiselitteistä, vaikka alussa toki otsikkotason hahmotelma oli mitattavista asioista.

Tahtituotannon onnistumisen kannalta yksi merkittävimmistä tekijöistä on logistiikka. Logistiikkatoimijan kanssa pidetyissä palaverissa on käyty läpi muun muassa yleinen ajatus raporttipohjasta, jotta on voitu varmistaa kaikkien osapuolien ymmärrys raporttipohjan tavoitteita kohtaan. Tämän jälkeen on määritetty, mitä asioita logistiikan osalta halutaan tahtimallissa testata, sekä miten asiat tullaan testaamaan. Lisäksi on sovittu yhteistuumin, miten asiat tullaan raporttipohjaan kirjaamaan, esimerkiksi käytettävien yksiköiden osalta. Lisäksi on

pohdittu esimerkiksi kuka/ketkä testaavat ja minkäkin asian, kirjaavat tuloksia raporttipohjaan ja kehittävät ratkaisuja mahdollisesti havaittuihin haasteisiin.

Vastaavanlaisia palavereita on käyty läpi myös hankkeen ympäristö- ja laatuinsinöörien sekä aikatauluvastaavan kanssa koskien erilaisia laatuasioita sekä tahtimallista syntyvän ja mitattavan jätemäärän tarkastelua.

9.3 Tahtimalliraportin sisältö

Tässä kappaleessa kuvataan tahtimalliraportin sisältö yleisellä tasolla siltä osin kuin se ei ole salassa pidettäväksi katsottavaa tietoa. Tahtimalliraportin sisältöön kuuluvat:

- Työaika- ja materiaalimenekit
- Vaunujen yhteensovitus
- Mahdollisesti tunnistamattomat työvaiheet
- Mahdollisesti havaitut puutteet suunnitelmissa/piirustuksissa
- Eri työvaiheiden välisten vastaanottomenettelyiden sujuvuus
- Vaunukohtainen laatu
- Urakoitsijoiden itselleluovutukset
- Logistiikka sisältäen esimerkiksi erilaisten suunnitelmien, haalauksen, järjestelmien käytön sekä erilaisten tarkastusten tarkastelun
- Urakoissa syntyneiden jätemäärien sekä jätehuollon tarkastelu
- Turvallinen työskentely.

9.4 Tahtimalliraportin käyttö

Tahtimalliraportin ollessa laaja ja moniosainen kokonaisuus on havaittu, että raportin käyttöä varten on järkevintä luoda erillinen raportin käyttöä ohjeistava dokumentti. Tässä vajaa 10-sivuisessa dokumentissa kuvataan tarkemmin ohjeet kunkin kohdan täyttämiseksi, sekä kuvataan vastuiden jako eri osapuolien välillä kohtien täyttämiseksi ja ratkaisuiden kehittämiseksi. Vastuita on jouduttu jakamaan niin päätoteuttajan kuin alaurakoitsijoiden sekä logistiikkatoimijan toimihenkilöiden ja työnjohtajien välillä.

Tahtimalliraporttipohjan laajuudesta johtuen on havaittu, että on järkevintä jakaa vastuita siten, että kustakin kohdasta parhaiten tietävät ja niiden parissa työskentelevät tahot mittaavat ja kirjaavat tulokset raporttipohjaan. Lisäksi erilaisten ratkaisujen kehittäminen mahdollisesti havaittuihin poikkeamiin on koettu järkeväksi määritellä erikseen.

Esimerkiksi logistiikan osalta on koettu järkevimmäksi vaihtoehdoksi, että kyseisen kategorian kohtien testauksen ja tulosten kirjaamisen hoitaa pitkälti logistiikkatoimija itse, koska heillä on paras tietämys omista järjestelmistään sekä toimintatavoistaan. Näin menettelemällä pystytään myös välttämään yksittäisen tahon liikakuormitusta sen takia, että pitäisi keskittyä liian moneen asiaan samanaikaisesti. Lisäksi mittauksia varten ei tarvitse palkata erillistä mittaajaa, kun vastuut on jaettu tasaisesti ja järkevästi.

10 Tulokset

Osana tätä opinnäytetyötä kehitettiin LYS-hankkeelle sekä samalla SRV Rakennus Oy:lle yhtiön tulevia hankkeita varten tahtimalliraporttipohja. Raporttipohja on laadittu Microsoft Wordilla, ja pohja sisältää noin 40 tahtimallin tekemisestä mitattavaa ja testattavaa kohtaa, esimerkiksi työaika- ja materiaalimenekit, vau- nujen yhteensovitus, mahdollisesti tunnistamattomat työvaiheet, mahdollisesti havaitut puutteet suunnitelmissa/piirustuksissa, eri työvaiheiden välisten vas- taanottomenettelyiden sujuvuus, vaunukohtainen laatu, urakoitsijoiden itselle- luovutukset, logistiikka, urakoissa syntyneiden jätemäärien ja jätehuollon tarkas- telu, sekä turvallinen työskentely.

Tahtimalliraporttipohjaa käytetään niin talo- kuin rakennusteknisten urakoiden sekä niihin liittyvän logistiikan, jätehuollon ja turvallisuuden testaamiseen.

Tahtimalliraporttipohja on melko pitkä ja paljon erilaisia kohtia sisältävä doku- mentti, joten asioiden mittaus / testaus ja tulosten täyttäminen raporttipohjaan on melko työlästä. Siksi pohjan käyttöä varten luotiin myös ohjeistava, sekä tes- tauksen / mittauksen ja tulosten täyttämisen vastuunjako selkeyttävä noin 10- sivuinen dokumentti. Vastuita päädyttiin jakamaan niin pää- kuin alaurakoitsijoi- den sekä logistiikkatoimijan työntekijöiden kesken.

11 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tämän opinnäytetyön tavoite oli tutkia Laakson yhteissairaala -hankkeen päära- kennuksen tahtituotannon tukemiseksi toteutettavia tahtimalleja, sekä luoda yh- dessä sairaalahankkeen työmaaorganisaation kanssa tahtimallien testauksen dokumentointia varten tahtimalliraporttipohja. Työ toteutettiin perehtymällä tahti- tuotannon pohjana toimivaan Lean-teoriaan ja sen ajatusmalleihin, sekä Lean- rakentamisen ja tahtituotannon teoriaan, sekä haastatteleamalla sairaalahank- keen parissa työskenteleviä henkilöitä.

Tahtimallista ei löytynyt valmista kirjallisuutta, joten käsitys tahtimallista muodostettiin haastatteleamalla hankkeen parissa työskenteleviä avainhenkilöitä.

Tahtimalliraportin luomisen mahdollisti laaja yhteistyö eri toimijoiden välillä sekä avoimet haastattelut, joihin osallistui lukuisia hankkeen parissa työskenteleviä henkilöitä. Tässä opinnäytetyössä kehitettyä tahtimalliraporttia voidaan hyödyntää kohteissa, joissa aiotaan tehdä tahtimalleja.

LYS-hankkeessa päärakennuksen sisävalmistusvaiheen työt toteutetaan pääsääntöisesti tahtituotannolla. Tahtituotanto pohjautuu Lean-filosofiaan ja -menetelmiin, jotka voidaan nähdä pohjautuvan pitkälti Toyotan tuotantosysteemiin. Onnistuneen tahtituotannon kulmakivinä ovat esimerkiksi toimivat tahtisuunnitelmat ja -aikataulut, jatkuvan tuotannon virtauksen varmistaminen, hukan minimointi sekä onnistunut kokonaisuuden optimointi.

Tahtituotanto on lukuisten potentiaalisten hyötyjensä lisäksi riskialtista, joten LYS-hankkeessa on haluttu lähteä toteuttamaan erilliseen tilapäiseen malliasennushalliin tahtimallit eri urakoista. Tahtimalleilla pyritään varmistamaan erilaisten suunnitelmien toimivuus sekä minimoimaan jäljelle jäävät riskit ennen varsinaisen tahtituotannon aloitusta päärakennuksessa.

11.1 Tahtimalli

Tahtimallista ei käsitteenä löytynyt kirjallisuutta, joten ajatuksia tahtimallien taustalta lähdettiin selvittämään sähköpostihaastattelujen avulla. Haastateltaviksi päätyivät LYS-hankkeen osaprojekti kolmen projektipäällikkö ja aikataulu-vastaava.

Haastattelussa esitettiin sarja kysymyksiä liittyen tahtimalliin. Vastausten avulla muodostettiin käsitykset siitä, mikä ylipäätään on tahtimalli, mitä sen toteuttamisella tavoitellaan, mikä on optimaalinen ajoitus tahtimallin toteuttamiselle,

millaisessa hankkeessa tahtimallin tekeminen on järkevää ja mitä edellytyksiä tahtimallin tekemisellä on.

Tahtimallilla tarkoitetaan yksittäisen urakan mallisuoritusta painottuen tahtituotannon näkökulmaan. Suurimpana erona perinteisesti toteutettavaan mallisuoritukseen on asiat, joita mallissa tarkastellaan. Perinteisesti malli tehdään esimerkiksi laatua, työsuorituksen oikeellisuutta tai käyttäjien toiminnallista tarkastelua varten, mutta tahtimallissa pääpaino on työtapojen ja tuotannon optimoinnissa. Tämä voi sisältää esimerkiksi materiaalien optimaalisen määrän, sijoittelun tai työjärjestyksen tarkastelun.

Tahtimallin rakentamisen keskeisimpiä tavoitteita Laakson yhteissairaala -hankkeessa ovat tahtisuunnitelman oikeellisuuden testaaminen, tehostettavien asioiden ja ennakkovalmistettavien tuotteiden tunnistaminen, tahtituotannon virtauksen varmistaminen, sekä tahtituotannon vaarantavien puutteiden ja esteiden tunnistaminen ja ratkaiseminen.

Tahtimallin tekeminen voidaan katsoa kannattavaksi silloin, kun kohteessa on paljon toistuvuutta, kuten tahtituotannolla toteutettavissa kohteissa yleensä on. Mitä isompi kohde on, sitä enemmän siellä on luonnollisesti toistuvuutta. Tahtimallin toteuttamisen järkevyyttä täytyy myös arvioida kustannusten osalta. Toisin sanoen täytyy arvioida, ylittääkö mallin tekemisestä potentiaalisesti saatavat hyödyt sen rakentamisesta aiheutuvat kustannukset. Tämä myös korreloi vahvasti kohteen laajuuden kanssa.

Tahtimallin tekemisen ajoituksen voidaan sanoa olevan optimaalinen noin kaksi kuukautta ennen kuin kyseistä urakkaa lähdetään toteuttamaan varsinaisessa tuotannossa. Ajoitus tulee olla riittävän aikainen, jotta mallista saatavaa tietoa ehditään ylipäätään hyödyntää tahtisuunnittelussa. Lisäksi, jos huomataan jokin, jonka korjaaminen on hidasta, on korjaustoimenpiteisiin jäätävä riittävästi aikaa.

Edellytyksinä tahtimallien rakentamiselle ovat sopivat tilat, jotka ovat optimaaliset työskentelylle esimerkiksi olosuhteiden ja logististen ratkaisuiden osalta. Lisäksi tahtimallin rakentamisen edellytykseksi voidaan lukea suunnitelmat siitä, mitä tul- laan tekemään ja miten tekemisen testaus toteutetaan ja dokumentoidaan. Myös suunnitelmat tulee olla toteuttamiskelpoiset, ja hankinta tulee olla ajoitettu mallin toteutuksen mukaan.

11.2 Tahtimalliraporttipohja

Osana tätä opinnäytetyötä kehitettiin LYS-hankkeelle sekä samalla SRV Raken- nus Oy:lle yhtiön tulevia hankkeita varten tahtimalliraporttipohja. Raporttipohja on laadittu Microsoft Wordilla, ja pohja sisältää noin 40 tahtimallin tekemisestä mitattavaa ja testattavaa kohtaa. Tahtimalliraporttipohjaa käytetään niin talo- kuin rakennusteknisten urakoiden sekä niihin liittyvän logistiikan, jätehuollon ja turvallisuuden testaamiseen.

Tahtimalliraporttipohjan luominen lähti liikkeelle siitä, että tarve tällaiselle doku- mentille oli tunnistettu. Tarpeen tunnistamisen jälkeen hankkeen parissa työ- kennelleet toimihenkilöt loivat karkean tason listan asioista, joita halutaan tes- tata. Listaa lähdettiin työstämään ja kehittämään opinnäytetyön tekijän sekä muiden työntekijöiden toimesta.

Pääasiallisesti dokumentin sisällön työstäminen tapahtui palavereissa, joissa käytiin aina ennalta määritetyn agendan mukaisesti tarvittavia asioita läpi avoi- men haastattelun periaatteella ja ideoita työstettiin yhdessä.

Lukuisten eri henkilöiden kanssa pidettyjen palaverien jälkeen tahtimalliraportti- pohjaan päätettiin sisällyttää seuraavat asiat otsikkotasolla kuvattuna: työaika- ja materiaalimenekit, vaunujen yhteensovitus, mahdollisesti tunnistamattomat työvaiheet, mahdollisesti havaitut puutteet suunnitelmissa/piirustuksissa, eri työ- vaiheiden välisten vastaanottomenettelyiden sujuvuus, vaunukohtainen laatu,

urakoitsijoiden itselleluovutukset, logistiikka, urakoissa syntyneiden jätemäärien ja jätehuollon tarkastelu, sekä turvallinen työskentely.

Kokonaisuuden alkaessa hahmottua havaittiin, että tahtimalliraportista tulee melko pitkä ja paljon erilaisia kohtia sisältävä dokumentti, joten asioiden mittaus / testaus ja tulosten täyttäminen tahtimalliraporttipohjaan tulisi olemaan melko työlästä. Tämän takia havaittiin järkeväksi luoda pohjan käyttöä ohjeistava, sekä testauksen / mittauksen ja tulosten täyttämisen vastuunjako selkeyttävä dokumentti. Vastuita päädyttiin jakamaan niin pää- kuin alaurakoitsijoiden sekä logistiikkatoimijan työntekijöiden kesken.

Tahtimalliraporttipohja saatiin toteutettua onnistuneesti, vaikka se olikin isompi ja hitaampi työ kuin oli ennalta ajateltu. Pohjaa tullaan todennäköisesti myöhemmin jatkossa kehittämään lisää, kunhan sen käytöstä saadaan kokemuksia ja mahdollisia kehitysideoita syntyy sen myötä.

Lähteet

1. Liker, Jeffrey K.; Niemi, Marko. 2010. Toyotan tapaan. Luettu 5.11.2023.
2. Heikinheimo, Lea; Malkavuori, Jani. 30.5.2022. Sujuva virtaus on lean-filosofian A ja O. Verkkoaineisto. Lab-ammattikorkeakoulu. <<https://blogit.lab.fi/labfocus/sujuva-virtaus-on-lean-filosofian-a-ja-o/>> Luettu 7.11.2023.
3. Saari, Arto. 11.12.2018. Virtauttaminen, RAIN-tutkimuksen loppuseminaari. Verkkoaineisto. Tampere University of Technology. <https://lci.fi/wp-content/uploads/2018/12/Arto-Saari_virtauttaminen_RAIN-20181211.pdf> Luettu 8.11.2023.
4. 13.12.2023. One Piece Flow in Manufacturing: Optimize Your Entire Production. Verkkoaineisto. SafetyCulture. <<https://safetyculture.com/topics/one-piece-flow/>> Luettu 9.11.2023.
5. Lean-ajattelu. Verkkoaineisto. Logistiikan Maailma. <<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lean-ajattelu/>> Luettu 9.11.2023.
6. Kahdeksan hukkaa. Verkkoaineisto. Mflow. <<https://mflow.fi/kahdeksan-hukkaa/>> Luettu 10.11.2023.
7. What is Heijunka. Verkkoaineisto. Businessmap. <<https://businessmap.io/continuous-flow/heijunka>> Luettu 10.11.2023.
8. Mäenpää, Kai. 18.10.2019. Hetkinen, hetkinen...mikä ihmeen Heijunka?? Verkkoaineisto. Excellence Finland. <<https://www.excellencefinland.fi/laatumedia/hetkinen-hetkinen...mika-ihmeen-heijunka.html>> Luettu 11.11.2023.

9. 17.6.2020. PDCA malli ja jatkuva parantaminen. Verkkoaineisto. MCS. <<https://mcs.fi/pdca-malli-ja-jatkuva-parantaminen/>> Luettu 11.11.2023.
10. Liljeström, Mats. 20.12.2022. Juurisyyanalyysi: Miksi, milloin ja miten? Verkkoaineisto. EcoOnline. <<https://www.ecoonline.com/fi/blogi/juurisyyanalyysi>> Luettu 12.11.2023.
11. What is Plan-Do-Check-Act Cycle? Verkkoaineisto. Businessmap. <<https://businessmap.io/lean-management/improvement/what-is-pdca-cycle>> Luettu 12.11.2023.
12. JIT (JUST-IN-TIME) JA IMUOHJAUS. Verkkoaineisto. Logistiikan Maailma. <<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>> Luettu 13.11.2023.
13. An Introduction to Lean Construction. Verkkoaineisto. Lean Construction Institute. <<https://leanconstruction.org/lean-topics/lean-construction>> Luettu 14.11.2023.
14. RIL 276-2021, Lean rakentamisessa. 2021. Rakennustieto. Luettu 15.11.2023.
15. Koskela, Lauri. 1992. Application of The New Production Philosophy to Construction. Luettu 17.11.2023.
16. Mikä on Last Planner? Verkkoaineisto. Projektipankki. <<https://www.projektipankki.net/LastPlannerEdut.aspx>> Luettu 18.11.2023.
17. Mitä on Lean-rakentaminen. Verkkoaineisto. Lean Construction Institute – Finland. <<https://lci.fi/lean-rakennusalalla/mita-on-lean-rakentaminen/>> Luettu 20.11.2023.
18. Allianssimalli. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Allianssimalli>> Luettu 20.11.2023.

19. Ratu KI-6036, Aikataulukirja. 14., uudistettu painos. 2024. E-kirja. Rakennustieto. Luettu 15.1.2024.
20. Junnonen, Juha-Matti. 2022. Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta. E-kirja. Rakennustieto. Luettu 17.1.2024.
21. Salminen, Juha. 18.2.2021. Mitä uutta tahtituotanto tuo rakentamisen tuotannonohjaukseen? Verkkoaineisto. Rakennuslehti. <<https://www.rakennuslehti.fi/2021/02/mita-uutta-tahtituotanto-tuo-rakentamisen-tuotannonohjaukseen/>> Luettu 18.1.2024.
22. Kiviranta, Jaakko. 2019. Tahtiaikataulun soveltuvuus hotellirakennushankkeen sisävalmistusvaiheiden aikataulutuksessa. Metropolia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/167860/Kiviranta_Jaakko.pdf?sequence=2&isAllowed=y> Luettu 20.1.2024.
23. Schroeder, Jason; Easton, Spencer. 2022. What is a Takt plan? Verkkoaineisto. Lean Construction Blog. <<https://leanconstructionblog.com/What-is-a-Takt-plan.html#>> Luettu 16.1.2024.
24. Härmä, Heidi; Hätönen, Ilkka; Kalliomäki, Maaria; Karjula, Eero; Kopra, Esa; Koskelo, Sari; Koskivirta, Tuomas; Martin, Alexander; Merikallio, Lauri; Mäkinen, Liisa; Nykter, Ulla; Paajanen, Janne; Penttinen, Liisa; Pohjonen, Jere; Ronkainen, Miika; Sariola, Benita; Silvennoinen, Santtu; Tulokas, Maarit; Tyni, Anni; Volanen, Emmi; Wallen, Rauli. 2024. Laakson yhteissairaala -hankkeen toteuttamissuunnitelma.
25. Laakson yhteissairaala -hankkeen rakennustuotannon asiakirjat.

