



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Elisa Piirilä

Tahtituotantoon siirtyminen rakennushankkeella

Opinnäytetyö

Kevät 2023

Rakennusmestari (AMK), Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Rakennusmestari (AMK), Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Elisa Piirilä

Työn nimi alaotsikoineen: Tahtituotantoon siirtyminen rakennushankkeella

Ohjaajat: Marita Viljanmaa (SeAMK), Suvi Partinen (Skanska Talonrakennus Oy)

Vuosi: 2023

Sivumäärä: 57

Liitteiden lukumäärä: 0

Rakennusalalle on rantautunut uusi tuotannonohjausjärjestelmä: tahtituotanto. Toyotan autotehtaalta lähtöisin oleva tuotannonohjausjärjestelmä herättää suurta kiinnostusta alalla, koska sen avulla on mahdollista tehostaa työskentelyä ja lyhentää rakennushankkeen läpimenoaikoja, mikä auttaa rakennusyrittystä erottumaan kilpailijoista. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia toimeksiantajan Skanska Talonrakennus Oy:n rakennushankkeella järjestetyn tahtituotannon koulutuksen kattavuutta tuotannon työnjohdon näkökulmasta. Tavoitteena oli löytää koulutuksessa ja työmaaorganisaation toimintatavoissa suurimmat kehityskohdat ja tarjota kerätyn tiedon pohjalta kehitysehdotuksia. Lisäksi opinnäytetyössä selvitettiin tahtituotannon haasteita ja niiden syitä.

Teoriaosuudessa perehdytään lean-filosofiaan ja -menetelmiin, joihin tahtituotantokin perustuu. Lisäksi osiossa vertaillaan tahtituotantoa rakennusalalla tutumpaan perinteiseen tuotannonohjaukseen. Samalla tahtituotannon käsitteistö, ohjausmekanismit sekä tahtituotannon hyödyt ja haasteet tulevat tutuiksi. Tutkimus on toteutettu laadullisena tutkimuksena, jonka tavoitteena on kehittää toimeksiantajan toimintaa. Aineistoa on kerätty henkilö- ja ryhmähaastatteluilla, alan kirjallisuudesta ja verkkojulkaisuista sekä hyödynnetty toimeksiantajan valmista aineistoa. Tutkimuksen analyysimenetelmänä on käytetty laadullista sisällönanalyysia sekä hyödynnetty sille ominaista menetelmää eli koodaamista aineiston järjestelyssä.

Tahtituotanto tuo mukanaan uusia haasteita tuotannon ohjaamiseen, mutta haasteet ovat ratkaistavissa, kun pyritään lean-opin mukaisesti jatkuvaan parantamiseen. Tahtituotannon koulutuksessa työnjohdolle olisi vielä parannettavaa, ja tämän opinnäytetyön tuloksissa on tarjottu kehitysehdotuksia koulutukseen. Tahtituotanto tulee seuraavien vuosien aikana vakiintumaan yleiseksi tuotannonohjaustavaksi rakennustyömailla, ja nyt on oikea aika kehittää omaa osaamistaan tahtituotannon saralla.

¹ Asiasanat: tahtituotanto, lean, tuotannonohjaus, työnjohto, tahtiohjaus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Construction Site Management

Specialisation: Building Construction

Author: Elisa Piirilä

Title of thesis: Transition to takt production in a construction project

Supervisors: Marita Viljanmaa (SeAMK), Suvi Partinen (Skanska Talonrakennus Oy)

Year: 2023

Number of pages: 57

Number of appendices: 0

A new production control system has come to the construction sector. The name of the new system is takt production. Takt production comes from Toyota car factory. The interest in the takt production is based on its ability to make work more efficient and to shorten the duration of construction projects. The goal of the thesis was to study and develop a company's takt production training, and to find the benefits and challenges of takt production.

The lean philosophy and methods on which takt production is based on are presented in the theoretical part. Takt production and traditional production control are compared in this part. The thesis also deals with the concepts of the takt time production and its control mechanisms, benefits, and challenges. The study was done as qualitative research. The sources of the study were interviews, literature, web sites and the company's documents. Qualitative content analysis was used as the analytical method for the study.

The takt production brings new challenges for construction projects. The challenges can be solved with the help of lean learning. The takt production training should also be improved and proposals for suggested improvement are presented in the thesis. The takt production will be in use the construction sector in the next few years and now is the right time to develop the skills in the takt production.

¹ Keywords: takt production, lean, production control, site supervision, takt control

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	1
Thesis abstract	2
SISÄLTÖ	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tausta ja tavoitteet	8
1.2 Työn sisältö	8
1.3 Tutkimuksen rajaus	9
1.4 Työn toimeksiantaja	9
2 TAHTITUOTANTO	11
2.1 Lean	11
2.2 Lean-filosofian historia	12
2.3 Virtauttaminen	14
2.4 Hukan poistaminen.....	14
2.4.1 Hajonnan pienentäminen	15
2.4.2 Last Planner System LPS	15
2.4.3 Sisäistetty laatu	15
2.4.4 Visuaalinen johtaminen	16
2.4.5 5S-työympäristön järjestäminen.....	17
2.4.6 Juurianalyysit ja 5 Miksi	18
2.4.7 Suunnittelun riippuvuusmatriisi	19
2.5 Last Planner System	19
2.6 Tahtituotanto rakennusalalla	22
2.7 Tahtituotannon hyödyt.....	23
2.8 Tahtituotannon haasteet.....	24
2.9 Tahtituotannon käsitteet	26
2.10 Kalifornian malli Takt Time Planning	27

2.11	Tahtituotannon ohjausmekanismit.....	29
2.12	Tahtituotannon eroavaisuus perinteisestä paikka-aikakaaviosta.....	31
3	TUTKIMUKSEN KOHDE JA KÄYTETYT MENETELMÄT.....	33
3.1	Hanke Assi	33
3.2	Työnjohto Assissa	34
3.3	Tutkimusmenetelmä	35
3.4	Aineistonkeruu.....	35
3.5	Analyysimenetelmä	37
4	TULOKSET	38
4.1	Tilanne ennen tahtituotantoon siirtymistä	38
4.2	Tahdin hyvät puolet.....	38
4.3	Koulutus	39
4.4	Haasteet tahtituotannossa.....	40
4.4.1	Sitoutuneisuus	41
4.4.2	Suunnitelmat	41
4.4.3	Tahdissa pysyminen	42
4.4.4	Logistiikka	43
4.4.5	Työvaiheen toteutus valmiiksi	44
4.4.6	Muut haasteet	45
4.5	Työmaan hyvät toimintatavat.....	46
5	YHTEENVETO	48
6	POHDINTA.....	52
	LÄHTEET	55

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Visuaalinen infotaulu työmaalla.	17
Kuvio 1. Toyota-talo	13
Kuvio 2. Digitaalisesti toteutettu Last Planner -taulu	20
Kuvio 3. Tahtiaikataulu.....	22
Kuvio 4. Havainnollistava kuva tahtituotannon käsitteistä	27
Kuvio 5. Havainnekuva Assi Ahveniston sairaalasta	34
Kuvio 6. Tuotannon viikkokello	47
Taulukko 1. Haastatteluun osallistuneet henkilöt.	37

Käytetyt termit ja lyhenteet

Aliurakoitsija	Osapuoli, joka sitoutuu vastiketta vastaan tekemään työn toiselle osapuolelle, esimerkiksi pääurakoitsijalle.
Allianssimalli	Tiiviiseen yhteistyöhön perustuva rakennushankkeen toteutusmuoto, jossa osapuolet vastaavat yhdessä projektin suunnittelusta ja toteutuksesta. Osapuolina voivat olla esimerkiksi tilaaja, urakoitsija, suunnittelija ja käyttäjä.
Arvo	Se osa tuotannosta tai palvelusta, mistä asiakas on valmis maksamaan.
Hukka	Se osa tuotannosta tai palvelusta, mistä asiakas ei ole valmis maksamaan. Turhaan tehty työ.
Ihmisojohtaminen	Tavoitteena on saada työntekijä sitoutuneeksi ja motivoituneeksi tekemään työnsä tavoitteiden mukaisesti ja kokemaan työnsä merkityksellisenä.
Imuohjaus	Lean-ajattelun mukainen tuotantotapa, jossa työvaihe käynnistyy vasta, kun sille on välitön tarve.
Jidoka	Kyky keskeyttää tuotanto ihmisvoimin tai koneellisesti, kun ilmenee toimintahäiriö, esimerkiksi laatuvirhe. Virheellinen suorite ei pääse eteenpäin arvovirrassa. Sen avulla parannetaan laatua.
Just In Time	Täsmätoimitukset. Materiaali toimitetaan vain tarpeeseen.
Last Planner System	Lean-rakentamisen työkalu lyhyen aikavälin suunnitteluun ja ohjaukseen.
Logistiikka	Materiaalivirtojen ja niihin liittyvien tietojen hallinta ja ohjaaminen rakennushankkeella.
MVR-mittaus	Maa- ja vesirakennustyömaan työturvallisuuden viikkotarkastus. Tuloksena saadaan työturvallisuuden taso prosenttilukuna.

Pullonkaula	Tahtituotannossa hitain työvaihe.
Pääurakoitsija	Päävastuullinen osapuoli projektissa, jolle kuuluu johtovelvollisuudet rakennustyömaalla. Rakennuttajan kanssa sopimussuhteessa.
Tietomalli	Rakennuskohteeseen ja -prosessiin liittyvät tiedot esitettynä kolmiulotteisesti digitaalisessa muodossa.
Toyota Product System	Toyotan autotehtaalta lähtöisin oleva tuotannonohjausjärjestelmä ja filosofia, johon lean perustuu.
Tuotanto	Tavaran tai palvelun valmisteleva ja tuottava liiketoimintaprosessi. Prosessi kestää tuotteen kehittelystä myyntiin. Rakennustuotanto tuottaa rakennuttajalle eli asiakkaalle halutun rakennuskohteen.
TR-mittaus	Rakennustyömaan työturvallisuuden viikkotarkastusmenetelmä. Tuloksena saadaan työturvallisuuden taso prosenttilukuna.
Tulipalojen sammuttelu	Rakennusalalla käytetty ilmaisu tilanteesta, jossa ongelma tulee yllätyksenä ja ongelma ratkaistaan vasta sen toteutuessa.
Työmaaorganisaatio	Työmaalla ihmisten yhteenliittymä, jonka päämääränä on ennalta asetettujen arvoa tuottavien tavoitteiden saavuttaminen.
Resurssi	Yrityksen aineellisia resursseja ovat esimerkiksi koneet, laitteet ja materiaali. Aineettomia resursseja ovat esimerkiksi työntekijöiden ammattitaito ja osaaminen sekä suhteet sidosryhmiin.
Riippuvuusmatriisi	Työkalu, jolla tunnistetaan tehtävien väliset riippuvuudet ja saadaan niiden optimaalinen suoritusjärjestys selville.
Viikkokello	Työmaan toistuvat palaverit ja työmaatarkastusten ajankohdat esitetään viikkokellossa.
Virtaus	Tasainen, imuohjaukseen perustuva prosessi.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyön tutkimusongelma liittyy tahtituotannon tuntemattomuuteen rakennusalalla ja alan työntekijöille. Tahtituotanto on suhteellisen uusi tuotannonohjaustapa rakennusalalla, joka yleistyy kovaa vauhtia myös meillä Suomessa. Tahtituotanto on ollut käytössä, tai ennemminkin voi puhua kokeilussa, jo jonkin aikaa Suomen rakennustyömailla, mutta silti hyviä käytännön toimintatapoja ei ole saatu välitettyä eteenpäin työyhteisön sisällä ja seuraaville rakennushankkeille. Meillä on paljon osaamista, mutta sitä ei osata jakaa työyhteisön sisällä eli se on suoranaista hukkaa, kuten lean-ajattelu meille opettaa. Alalla on useita työnjohdossa toimivia henkilöitä, joille ei ole vielä kertynyt käytännön kokemusta tahtituotannosta tai tahtituotanto on täysin vieras käsite sanastoineen. Tahtituotantoon siirtyminen, erityisesti kesken hankkeen, on iso muutos niin työnjohtajalle kuin aliurakoitsijalle. Salminen toteaaakin kirjassaan:

Jos työmaalla on totuttu perinteiseen tuotannonohjaukseen, joka perustuu tehtävien osittamiseen ja reiluihin puskureihin töiden välillä, tahtituotanto on melkoinen loikka tuntemattomaan. Jotta se onnistuisi, sille on luotava hyvät edellytykset. Osa edellytyksistä on inhimillisiä: on oltava tahto, valmius ja osaaminen toteuttaa tahtituotantoa. Osa taas on sopimuksellisten ja ajallisten puitteiden luomista, jotta tahtituotanto voidaan käynnistää. (Salminen, 2021a, s.149)

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia opinnäytetyön toimeksiantajan rakennushankkeella yrityksen tarjoamaa tahtituotannon koulutusta sekä tuotannon työnjohdon valmiutta ohjata ja valvoa tahtituotantoa. Tavoitteena on löytää työmaaorganisaation toimintatavoissa kehityskohdat perustuen kerättyyn tutkimustietoon ja tarjota kehitysehdotuksia sen pohjalta. Lisäksi tutkimuksessa selvitetään tahtituotannon haasteita ja sitä, mistä haasteet johtuvat.

1.2 Työn sisältö

Opinnäytetyön alussa pureudutaan tahtituotannon syntyperään ja sen kautta lean-filosofiiaan ja -toimintatapoihin, joista tahtituotantokin juontaa juurensa. Lisäksi osiossa avataan tahtituotannon keskeisiä käsitteitä ja vertaillaan tahtituotantoa rakennusalalla tutumpaan, perinteiseen tuotannonohjaukseen. Teoriaosio on koottu siten, että se antaisi

rakennusalan työnjohdollisissa tehtävissä toimivalle lukijalle mahdollisimman paljon hyödyllistä tietoa tahtituotannosta sekä toimintatapoja tahtituotannon ohjaukseen. Teoriaosuiden jälkeen on avattu tutkimuksen toteutusmenetelmiä. Sen jälkeen päästään tutkimuksen lopputulokseen. Tässä tutkimuksessa aineistoa on kerätty henkilö- ja ryhmähaastatteluilla, alan kirjallisuudesta, verkkojulkaisuista sekä hyödynnetty toimeksiantajan jo valmiina olevaa aineistoa. Viimeiseksi on opinnäytetyön tekijän omaa pohdintaa tutkimuksen onnistumisesta ja lopputuloksesta.

1.3 Tutkimuksen rajaus

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää tahtituotantoon annettavan koulutuksen kattavuus koulutuksen kohderyhmän eli työnjohdon näkökulmasta. Tutkimuksella selvitetään, saako työnjohto yrityksen järjestämästä koulutuksesta riittävästi tietoa tahtituotannosta ja sen soveltamisesta aliurakoitsijoiden suuntaan. Tavoitteena on lisäksi selvittää tahtituotannossa ilmeneviä haasteita.

Tutkimuskysymykset voi tiivistää seuraavasti:

- Kuinka kattavan koulutuksen rakennushankkeen työnjohto saa tahtituotantoon, ja miten koulutusta voisi kehittää?
- Mitä muita työkaluja ja tukea työnjohto saa tuotannon siirtyessä tahtituotantoon?
- Mitä haasteita tahtituotannossa työnjohtajalle tulee eteen tuotannon ohjaamisessa ja valvonnassa?

1.4 Työn toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Skanska Talonrakennus Oy, joka on osa Skanska Oy:tä. Skanska Oy kuuluu ruotsalaiseen Skanska AB-konserniin, ja Skanska Oy vastaa rakentamis- ja kalustopalveluista sekä asuntoprojektikehityksestä (Skanska, 2019).

Skanska Talonrakennus Oy kattaa talonrakentamisen, talotekniikan ja asuntoprojektikehityksen. Skanska Oy toimii Pohjoismaissa, Euroopassa ja Yhdysvalloissa ja on yksi maailman johtavista rakennus- ja projektikehityspalveluita tarjoavista yrityksistä (Skanska, 2019). Skanska AB-konsernin rakentamispalvelut on järjestetty maakohtaisiksi yksiköiksi, ja Skanska Suomessa työskenteli viime vuoden lopussa 2167 henkilöä.

Skanska Talonrakennus Oy:llä on kertynyt käytännön kokemusta tahtituotannon hyödyntämisestä ja käytöstä jo aikaisemmilta rakennushankkeiltaan, kuten esimerkiksi Ilveksen hotellisaneerauksesta ja Atrain-korttelista, johon sisältyy viisi uudiskerrostaloa. Kuitenkin tahtituotantoa voidaan pitää melko uutena tuotannonohjaustapana myös Skanskalla, ja kaikki siihen liittyvä tutkimustieto auttaa Skanskaa kehittymään ja parantamaan toimintaansa tulevissa rakennushankkeissa. Rakennushankkeiden työnjohtajat ovat tärkeässä roolissa tahtituotannon onnistumisessa ja yritystä kiinnostaakin, miten työyhteisön sisällä oleva osaaminen saadaan valjastettua kaikkien eduksi.

2 TAHTITUOTANTO

Tahtituotanto on tuotannonohjausjärjestelmä, joka perustuu virtaukseen. Tavoitteena on lyhentää rakennusprojektin läpimenoaikaa vähentämällä hukkaa (sisäinen tietolähde, 20.2.2023). Tahtituotanto juontaa juurensa lean-filosofiaan perustuvasta tuotantotavasta, joka on tehdasmaailmassa jo tuttu tuotantotapa (Sitedrive, i.a.). Tässä luvussa paneudutaan tahtituotannon perustaan eli lean-filosofiaan sekä leanin historiaan ja sitä kautta itse tahtituotantoon.

2.1 Lean

Lean on toimintatapa, jolla poistetaan turha tekeminen ja parannetaan jatkuvasti toimintaa (Skhmot, 2017). Se perustuu filosofiaan, jonka mukaan arvo määritellään asiakkaan näkökulmasta. Keskeinen ajatus toimintatavassa on poistaa kaikki turha työ. Kun turha työ, toisin sanoen hukka, poistetaan, jää tilaa arvoa tuottavalle työlle (Airila, i.a.). Arvoa tuottava työ on se osuus tuotannosta tai palvelusta, josta asiakas on valmis maksamaan.

Lean-ajattelun keskiössä pidetään ihmisten kehittämistä (Salminen, 2021a, s. 20). Lean-periaatteisiin kuuluu ihmisjohtamisen ulottaminen työntekijöihin ja toimittajakumppaneihin asti (mts. 199). Työntekijän koko potentiaali halutaan saada edistämään yhteistä päämäärää, ja työntekijän motivointi onnistuu kunnioittamalla ja kuuntelemalla. Lean-johtaminen koetaan tasa-arvoisena, jokaisen työpanosta kunnioittavana ja ihmistä kehittävästä johtamistapana.

Leanissa hukaksi luokitellaan (Airila, i.a.)

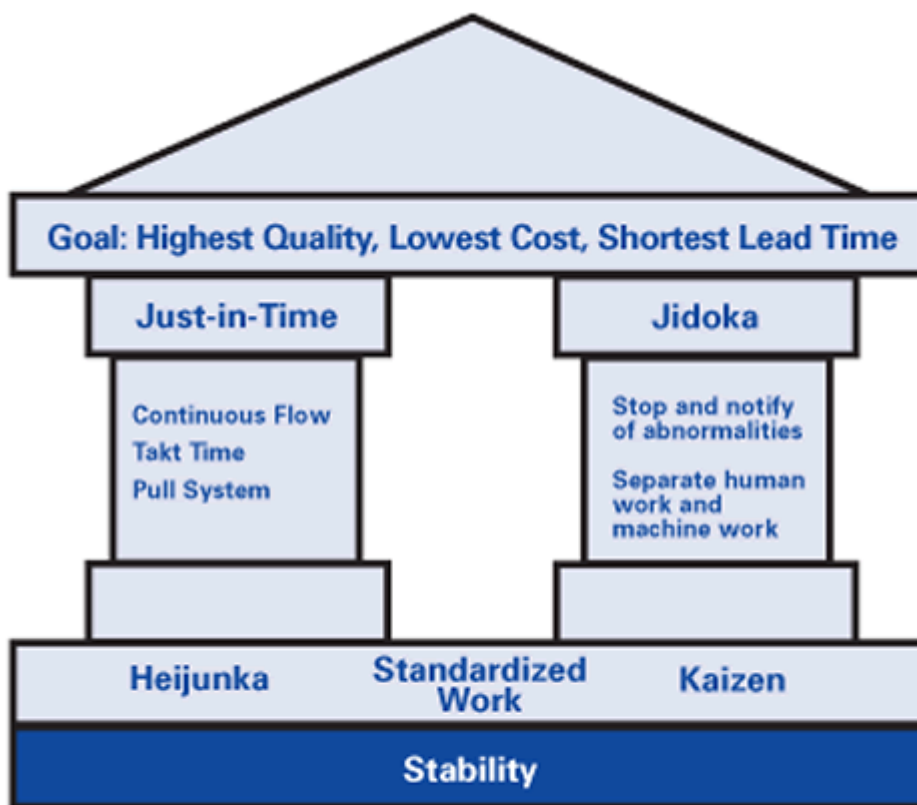
- ylituotanto eli väärään aikaan tai liiallinen tekeminen
- vialliset tuotteet ja niiden korjaaminen
- turhat siirrot ja kuljetukset
- tavaroiden etsintä ja turhat liikkeet
- turhat prosessit ja työvaiheet
- odottelu
- turhat varastot
- työyhteisön sisällä oleva tieto, jota ei jaeta tai hyödynnetä.

Näistä asiakas ei ole valmis maksamaan, sillä ne eivät tuota palvelulle lisäarvoa.

2.2 Lean-filosofian historia

1980-luvun lopulla Yhdysvalloissa Lean Production System -nimitystä alettiin käyttämään tehtaista, jotka toimivat uudella tuotantofilosofialla (Salminen, 2021a, s. 15). Tätä hetkeä pidetään lean-johtamisopin syntymähetkenä. Lean Production System juontaa juurensa kuitenkin pidemmälle, japanilaiseen Toyotan tuotantomalliin. 1950-luvulla Eiji Toyoda, Taiichi Ohno ja muut toyotalaiset ottivat vaikutteita Fordin massatuotannosta, kun he koittivat ratkaista laadussa ja resurssien tuhlaamisessa havaittuja ongelmia Toyotan tuotannossa. Lean on siis lähtöisin Toyota Production Systemistä (TPS).

Toyota Production System on tuotannonohjausjärjestelmä, jonka tavoitteena on tarjota asiakkaalle korkeaa laatua, kehittää jokaisen työntekijän potentiaalia, lyhentää läpimenoaikoja ja pienentää kustannuksia turhan työn poistamisella (Art of Lean, i.a.). TPS:ssä on kaksi pääpilaria: Just In Time (JIT) ja Jidoka, jotka kuvataan niin sanotussa Toyota-talossa. Toyota-talo on esitetty kuviossa 1. JIT vähentää varastoinnin tarvetta ja ylituotantoa täsmätoimituksilla. Jidoka pyrkii parantamaan laatua prosessin aikana ja erottamaan ihmisen koneesta työympäristössä. Toyota Production Systemin yksi tärkeimpiä ajatuksia on, että yrityksen tavoitteet saavutetaan parhaiten työntekijöitä kunnioittaen ja hyödyntäen heidän tietoansa ja osaamista. Pääpilariitukeutuvat vakaaseen, standardoituun työhön, ja Toyota-talon huipulla ovat aiemmin mainitut TPS:n tavoitteet.



Toyota Production System "House."

Kuvio 1. Toyota-talo (Art of Lean, i.a.).

Suomalaiset ovat olleet tärkeässä roolissa lean-periaatteiden tuonnissa rakennusallalle (Salminen, 2021a, s. 27–28). 1990-luvulla Lauri Koskela teki väitöskirjan ja muodosti rakennusallalle uutta tuotantoteoriaa, jonka taustalla oli Toyota Production System. Lean ei kuitenkaan yleistynyt vielä 1990-luvulla Suomessa, vaan niihin aikoihin Suomessa kehitettiin paikka-aikakaaviota, vinjettiä ja näihin liittyviä työkaluja. Lean jäi näiden varjoon. 2010-luvulla lean löi läpi myös Suomessa, kun ryhmä suomalaisia innostui australialaisesta allianssimallista tutustuttuaan siihen konferenssimatkalla. Osapuolten tiiviiseen yhteistyöhön perustuva toteutusmuoto, allianssimalli, on myös lähtöisin lean-ajattelusta.

1950-luvun syntyhetkistä lean on kehittynyt paljon (Salminen, 2021a, s. 16). Lean pitää sisällään valtavasti asioita, ja sitä on mahdotonta tiivistää yhdeksi tai kahdeksi lauseeksi. Lean-toimintatapaa ovat muokanneet myös muut johtamisopit, kuten oppiva organisaatio ja laatuajattelu.

2.3 Virtauttaminen

Lean-filosofiaan sisältyy ajatus, että mitä tasaisempi tuotannon virtaus on, sitä vähemmän syntyy hukkaa (Salminen, 2021a, s. 137). Virtaus tarkoittaa tasaista, imuohjattua prosessia. Virtauksen tavoitteena on luoda tasaisesti etenevä tuotantovirta. Virtaus maksimoi asiakkaan saaman arvon minimoimalla kaiken turhan tekemisen. Tasaista tuotantovirtaa voi verrata teollisen prosessin liukuhihnaan. Tasaisesti etenevä virtaus tuo esiin myös tuotannon ongelmat väistämättä. Kun ongelmat tulevat esiin, niiden ratkaiseminen on mahdollisuus parantaa prosessia, joka on leanin keskeinen ajatus.

Virtautettua tuotantoa ohjataan virtausyksikön eli työn alla olevan tilan näkökulmasta ja arvonluonti optimoidaan sen mukaan (Salminen, 2021a, s. 137). Perinteisessä rakennustuotannossa keskitytään resurssitehokkuuteen. Silloin työt mitoitetaan resurssien käytön perusteella eli resurssien käyttöaste yritetään pitää korkealla. Tilaaja eli asiakas ei halua maksaa siitä, että rakennusmiehillä on jatkuvasti töitä työmaalla, vaan siitä, että tilat valmistuvat suunnitellusti ja tehokkaasti.

2.4 Hukan poistaminen

Useat lean-menetelmät on kehitelty juuri arvoa tuottamattoman työn eli hukan poistamiseen (Salminen, 2021a, s. 109–110). Tärkeää on ensin havaita ja tunnistaa hukka, jonka jälkeen se voidaan poistaa tai sitä voidaan ainakin vähentää. Hukan tunnistaminen ja poistaminen vaatii valppautta jokaiselta henkilöltä työyhteisössä, rohkeutta puuttua hukan lähteeseen sekä hukan poistamiseen kehiteltyjen menetelmien ja työkalujen tietämystä ja niiden käytön osaamista.

Tässä luvussa on esitelty yleisimpiä lean-menetelmiä. Jokaisen menetelmän kohdalla on esitelty hukan ilmenemismuotoja sekä ratkaisuja hukan vähentämiseen menetelmän avulla.

2.4.1 Hajonnan pienentäminen

Hukka ilmenee mm. tehtävien eripituisina kestoina, työn katkoksina, laatuvirheinä ja muina poikkeamina, jotka estävät työn etenemisen ajallisesti tai sisällöllisesti suunnitellulla tavalla eli saavat aikaan hajontaa (Salminen, 2021a, s. 110–111). Rakentamisessa syy on yleensä toteutus- ja tuotannonsuunnittelussa.

Tasoitettu tuotanto on lean-ajattelun peruselementti, joka on lähtöisin Toyotalta (Salminen, 2021a, s. 110–111). Lean-ajatuksen mukaan hajonta estää tuotannon tasaisen etenemisen ja jatkuvan parantamisen. Pienikin hajonta lisää tuotannon epävakaaisuutta ja riskiä epäonnistumiseen.

Tarkalla työsuunnittelulla ja tiiviillä aikataululla tuotannosta pyritään tekemään vakaa ja ennustettava sekä poistamaan kaikki hajonta (Salminen, 2021a, s. 110–111). Ongelmat tulevat nopeasti esiin työn edetessä tiiviissä aikataulussa ja ongelmat saadaan ratkaistua alkuvaiheessa, niin että ne eivät enää toistu tai kertaannu työn edetessä.

2.4.2 Last Planner System LPS

Hukka ilmenee resursseina ja aikana, jotka kuluvat ongelmien ratkaisuun (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 105). Ongelmat ilmenevät työn aloituksessa, työn aikana tai työn lopussa, ja ne olisi voitu välttää huolellisella suunnittelulla.

Last Planner System (LPS) on lean-rakentamisen aikataulun suunnittelu- ja ohjausmenetelmä (Salminen, 2021a, s. 111). LPS parantaa tuotannon sujuvuutta ja vähentää sen hukkaa. Last Planner on niin monipuolinen ja keskeinen työkalu lean-rakentamisessa, että sitä käsitellään tässä työssä omana kappaleenaan kohdassa 2.5.

2.4.3 Sisäistetty laatu

Hukka ilmenee esimerkiksi virheinä tai siten, että työn tulos ei vastaa haluttua laatua, ja tästä seuraa työn korjaaminen (Salminen, 2021a, s. 120–124). Työmailla tähän on käytössä laadunvarmistustoimenpiteet, kuten esimerkiksi ensimmäinen työkohteen tarkastus ja mallityö. Lean-ajattelun mukaan jokainen työntekijä on vastuussa työn laadusta ja

jokaiseen poikkeamaan laadussa täytyy puuttua. Näin ollen työmaalla on paljon laadun ”valvoja”: aliurakoitsijoista lähtien pääurakoitsijan työnjohtoon sekä tilaajan asettamat rakennusvalvojat ja viranomaisvalvonta. Laadunvarmistus tulee viedä työntekijätasolle asti, vaikka siinä on vielä nykypäivänäkin omat ongelmansa alkaen työntekijöiden asenteesta.

2.4.4 Visuaalinen johtaminen

Hukka ilmenee esimerkiksi tuhlettuna aikana, rahana tai materiaalina sekä resurssien tuhlausena tulipalojen sammutteluun eli asioina, jotka olisi voitu ennakoimalla ehkäistä (Salminen, 2021a, s. 125–128). Toyotalta saadun opin mukaan visuaalisen ohjausjärjestelmän avulla saadaan luotua läpinäkyvä ja hukaton työpaikka. Läpinäkyvyys työpaikalla tarkoittaa tiedon siirtymistä saumattomasti tuotannosta työntekijöille ja takaisin. Visuaalista työpaikkaa johdetaan nimensä mukaisesti visuaalisesti eli työpaikalla toimitaan ja kehitytään itseohjautuvasti visuaalisten työkalujen avulla.

Visuaalisia työkaluja ovat esimerkiksi taulut (Kuva 1), jotka sisältävät tietoa työvaiheista täydennyttynä valokuvilla ja ohjeteksteillä, sekä värikoodaus tai työmaatoimistoistakin tutut valkotaulut, värikkäät muistilaput, suuret pohjakuvat ja aikataulut, joita on täydennetty tussimerkinnoilla (Salminen, 2021a, s. 125–128). Visuaalisesti johdetussa työmaatoimistossa tulisikin näkyä yhdellä silmäyksellä kaikki oleellinen tieto, kuten tavoitteet, kustannustilanne, aikataulu ja mallikuva valmiista rakennuksesta. Nykypäivänä tietotekniset työkalut ovat saaneet jalansijaa visuaalisessa johtamisessa. Esimerkiksi tietomallit ovat erinomainen työkalu havainnollistamaan, mitä ollaan rakentamassa ja miltä valmis rakennus näyttää. Työnjohdon mobiililaitteissa olevat tiedot mm. laadusta ja työturvallisuudesta voidaan luokitella myös visuaaliseksi johtamiseksi.

Visuaalisia työkaluja on helppo käyttää ja ne ovat lisäksi edullisia (Salminen, 2021a, s. 125–128). Parhaiten visuaaliset työkalut toimivat sijoitettuna työskentelypaikalle, missä ne havainnollistavat standardityötavat ja poikkeamat. Tällöin huomataan heti, jos työ ei etene suunnitellusti, ja korjaustoimenpiteisiin on helppo tarttua nopeasti.



Kuva 1. Visuaalinen infotaulu työmaalla.

2.4.5 5S-työympäristön järjestäminen

Hukka ilmenee esimerkiksi aikana, joka menee tavaroiden ja asioiden etsimiseen, työturvallisuuspuutteista johtuvina onnettomuuksina tai tilana, jota ei käytetä tehokkaasti. (Salminen, 2021a, s. 128–130). Japanissa kehitetty 5S on työkalu teollisuuden työpaikkojen systemaattista organisointia ja työmenetelmien standardointia varten, mutta soveltuu myös muille toimialoille.

5S on saanut nimensä viidestä S-kirjaimella alkavasta vaiheesta, jotka työkalu sisältää (Salminen, 2021a, s. 129):

1. Seiri (lajittele). Työpaikan kaikki tavarat käydään läpi ja tarpeettomat tavarat, joita ei ole käytetty kuukauteen eikä tarvita seuraavaan kuukauteen aikana, siirretään pois työalueelta varastointipaikkaan, lähetään takaisin toimittajalle tai heitetään pois.

2. Seiton (järjestä). Työpaikalla järjestetään varastointi- ja säilytyspaikka kaikelle. Jokaisella tavaralla on oma merkitty paikkansa. Varastointipaikka toimii silloin, kuin työalueen ulkopuolinenkin henkilö löytää tarvitsemansa tavaran 30 sekunnissa.
3. Seiso (puhdista). Työpaikka siivotaan päivittäin. Tilat, säilytys- ja varastointitavat on suunniteltu niin, että järjestystä on helppo ylläpitää ja siivoustarve vähenee.
4. Seiketsu (standardoi). Yhdessä työntekijöiden kanssa standardoidaan työpaikan parhaat käytännöt, niin että kohtia 1–3 on helppo ylläpitää. Työalueille luodaan tarkastuslista, jolla varmistetaan yhdenmukaiset käytännöt.
5. Shitsuke (ylläpidä). Sovittuja käytäntöjä noudatetaan jatkuvasti. Aluksi käytössä voi olla tämän varmistamiseen auditointi- ja tarkastusprosessit, kunnes 5S-toiminoista on tullut osa organisaation kulttuuria. Parannusehdotuksia kuitenkin jatkuvasti kerätään ja toteutetaan.

5S-työkalua sopii sovellettuna myös rakennustyömaalle. Usein käytetyille työkaluille ja -materiaaleille luodaan pysyvät ja merkityt varastointipaikat ja harvemmin käytetyt työkalut ja -materiaalit siirretään pois työskentelyalueelta ja turhat hävitetään. Aliurakoitsijat veloitetaan siivoamaan työpisteensä päivittäin ja tätä valvotaan. Työmaan järjestystä ylläpidetään viikkotarkastuksien avulla. Vakiintunut tapa tähän on esimerkiksi viikoittaiset MVR- ja TR-mittaukset. Työnjohto tekee päivittäisiä kierroksia työmaalla, ja jokaisen työmaalla työskentelevän vastuulla on työturvallisuus eikä kukaan saa kulkea ohi, jos huomaa puutteita turvallisuudessa tai työmaan siisteydessä. 5S-työkalulla saadaan aikaiseksi turvallinen, siisti ja organisoitu työympäristö, joka on edellytys laadukkaalle toiminnalle.

2.4.6 Juurianalyysit ja 5 Miksi

Hukka ilmenee esimerkiksi tuotannon hajontana, samojen ongelmien toistumisena ja korjaustoimenpiteisiin käytettynä aikana (Salminen, 2021a, s. 131–134). 5 Miksi on yksinkertainen ja paljon rakennusosalalla käytetty juurisyiden analysointi- ja ongelmanratkaisumenetelmä. 5 Miksi -nimitys tulee siitä, että menetelmässä kysytään ”miksi” niin monta kertaa, että saadaan selville ongelman aiheutumissyyn alkulähde. Yleensä kysymyksen esittäminen viisi kertaa on optimaalinen määrä. Tärkeää on löytää syy, miksi virhe tapahtui, ei kuka virheen teki ja missä. Näin päästään pureutumaan ongelman alkulähteeseen ja vastaisuudessa ehkäistä ongelman synty analyysillä saadun tiedon avulla. 5 Miksi -raportti

tulee olla huolella tehty ja sen tekemiseen tulee paneutua. Lopputulos käydään yhdessä työmaalla läpi ja päätetyt korjaustoimenpiteet otetaan käyttöön. Muuten tästä menetelmästä ei ole hyötyä eikä voida puhua jatkuvasta parantamisesta.

2.4.7 Suunnittelun riippuvuusmatriisi

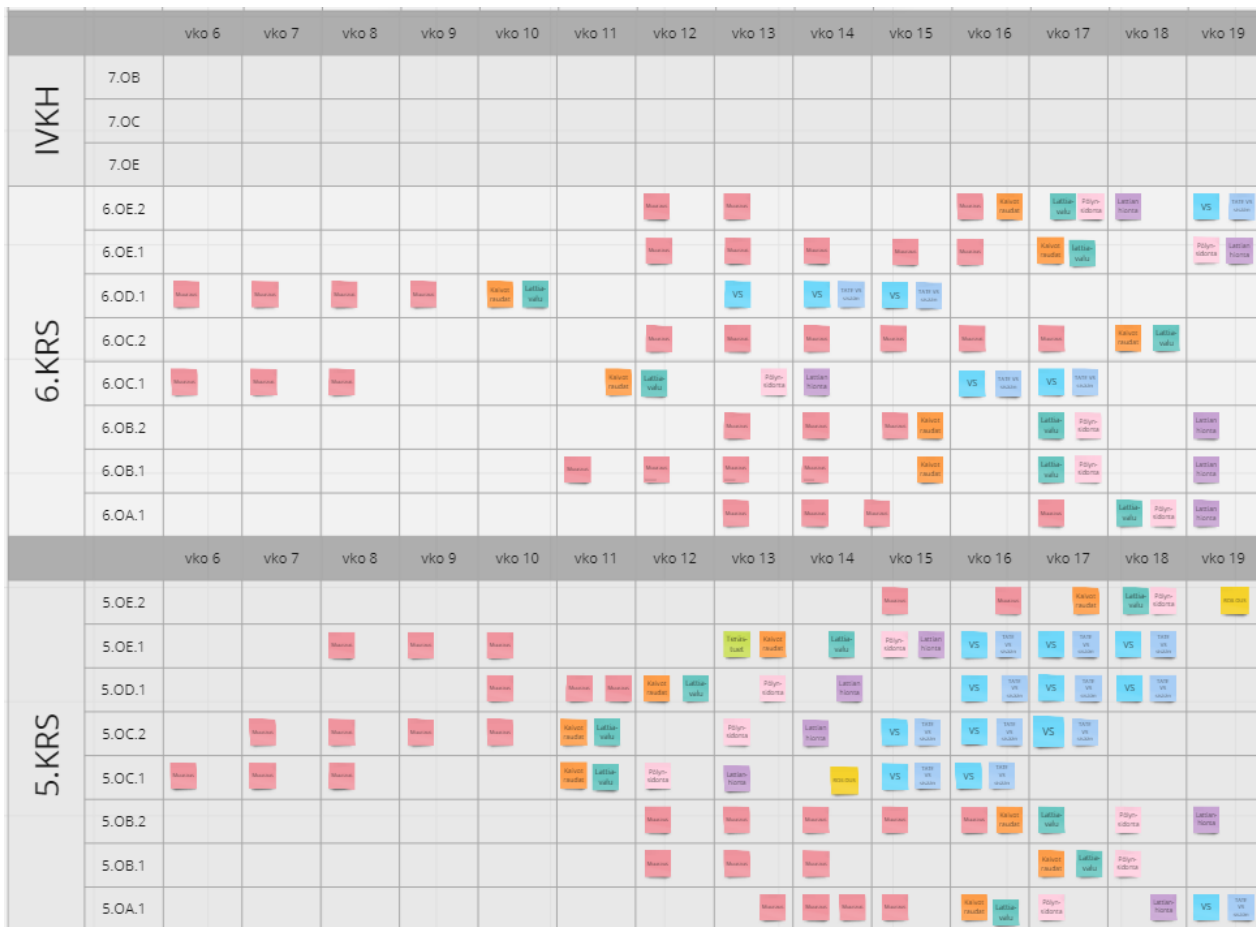
Hukka ilmenee esimerkiksi tietokatkoksina, väärin suunniteltuna työjärjestyksenä tai tarpeena muuttaa valmiita suunnitelmia (Salminen, 2021a, s. 135–136). Riippuvuusmatriisin avulla havainnollistetaan tehtävien väliset riippuvuudet ja näin saadaan töiden suunniteltua töiden oikea etenemisjärjestys. Riippuvuusmatriisi huomioi paremmin päällekkäiset työvaiheet kuin perinteisellä tyylillä laadittu aikataulu. Suunnittelun riippuvuusmatriisissa saadaan selville suunnittelutehtävien toteutusjärjestys ja niiden välinen informaatiovirta. Lähtötietona on tehtäväläistä toteutusjärjestyksineen ja jokaiselle tehtävälle määritetään tehtävä, jolta ne tarvitsevat tietoa. Suunnittelun riippuvuusmatriisilla suunnittelutyö etenee hallitummin ja ehkäisee suurta takapakkia suunnitelmien teossa.

2.5 Last Planner System

Last Plannerista kuulee usein puhuttavan lean-rakentamisen yhteydessä, ja se onkin niin keskeinen menetelmä lean-rakentamisessa, että joskus on luultu Last Plannerin ja lean-rakentamisen tarkoittavan samaa asiaa (Salminen, 2021a, s. 111). Last Planner System on lean-rakentamisen työkalu, ja se on kehitetty Yhdysvalloissa 1990-luvulla. Työkalua käytetään lyhyen aikavälin suunnitteluun ja ohjaukseen (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 105). Sen avulla varmistetaan, että työn edellytykset ovat kunnossa ja työt saadaan toteutettua suunnitellusti.

Last Planner System perustuu visuaalisuuteen ja työn suunnitteluun yhdessä (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 106; Salminen, 2021a, s. 114). Yhteistyöhön osallistuvat esimerkiksi työnjohtajat ja työntekijät, jotka ovat osallisia alueella tapahtuvassa työssä. Työntekijöiden osaamista ei kannata aliarvioida, sillä heillä on yleensä paras tietämys työvaiheen toteutuksesta. Last Planner -menetelmässä jokainen osallistuja kirjoittaa ylös omat työtehtävänsä alueella sekä näiden työvaiheiden toteutusjärjestyksen ja keston. Tämä tieto siirretään värikkäille post-it-lapuille. Lappujen värejä voi hyödyntää esimerkiksi laittamalla

yhden urakoitsijan työt samanvärisille lapuille. Seuraavaksi tarvitaan tyhjä seinä tai taulu, johon tarralaput kiinnitetään työjärjestykseen. Riippuvuusketjun rakentamista auttaa, jos tarralapulle työvaiheen kanssa on kirjattu myös työn toteuttamisen kannalta välttämätön edeltävä työvaihe. Nykypäivänä on myös tähän suunniteltuja ohjelmistoja, joilla Last Planner voidaan toteuttaa suoraan digitaaliseen muotoon, ns. sähköiselle seinätaululle, joka on esitetty kuviossa 2.



Kuvio 2. Digitaalisesti toteutettu Last Planner -taulu (sisäinen tietolähde, 16.4.2023).

Työvaiheen valmisteleavassa suunnittelussa Last Plannerilla huomioidaan tehtävän aloitusedellytykset eli edeltävät työvaiheet, suunnitelmat, materiaalit, työntekijät, kalusto, tilat ja olosuhteet (Salminen, 2021a, s. 115). Tarralapuille kirjataan kaikki työn kannalta oleelliset muistettavat asiat sekä asiat, jotka saattavat estää työn toteuttamisen suunnitellusti. Kun asia saadaan hoidettua, kyseisen lapun yli vedetään ruksi. Näin nähdään yhdellä silmäyksellä, ovatko työn aloitusedellytykset kunnossa.

Last Plannerissa on paljon samankaltaisuuksia perinteisen tuotannonohjauksen kanssa. Perinteisessä tuotannonohjauksessa ei kuitenkaan huomioida samalla lailla työn aikana ilmeneviä ongelmia työn alussa, työn aikana ja lopetuksessa. Last Plannerilla pyritään estämään näiden ongelmien synty (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 105). Last Planner juontaakin juurensa ajatukseen, että perinteinen tuotannonohjaus ei kykene vastaamaan työmaan tuotantotilanteen asettamaan haasteeseen (Koskela & Koskenvesa, 2003).

Perinteinen tuotannonohjaus on levinnyt Yhdysvalloista 1960-luvulta lähtien ja on kansainvälisesti rakennusteollisuuden yleinen tuotannonohjaustapa (Koskela & Koskenvesa, 2003). Tämä tapa perustuu vahvasti vääränlaiseen kuvitelmaan työmaatuotannosta. Perinteisessä tuotannonohjauksessa hanketta valvotaan vertaamalla toteutuneita aikatauluja ja kustannuksia suunnitelmiin. Poikkeamiin puututaan vasta niiden ilmetessä korjaustoimenpiteillä, joilla pyritään saamaan suunnitelmat kiinni. Huomioimatta jää, että työtehtävillä on muitakin edellytyksiä kuin edeltävät työvaiheet. Myös aikataulujen käyttö jää puutteelliseksi. Projektin alussa luodaan yleisaikataulu, joka kuitenkin usein vanhenee töiden edessä eikä enää vastaa työmaan nykytilannetta. Yleisaikataulu jää usein päivittämättä vastaamaan todellisuutta. Viikkosuunnitelman kohdalla oletetaan, että työ tulee toteutetuksi, kun työlle määrätään tekijä ja aloitushetki. Tämä ajaa työmaat tilanteeseen, joissa tuotantoa ohjataan epäjärjestelmällisesti, tilannekohtaisesti ja joissa ns. sammutetaan tulipaloja eli ongelmat ratkotaan vasta, kun ne ilmenevät. Ei voida puhua oppimisesta ja jatkuvasta parantamisesta, kun samat virheet toistetaan hankkeesta toiseen.

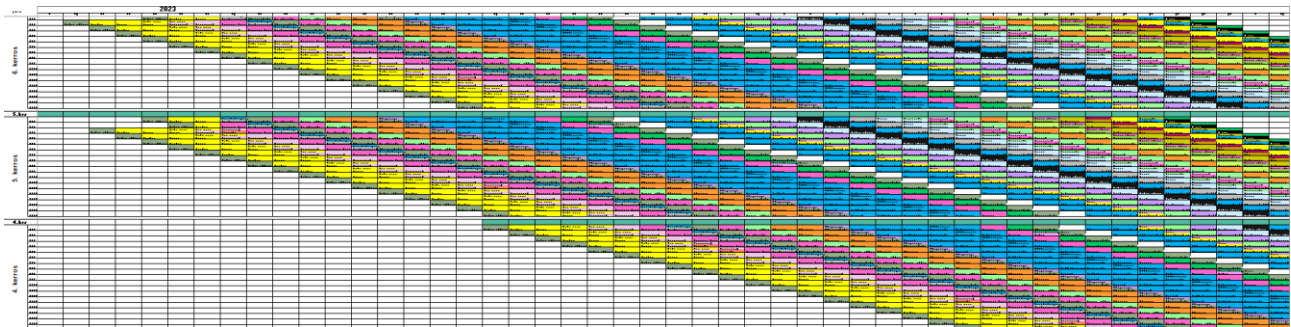
Ongelmien synty pyritään estämään Last Plannerilla jakamalla pidemmät työtehtävät viikkotehtäviin eli viikkosuunnitelmaksi (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 105–107). Näin edellytykset työn toteuttamiseen ja valmistumiseen tulee varmistettua viikoittain. Viikkosuunnitelma ja työn valvonta ovat keskeinen elementti Last Plannerissa.

Jatkuva parantaminen on myös osa Last Planneria (Koskela & Koskenvesa, 2003). Viikkosuunnitelmaa ja tehtävien toteumaa seurataan jatkuvasti. Tehtävien toteuttamatta jäämisen syyt selvitetään ja tietoa hyödynnetään seuraavan viikkosuunnitelman kohdalla, niin että viikkosuunnitelman toteutumistaste kohoaa. Last Planner-menetelmällä lisäksi tuottavuus, työturvallisuus, laatu, jatkuva kehittyminen ja luottamukseen perustuva yhteistyöilmapiiri paranevat sekä rakennusaika lyhenee.

2.6 Tahtituotanto rakennusalalla

Viimeisen kymmenen vuoden aikana tahtituotanto on tullut ryminällä Suomen rakennus- alalle (Salminen, 2021a, s. 145–146). Tahtituotantoa voidaankin pitää vielä melko uutena toimintatapana rakennustyömailla. Tahtituotantoa ei ole aiemmin osattu hyödyntää raken- nustyömailla, koska työmaat on ennen ajateltu kertaluontoisina projekteina eikä teollisuu- den menetelmiä ole tällöin osattu soveltaa rakennuksilla.

Rakennushankkeella tahtituotanto tarkoittaa, että rakennettava kohde lohkotaan tahtialuei- siin ja tahtialueilla tapahtuvat työt jaetaan pieniin työpaketteihin, joita tahtituotannossa kut- sutaan tahtivaunuiksi (Sitedrive, i.a.) Työpaketit järjestetään työjonoihin, toisin sanoen tah- tijunaksi. Työjono etenee jokaisella tahtialueella samassa tahtiajassa. Tahtiaika voi olla viikko, päivä tai jopa muutama tunti. Kun tahtialueella ensimmäisen työpaketti on valmis, tahtialueelle siirtyy seuraava työpaketti, ja näin tahtijuna jatkaa kulkuaan yksi vaunu kerral- laan. Kuviossa 3. on esimerkki rakennushankkeen tahtiaikataulusta. Tahtituotannon käsit- teitä on avattu enemmän luvussa 2.9.



Kuvio 3. Tahtiaikataulu (sisäinen tietolähde, 18.4.2023).

Skanskan koulutuksen (sisäinen tietolähde, 13.2.2023) mukaan tuotannonohjauksessa valmisteleva työ lisääntyy eli huolellinen suunnittelu ja ennakointi lisääntyvät. Tahtituotan- toon kuuluu lisäksi päivittäiset ja viikoittaiset palaverit. Palaverit sovitaan työmaakohtai- sesti, esimerkiksi tunnin kestoiset tahtipalaverit kaksi kertaa viikossa ja päivittäisiä lyhyitä palavereja, jotka ovat kestoiltaan noin 15 minuuttia. Yhteiset palaverit työnjohtajien ja ali- urakoitsijoiden nokkamiesten kanssa ovat erittäin tärkeässä asemassa, sillä ne tehostavat yhteistyötä ja antavat paremman tilannekuvan työn etenemisestä. Tahtituotanto tuo järjes- telmällisyyttä viikoittaisiin työmaakerroksiin ja tarkastuksiin tuotannon viikkokellon avulla.

Toimivan logistiikan tärkeys korostuu tahtituotannossa, ja ilman sitä tahtia on mahdotonta toteuttaa (Transval, 2022). Työmaan logistiikka on vastuussa työmaan materiaalivirroista, varastoista ja materiaalityömaisiin liittyvistä tietovirroista. Materiaalityömitusten on kuljetettava samaan tahtiin tuotannon kanssa. Työmaanorganisaatio tai erillinen logistiikkaurakoitsija laatii logistiikan niin sanotun oman tahdin työmaan tahtisuunnitelman ja -aikataulun pohjalta. Toimitukset, välivarastoinnit, kuljetukset ja sisäänkannot on sovittava niin, ettei tahtiin tule viiveitä puuttuvan rakennusmateriaalin takia. Tahtituotannossa hyödynnetään Just In Time (JIT) -toimituksia eli suomennettuna toimituksia juuri oikeaan tarpeeseen tai täsmätoimituksia. Materiaalit toimitetaan vain tarpeeseen oikea-aikaisesti. Näin vältetään välivarastointia ja turhia siirtoja, jotka ovat hukkaa.

2.7 Tahtituotannon hyödyt

Suuri kiinnostus rakennusalalla tahtituotantoon ja sen tuomiseen alalle perustuu tahtituotannon potentiaaliin tehostaa työskentelyä ja lyhentää läpimenoaikoja, mikä auttaa rakennusyriystä erottumaan kilpailijoista (sisäinen tietolähde, 13.2.2023). Tahtituotanto mahdollistaa kustannussäästöt, joita syntyy hukan poistamisella ja turhan työn vähentämisellä. Yhteistyö tehostuu aliurakoitsijoiden kanssa, työskentelystä tulee mielekkäämpää kaikille osapuolille sekä läpinäkyvyys parantuu osapuolten välillä.

Tahtituotanto vaatii tarkkaa suunnittelua ja valmistelua, mikä voi aluksi vaikuttaa työnjohtajista työmäärän lisääntymiseltä (sisäinen tietolähde, 13.2.2023). Loppujen lopuksi työnteko selkiytyy ja työmäärä saattaa jopa vähentyä, kun suunnitelmat on valmisteltu hyvin ja ns. tulipalojen sammuttelu loppuu. Tahtiaikataulusta saadaan yhdellä vilkaisulla selville, kuka tekee, missä ja mitä. Töiden koordinointi helpottuu ja yllätykset aikataulun osalta vähenevät.

Tahtituotannossa ongelmat tulevat nopeasti esiin eivätkä vasta työvaiheen lopulla, ja tahtituotanto edellyttää nopeaa ratkaisua ongelmiin (sisäinen tietolähde, 13.2.2023). Ongelmat eivät pääse toistumaan tai kertaantumaa seuraavilla osakohteilla. Työn laatu paranee ja virheiden korjaaminen vähenee.

Tahtituotanto tuo myös ympäristöhyötyjä (sisäinen tietolähde, 13.2.2023). Materiaalihukka vähenee, kun työvaiheet suunnitellaan tarkasti ja tarvittavat materiaalit saadaan mitoitettua tarpeen mukaan. Tahtituotannossa materiaalitoimitukset tapahtuvat Just In Time -toimituksina. Just In Time on Toyotalta opittu menetelmä, joka mahdollistaa virtautetun tuotannon. JIT:ssä tarvittava materiaali, ei yhtään vähempää tai enempää, toimitetaan juuri silloin, kun sitä tarvitaan työkohteeseen. Tämä vähentää suurien materiaalmäärien varastointia ja siirtelyä työmaalla. Usein hukkaa syntyy myös varastoinnin ja ylimääräisten siirtojen aikana hajonneista materiaaleista. Samalla vähennetään ajallista hukkaa.

2.8 Tahtituotannon haasteet

Vaheri (2022) nostaa tutkimuksessaan suurimmaksi haasteeksi tahtituotannon ohjaamisessa kokemuksen puutteen. Tahtituotannolla ja perinteisellä tuotannonohjauksella on eroja työn ohjauksessa, joten ongelmat korostuvat uuden tuotantotavan käyttöönottovaiheessa. Kohteella voi olla useampi työnjohtaja, joilla ei ole ennestään kokemusta tahtituotannolla rakentamisesta. Tällöin työyhteisön sisällä ei ole tietoa parhaista toimintatavoista. Tahtituotannon kokemuksen puutetta ilmenee myös aliurakoitsijoilla. Aliurakoitsijalla kokemuksen puutteen lisäksi haasteita aiheuttaa negatiivinen asenne uuteen toimintatapaan suorittaa työtä. Aliurakoitsijalle voi olla myös epäselvää, mitä pääurakoitsijan työnjohto heiltä vaatii.

Esiin ei noussut pelkästään aliurakoitsijoiden kielteinen asenne tahtituotantoa kohtaan, vaan myös pääurakoitsijan omien työntekijöiden eli myös työnjohdon asenne (Vaheri, 2022). Huono asenne vähentää merkittävästi tehokasta tahtituotannon ohjausta ja valvontaa. Työnjohdon puuttuminen havaittuihin ongelmiin saattaa olla hidasta ja tehotonta, mikä aiheuttaa tahdistä jälkeen jäämisen. Tahtituotanto edellyttää nopeaa ja jämääkää reagointia ongelmiin, mutta se ei onnistu, mikäli työnjohdon tai aliurakoitsijan sitoutuneisuus tahtituotantoon on vähäinen. Tieto ei saavuta nopeasti oikeita henkilöitä, ja ongelmiin puuttuminen saattaa olla passiivista. Pääurakoitsijan työnjohdolla saattaa myös olla ajatus, että työtä suorittavalla urakoitsijalla on kaikki tarvittava tieto ja osaaminen työn toteuttamiseen. Tällöin työnjohto jättää helpommin puuttumatta havaittuihin ongelmiin.

Haasteena on lisäksi heikko tiedonkulku hankkeella työskentelevien henkilöiden välillä (Vaehri, 2022). Pääurakoitsijan ja aliurakoitsijan työnjohdon sekä työntekijöiden välillä voi olla suuria tietokatkoksia, kun sovittua ei välitetä eteenpäin työntekijätasolle asti. Tietoa ei välttämättä jaeta, kun suunnitellaan tulevia työtehtäviä ja selvitetään mahdollisia työhön vaikuttavia häiriöitä. Häiriöitä ei tuoda suunnitteluvaiheessa esiin, vaikka ne olisivat jo silloin tiedossa. Tämä aiheuttaa esimerkiksi viiveitä aikataulussa ja ylimääräistä resurssien käyttöä, kun ongelmat tulevat esiin vasta työvaiheen alkaessa tai ollessa käynnissä.

Työn loppuun saattaminen tahtialueella saattaa olla vajavaista, mikä aiheuttaa haasteita tahdin etenemisessä suunnitellusti (Vaehri, 2022). Keskeneneräiseksi jäänyt työ kertaantuu helposti seuraavissa työvaiheissa. Kun työtä ei tehdä kerralla kokonaan valmiiksi, se vaatii urakoitsijalta tahtialueelle palaamista uudestaan ja työn tekemistä loppuun, mikä on taas pois senhetkiseltä tahtialueelta sekä häiritsee muiden aliurakoitsijoiden työntekoa.

Logistiikka tuo omat haasteensa tahtituotantoon (Salminen, 2021a, s. 160–161). Just In Time -toimitukset eivät onnistu, jos tuotanto ei ole tasaisesti etenevää ja ennustettavaa. Tämä edellyttää suunnitelmien tarkkaa tekemistä. Päivittäin tarvittavat materiaalmäärät voivat olla rakennustyömaalla suuria, erityisesti isommissa hankkeissa, ja toimituksia tulee päivittäin. Logistiikasta vastaavan yrityksen täytyy olla jatkuvasti perillä mitä tarvitaan ja missä. Tämä edellyttää työmaan logistiikasta vastaavan henkilön tai logistiikkaurakoitsijan ja pääurakoitsijan työnjohdon tiivistä yhteistyötä, eikä tietokatkoksille ole varaa. Jos rakennusmateriaaleja ei ole työkohteessa silloin, kun niitä tarvitaan, aiheuttaa se haasteita tahdissa pysymiseen.

Tahdin suunnitteluvaiheessa haasteena on ottaa kaikki työmäärään vaikuttavat asiat huomioon (Dahlberg & Drevland, 2021). Virhe voi sattua jo aliarvioitaessa tahtialueen koko ja sillä olevaa työmäärää. Tahtialueet suunnitellaan usein pohjapiirustuksiin, ja esimerkiksi tällöin normaalia korkeampi huonetila saattaa jäädä huomioimatta. Korkeampi tila lisää työmäärää, eli työtä ei välttämättä ehditä toteuttaa määrätyssä tahtiajassa virheellisen suunnittelun takia.

2.9 Tahtituotannon käsitteet

Uuteen tuotannonohjaustapaan siirryttäessä mukana tulee uusia käsitteitä (Kuvio 4). Jos käsitteet eivät ole tuttuja työnjohdolle, tahtituotantoon siirtyminen ja onnistunut tuotannon ohjaaminen ja valvonta on lähes mahdotonta. Seuraavissa kappaleissa avataan tahtituotannon keskeisiä käsitteitä.

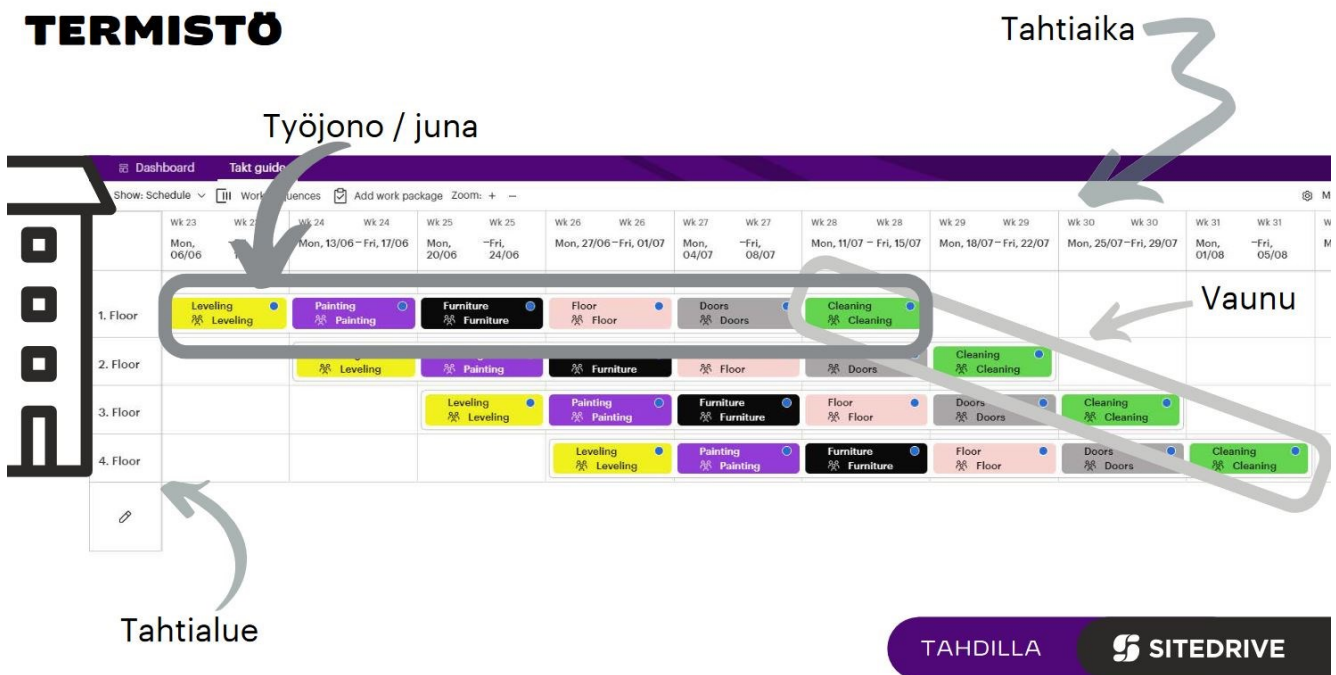
Tahtialue. Rakennettava kohde lohkotaan pienempiin alueisiin, joita kutsutaan tahtialueiksi. Asuinkerrostalossa se voi esimerkiksi olla kerros, yksi asunto tai yksittäinen huone (Hakulinen, 2022). Toimitilarakentamisessa tahtialueiden jako täytyy miettiä tarkemmin, kun tilat eivät välttämättä toistu samankaltaisina, kuten asuinkerrostaloissa. Tilojen koot ja käyttötarkoitukset voivat vaihdella suurestikin toimitilassa. Yhdellä tahtialueella työn tulee kestää ajallisesti suunnilleen saman verran kuin kohteen muillakin tahtialueilla.

Tahtiaika. Määritetty aika, jonka tahtiin työvaiheet tulee suorittaa tahtialueella (Skanska, i.a.-b). Tahtiaika voi olla viikko, työpäivä tai ajan voi määritellä jopa tunnin tarkkuudella. Tahtiaika on sama jokaisella tahtialueella.

Tahtivaunu. Tahtialueella tapahtuva työ pilkotaan pieniin työpaketteihin (Skanska, i.a.-b). Esimerkiksi sisävalmistusvaiheessa nauhoitus, tasoitus, maalaus ja kalusteet ovat jokainen oma työpakettina eli vaununsa. Vaunu saadaan sopimaan tahtiaikaan muokkaamalla työntekijäresursseja tai työpaketin sisältöä. Työpaketti voidaan jakaa pienempiin paketteihin tai yhdistää useampi työvaihe yhteen työpakettiin niin, että saadaan kestoiltaan yhtä pitkiä vaunuja. Vaunujen eli työvaiheiden tulee edetä tahtialueilla samanaikaisesti, eli kun vaunu menee seuraavalle alueelle, toinen vaunu tulee perässä edelliseltä työvaiheelta valmistuneelle alueelle.

Puskurivaunu eli tyhjä vaunu (Vaheri, 2022). Tyhjän vaunun aikana ei tapahdu kyseisellä tahtialueella arvoa lisäävää toimintaa. Puskurivaunu tulee esimerkiksi kuivumista vaativien työvaiheiden jälkeen.

Tahtijuna. Tahtivaunut yhdessä muodostavat tahtijunan (Skanska i.a.-b). Tahtijuna eli peräkkäiset, toisistaan riippuvaiset työvaiheet kulkevat jokaisen tahtialueen läpi.



Kuvio 4. Havainnollistava kuva tahtituotannon käsitteistä (Sitedrive, i.a.).

Tahtiohjaus. Tahtiohjaus on jatkuvaa toimintaa työmaalla (sisäinen tietolähde, 13.2.2023). Aikataulusta vastaavat henkilöt, työnjohtajat ja aliorakoitsijoiden nokkamiehet ennakkosuunnittelevat työn ja varmistavat edellytykset työn onnistumiselle. Tahtiohjauksessa puututaan välittömästi työssä eteen tulleisiin esteisiin. Tarvittaessa voidaan tehdä ohjaustoimenpiteitä, kuten työpakettien muokkaamista tai tahtialueiden järjestyksen muuttamista. Enemmän tapoja ohjaamiseen on avattu luvussa 2.11.

2.10 Kalifornian malli Takt Time Planning

Kansainvälisesti käytössä on kahta erilaista toimintatapaa tahtituotannossa: Saksassa kehitetty Takt Planning sekä Kaliforniassa kehitetty Takt Time Planning and Takt Control (sisäinen tietolähde, 13.2.2023). Työn toimeksiantajalla Skanskalla on pääsääntöisesti projekteillaan käytössä Kalifornian malli. Tästä syystä tässä opinnäytetyössä käsitellään Kalifornian mallia.

Saksan ja Kalifornian tahtimalleilla on paljon yhtäläisyyksiä. Suurimpana erona malleissa on se, että Kalifornian mallissa tahti suunnitellaan yhteistyötoiminnallisesti ja

päätoteuttajavetoisesti (Heinonen ym., i.a.). Saksalaisessa mallissa pääpaino on rakennusaikojen lyhentämisessä. Kalifornian mallissa pääpaino on tuotannon ennakoitavuudessa.

Kalifornian Takt Time Planning ja Last Planner Systemillä on paljon yhtäläisyyksiä, ja ne täydentävät toisiaan (Frandsen ym., 2014). Takt Time Planning tuo Last Planneriin virtauksen ja standardoidun työn.

Frandsen ym. (2015) kuvaavat Takt Time Planningin olevan prosessi, joka koostuu seuraavista vaiheista:

1. Datan ja tiedon kerääminen.
2. Tahtialueiden ja tahtiajan määrittäminen.
3. Työvaiheiden järjestysten määrittäminen.
4. Yksittäisten työvaiheiden kestojen määrittäminen.
5. Työn virtauksen tasapainotus.
6. Tuotantoaikataulun viimeistely.

Datan ja tiedon kerääminen. Kaikki alkaa tiedon keräämisellä (Frandsen ym., 2015). Parhaiten tietoa saadaan järjestämällä tuotantotiimin ja hankkeen urakoitsijoiden välisiä tapaamisia. Tapaamiset ja kokoukset tulee järjestää hyvissä ajoin ennen rakentamisen aloitusta, jotta saatu tieto pystytään hyödyntämään parhaalla tavalla. Urakoitsijoilta saadaan tietoa mm. työtahdista, saatavilla olevista työntekijä- ja materiaaliressusseista, edeltävistä ja tahdistavista työvaiheista sekä työtehtävien suoritusjärjestyksestä.

Tahtialueiden ja tahtiajan määrittäminen. Tahtialueen ja tahtiajan määrittäminen liittyvät vahvasti toisiinsa (Frandsen ym., 2015). Työtehtävän vaadittava kesto riippuu siitä, mitä ja missä rakennetaan. Tahtialueet voidaan määrittää edellisessä työvaiheessa vakiintuneiden alueiden mukaan ensimmäisessä vaiheessa saadun tiedon pohjalta tai määrittää se työvaihe, joka toimii pullonkaulana prosessiin nähden eli on työvaiheista hitain. Hitainta työvaihetta pyritään ensin nopeuttamaan muuttamalla työmenetelmää tai resursseja. Sitten pullonkaula määrää kaikille muille työvaiheille yksittäisen tahtialueen ja tahtiajan.

Työvaiheiden järjestysten määrittäminen. Jokaisen työvaiheen riippuvuuksien toisista työvaiheista ja työvaiheiden aloitusvaatimusten pitää olla tiedossa kolmannessa vaiheessa eli

työvaiheiden järjestyksen määrittelyssä (Frandsen ym., 2015). Tiedon avulla työvaiheet saadaan peräkkäin järjestykseen tahtialueelle.

Yksittäisten työvaiheiden kestojen määrittely. Kaikki työvaiheet tasapainotetaan tahtiaikaan sopivaksi eli muokataan jokainen työvaihe kestämään yhtä kauan (Frandsen ym., 2013). Yksittäistä työvaihetta voidaan muokata nopeammaksi tai hitaammaksi muokkaamalla työntekijäresursseja, työmenetelmiä tai työpaketin sisältöä. Näin varmistetaan sujuva virtaus tahtialueilla. Tasapainotus on jatkuvaa toimintaa prosessin aikana, jotta tahtiajasta saadaan optimaalinen.

Työn virtauksen tasapainotus. Edellisessä vaiheessa yksittäiset työvaiheet on muokattu kestoiltaan yhtä pitkäksi virtauksen tasapainottamiseksi (Frandsen ym., 2015). Virtausta voidaan jatkuvasti tasapainottaa, jos huomataan, että tahtialueet ovat jatkuvasti epätasapainossa työvaiheissa, esimerkiksi muokkaamalla tahtialueiden kokoa. Tahtialueet voivat olla epätasapainossa, kun toisella alueella on enemmän tietynlaisia töitä verrattuna muihin tahtialueisiin. Myös tehtävien järjestystä voidaan muokata tai jotkin työvaiheet voidaan joutua jättämään pois tahdista ja tekemään tahdin ulkopuolella. Työpaketteja voidaan muuttaa jakamalla työpaketit pienemmiksi, esimerkiksi jakamalla sähköasennus ja johtojen vetäminen omaksi työpaketiksi. Käyttämällä enemmän esivalmistettuja materiaaleja voidaan myös työvaihetta nopeuttaa ja saada sopimaan tahtiaikaan.

Tuotantoaikataulun viimeistely. Viimeiseksi saadaan laadittua tahtisuunnitelma (Frandsen ym., 2015). Tahtisuunnitelma esitellään jokaisen työvaiheen urakoitsijalle, ja heiltä vaaditaan varmistus, että he kykenevät suoriutumaan työstään tahtialueella määrättyssä tahtiajassa. Jokaisessa työpaketissa tulee olla pieni puskuri, jolla vähennetään tahdin vaihtelua. Puskuri voi myös mahdollistaa tahdin ulkopuolelle jääneiden työvaiheiden suorituksen tahdin lomassa.

2.11 Tahtituotannon ohjausmekanismit

Tarvittaessa voidaan käyttää tahtituotannon ohjausmekanismeja, jos tahti ei kulje suunnitellulla tavalla. Tässä kappaleessa esitellään kuusi tahtituotannon yleisintä ohjausmekanismia, jotka kerrottiin Skanskan järjestämässä tahtituotannon koulutuksessa.

Pehmeä aloitus. Pehmeässä aloituksessa toinen juna aloitetaan myöhemmin kuin ensimmäinen, eli junien välissä on aikataulullinen puskuri (sisäinen tietolähde, 13.2.2023). Näin saadaan kerättyä hyödyllistä tietoa ja kokemusta ensimmäisestä junasta, jota voidaan hyödyntää seuraavan junan työtehtävissä.

Tahtialueen siirto. Yksittäinen tahtialue voidaan siirtää myöhemmäksi, jos esimerkiksi suunnitelmat eivät ole tahtialueella valmiit tai alueelle on tullut käyttäjämuutos eikä työtä voida aloittaa tahtialueella (sisäinen tietolähde, 13.2.2023).

Vaunupuskuri. Tahtiin lisätään vaunupuskuri eli tyhjä vaunu (sisäinen tietolähde, 13.2.2023). Vaunupuskuri mahdollistaa tasaisen tuotannon. Tällainen voi esimerkiksi olla kuivumiseen käytetty puskuri, joka voidaan jo tahdin suunnitteluvaiheessa huomioida. Vaunupuskuri voi olla myös silloin aiheellinen, kun huomataan useampaan alueeseen vaikuttava ongelma.

Junan jakaminen. Juna voidaan jakaa useampaan osaan, eli jonossa kulkevat työpaketit kulkevat samanaikaisesti useammalla tahtialueella (Vaheri, 2022). Junan jakamisella saadaan rakennusaika lyhenemään.

Vaiheiden yhdistäminen. Useampi työtehtävä voidaan yhdistää yhdeksi työtehtäväksi eli tahtivaunuksi (sisäinen tietolähde, 13.2.2023). Yhdistetty työtehtävä kattaa samanaikaisesti kaksi tahtialuetta ja kaksi tahtiaikaa. Tarkoituksena on vähentää tyhjien vaunujen määrää, mikä parantaa tehokkuutta.

Junan pysäytys. Junan pysäytys pysäyttää koko rakentamisen (sisäinen tietolähde, 13.2.2023). Juna pysäytetään laajalti vaikuttavan ongelman seurauksena, jos ongelmaa ei pystytä ratkaisemaan tahdin kuluessa samaan aikaan. Juna on sen aikaa pysäytettynä, kunnes ongelma saadaan ratkaistua. Junan pysäytyksen aikana saadaan annettua täysi huomio ongelmanratkaisulle.

2.12 Tahtituotannon eroavaisuus perinteisestä paikka-aikakaaviosta

Tähän asti Suomessa rakennusalalla yleisimpiä tuotannon ohjaustapoja ovat olleet jana- ja vinoviiva-aikataulut (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 21–27). Jana-aikataulu sopii yleis-aikatauluksi sen helpon luettavuuden ansiosta. Jana-aikataulussa on vähemmän tietoa kuin vinoviiva-aikataulussa, jossa tehtävä yhdistetään myös paikkaan. Vinoviiva-aikataulu voi olla esimerkiksi paikka-aikakaavio, joka kuvaa tuotannon etenemistä ajan ja paikan suhteessa, tai tuotantokaavio, joka kuvaa tuotannon etenemistä ajan ja tuotannon määrän suhteessa.

Paikka-aikakaaviossa rakennuskohde jaetaan pienempiin osakohteisiin ja valitaan osakohteiden suoritusjärjestys (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 21–27). Jokaiselle työtehtävälle lasketaan kesto ja resurssit. Työtehtävien väliset riippuvuudet selvitetään ja näin työtehtävät saadaan suoritusjärjestykseen jokaisella osakohteella. Tämä kuvataan vinoviivoilla kaaviossa. Paikka-aikakaavio antaa käyttäjälle, kuten työnjohtajalle, tiedon työtehtävien aloitus- ja lopetusajankohdista, työn kestosta, järjestyksestä ja siitä, missä osakohteessa työ tehdään.

Esimerkiksi asuinkerrostalokohteessa yleinen tapa on jakaa jokainen kerros yksittäiseksi osakohteeksi. Yksittäisiä työvaiheita ei juurikaan avata, vaan väliseinätyö, tasoitus, maalaus, laminaattiasennus jne. saavat viikon työaikaa osakohteessa eli yhdessä kerroksessa. Virhemarginaali usein paikataan puskureilla, kuten varamestoilla ja väljällä aikataululla (Tahcon, i.a.). Kun väliseinäurakoitsija saa kerroksen jokaisessa huoneistossa oman työnsä valmiiksi, urakoitsija siirtyy seuraavaan kerrokseen. Seuraava urakoitsija on tasoitusrakoitsija, joka tulee väliseinätyöltä valmistuneeseen kerrokseen, ja hänellä on taas viikko työaikaa kerroksessa, ennen kuin seuraava urakoitsija tulee kerrokseen. Tämä aiheuttaa turhaa odottelua työryhmille, kun työryhmät joutuvat odottamaan, että edellinen urakoitsija saa työnsä valmiiksi ja poistuu kerroksesta. Tilanne on mahdollinen myös toisinpäin. Urakoitsija saa alle viikossa työnsä valmiiksi, ja kerros jää tyhjilleen odottamaan seuraavaa urakoitsijaa. Yleistä on, että työnsä valmiiksi saanut urakoitsija poistuu toiselle työmaalle tekemään toista urakkaa, kun työryhmälle ei ole mestaa valmiina seuraavassa kerroksessa. Usein haasteena on saada kyseinen urakoitsija taas takaisin työmaalle jatkamaan urakkaansa, niin että aikatauluun ei tule viiveitä.

Tahtituotannossa pyritään välttämään tyhjiä mesteja eli edellä mainitussa esimerkissä tyhjää kerrosta (Tahcon, i.a.). Tahtituotannossa osakohteet lohkotaan pienemmiksi mesteiksi, esimerkiksi kerrostalokohteessa asunnolla tai muutamalla asunnolla yhdessä voi olla oma tahtialueensa. Käytännössä tämä tarkoittaa, että tahtialueella väliseinäurakoitsija tekee työnsä, jonka jälkeen tahtialueella alkaa nauhoitustyö ja tämän jälkeen seinien tasoitustyö. Väliseinätyö jatkuu seuraavalla tahtialueella eli seuraavassa asunnossa tehden seuraavalle työryhmälle valmista mestaa. Kerroksessa on samanaikaisesti useampi työryhmä, mutta kuitenkin aina omalla tahtialueellaan.

Tahtituotannossa on paljon samankaltaista perinteisen paikka-aikakaavion kanssa (Tahcon, i.a.). Tahtituotannon suunnittelussa määritellään myös paikka, missä työ tapahtuu, työn kesto ja tarvittavat resurssit ja työvaiheiden riippuvuudet. Tahtituotannossa yksityiskohtaisella suunnittelulla poistetaan aikataulusta ylimitoitettut puskurit, joita paikka-aikakaavio sisältää. Yksittäiset työvaiheet erotellaan toisistaan ja aikataulutetaan, esimerkiksi nauhoitustyö nähdään omana työtehtävänä tasoitusurakassa, ja työtehtävät aikataulutetaan alkamaan heti edellisen työtehtävän perään tahtialueella.

Tahtituotannon ja perinteisen paikka-aikakaavion suuren samankaltaisuuden vuoksi täytyy olla tarkkana. Salminen (2021b) toteaaakin, että jos vanhalle tavalle annetaan vain uusi nimi, se vesittää tahtituotannon idean eikä kehitystä toiminnassa tapahdu. Salminen näkee uhkana, että tahtituotannon käsite saattaa muuntua yleistermiksi tasaisella nopeudella etenevälle tuotannolle, jossa ei kuitenkaan ole riittävästi varsinaisen tahtituotannon piirteitä.

Jos tahtituotannon on työnjohdolle uusi ohjaustapa, jota ei välttämättä ole sisäistetty riittävällä tasolla, voi helposti tapahtua kääntymistä takaisin totuttuun tuotannonohjausjärjestelmään. Työtä ohjataankin totuttuun tapaan esimerkiksi perinteisen paikka-aikakaavion mukaisesti, mutta ollaan siinä uskossa, että tuotantoa ohjataan tahtituotannolla.

3 TUTKIMUKSEN KOHDE JA KÄYTETYT MENETELMÄT

Tässä luvussa esitellään tutkimuksen kohde ja avataan tutkimuksen aineistonkeruu- ja analyysimenetelmää.

3.1 Hanke Assi

Skanska Talonrakennus Oy toimii pääurakoitsijana Kanta-Hämeen sairaanhoitopiirin uuden keskussairaalan ja palvelukeskuksen hankkeessa (Skanska i.a.-a). Keskussairaala ja palvelukeskus suunnitellaan ja toteutetaan allianssimallilla. Allianssin muodostavat Skanska Talonrakennus Oy, Kanta-Hämeen sairaanhoitopiiri, Sweco Talotekniikka Oy ja arkkitehtiyhteisö Team Integrated. Hankkeesta käytetään nimitystä Assi Ahveniston sairaala, lyhyemmin Assi (Kuvio 5).

Assi on Skanskan kaikkien aikojen suurin hanke Suomessa (Virtanen, 2021). Sairaala on kooltaan 74 000 bruttoneliömetriä, ja kokonaiskustannus on 356 miljoonaa euroa (Ristimäki, 2021). Sairaalan yhteyteen tulee myös Fimlabin laboratorio, tekonivelsairaala Coxa, Tays Sydänsairaala, potilasosastot Vanajaveden sairaalasta, terveysasema, hammashuoltoyksikkö, tilat akuutille kotihoidolle, pysäköintilaitos ja sivupaloasema (Skanska, i.a.-a). Suunnitelmissa on rakentaa kauppa ja ravintola sairaalan yhteyteen. Rakennustyöt alkoivat elokuussa 2021 ja valmistuvat loppuvuonna 2025. Käyttöönotto tapahtuu vuoden 2026 aikana.



Kuvio 5. Havainnekuva Assi Ahveniston sairaalasta (Ahveniston sairaala, i.a.).

3.2 Työnjohto Assissa

Tutkimuksen tekovaiheessa Ahveniston sairaalan työmaalla työskenteli pääurakoitsijalla tuotannonjohdon tehtävissä 37 henkilöä. Työmaa on jaettu kolmeen rakennukseen, ja jokaisella rakennuksella on oma aluevastaavansa ja tiiminsä, jotka vastaavat alueensa tuotannosta. Alueet ovat Kuuma, Elektiivinen ja Osasto. Kuuma-rakennus sisältää ympärivuorokautisen hoidon tiloja, kuten teho-osaston, leikkaussalit ja synnytysosaston. Elektiivisen puolella on generiset vastaanottotilat. Osaston rakennus sisältää esimerkiksi psykiatrisen hoidon tilat ja vuodeosastot. Hankkeella olevilla työnjohtajilla ja tuotantoinsinööreillä työkokemus ja tahtituotannon hallinta vaihtelevat. Osa työnjohdosta on työskennellyt aiemmin vastaavilla suurilla toimitilahankkeilla, osa asuntopuolella. On alalla aloittelevia sekä pidemmän kokemuksen omaavia rakennusmestareita ja -insinöörejä. Tahtituotanto on osalle työnjohtajista täysin uusi tuotannonohjaustapa, ja osalle se on ainakin osittain tuttu, mutta ei välttämättä siinä laajuudessa, mikä tahtituotanto oikeasti on.

3.3 Tutkimusmenetelmä

Tämä tutkimus on toteutettu kvalitatiivisena eli laadullisena tutkimuksena. Laadullisen tutkimuksen tavoite on ymmärtää tutkimuskohteena olevaa ilmiötä tutkittavien näkökulmasta (Tuomi & Sarajärvi, 2018, s. 85–86). Kvalitatiivisessa tutkimuksessa kerätään aineistoa mm. haastatteluilla, kyselyillä, osallistuvalla havainnoinnilla ja valmiista dokumenteista. Menetelmiä voidaan käyttää eri tavoin yhdisteltynä. Heikkilän (2014) mukaan kvalitatiivinen tutkimus sopii hyvin esimerkiksi toiminnan kehittämiseen, mikä on myös tämän tutkimuksen tavoitteena. Tuomi ja Sarajärvi (2018, s. 80–82) muistuttavat, että laadullisen tutkimuksen aikana tutkija löytää useita uusia tutkimusaiheeseen liittyviä aiheita, joita olisi myös mielenkiintoista tutkia. Tutkijan on kuitenkin ymmärrettävä, ettei kaikkea kiinnostavaa voi tutkia yhdessä tutkimuksessa, vaan aineisto, joka ei liity tarkoin rajattuun tutkimusaiheeseen, tulee siirtää seuraavaan tutkimukseen.

3.4 Aineistonkeruu

Aineistoa on kerätty tässä opinnäytetyössä henkilökohtaisella haastattelulla, ryhmähaastatteluilla, alan kirjallisuudesta ja verkkojulkaisuista. Lisäksi on hyödynnetty toimeksiantajan aineistoa. Tutkimuksen tekijä on toiminut työnjohtajan tehtävissä Assi-sairaalalahankkeella tutkimuksen tekoaikana ja ollut mukana siirtymävaiheessa tahtituotantoon.

Laadullisessa tutkimuksessa haastattelua voidaan pitää vapaamuotoisena ja sitä pidetäänkin haastattelutilanteen etuna (Tuomi & Sarajärvi, 2018, s. 63). Haastattelun aikana haastattelija ja tiedonantaja käyvät vapaamuotoisempaa keskustelua, kysymyksiä pystytään toistamaan tai tarkentamaan sekä oikaisemaan väärinkäsityksiä heti haastattelutilanteessa. Haastattelijan on suositeltavaa kertoa etukäteen haastattelukysymykset, aihe tai teema tiedonantajalle. Tällöin tiedonantaja pystyy päättämään, antaako luvan haastattelulle sekä valmistautumaan haastattelukysymyksiin, jolloin haastattelusta saadaan mahdollisimman paljon irti. Haastatteluun tulee valita henkilöt, joilla on tietoa tai kokemusta tutkitavasta ilmiöstä.

Haastattelut toteutettiin henkilöhaastatteluna sekä ryhmähaastatteluna, joka oli teema-haastattelu. Ryhmähaastatteluun kerätään tutkimusaiheen kannalta oleellisia henkilöitä yhteen pohtimaan aihetta (Vuori, 2021). Ryhmähaastattelun hyviä puolia on, että

haastatteluun osallistuvat saavat tukea toisistaan ja haastattelutilanne pysyy rennompana. Haastateltava puheenvuorollaan saattaa muistuttaa toista haastateltavaa jostakin, mikä muuten jäisi sanomatta haastattelun aikana.

Teemahaastattelun suosio perustuu tiedonantajan vastaamisen vapauteen, kun keskustelu ei etene tarkkojen raamien mukaan (Vuori, 2021). Teemahaastattelussa ei muotoilla haastattelukysymyksiä välttämättä tarkasti etukäteen eikä kysymyksiä tarvitse esittää samassa muodossa useamman haastattelun aikana. Tutkijan perehdyttyä tutkimusaiheeseen, hän valitsee oman näkökulmansa ja päättää tutkimuksen kannalta keskeiset teemat. Haastattelun aikana tutkija kysyy vapaamuotoisesti kysymyksiä näistä teemoista.

Tähän tutkimukseen valittiin haastateltavaksi Assi-työmaan työnjohtajia ja tuotantoinsinöörejä, jotka ovat osallisena siirtymässä tahtituotantoon. Osalla haastateltavista oli aiempaa kokemusta tahtituotannosta aiemmilta rakennushankkeilta. Kohdehenkilöt kutsuttiin haastatteluun kirjallisella kutsulla, joka lähetettiin sähköpostilla. Kutsussa kerrottiin tutkimuksen aihe ja avattiin haastattelun teemat tarkemmin muutamalla avustavalla kysymyksellä. Haastatteluun osallistuminen oli vapaaehtoista. Haastattelun teemoina olivat työnjohdon lähtökohdat tahtituotantoon, yrityksen järjestämä koulutus tahtituotannosta ja haasteet tahtituotannossa. Ryhmähaastatteluun osallistui neljä hankkeella työskentelevää työnjohtajaa tai tuotantoinsinööriä.

Työmaan Kuuma-rakennus on suunnitellusti rakennusvaiheessa edellä Elektiivisen ja Osaston rakennuksia. Kuumassa otettiin tahtituotanto käyttöön muutamia viikkoja aiemmin kuin muissa rakennuksissa. Kuuman työnjohdon käytännön kokemuksia tahtituotannosta jaettiin Elektiivisen työnjohdolle vapaamuotoisessa palaverissa. Palaverin järjesti Elektiivisen tuotantoinsinööri, joka toimi myös keskustelun moderaattorina. Kirjurina toimi tämän opinnäytetyön tekijä. Palaverissa oli kaksi tiedonantajaa. Tässä työssä palaverista kerättyä aineistoa käsitellään tuloksissa haastattelutuloksina tekstiin selvyuden vuoksi ja tiedonantajien anonymiteetin varmistamiseksi. Kaikki haastateltavat on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Haastatteluun osallistuneet henkilöt.

Työtehtävä	Rakennusalan työkokemus vuosina	Tahtituotannon kokemus vuosina
Työnjohtaja	10	3
Työnjohtaja	37	0
Työnjohtaja	7	0
Tuotantoinsinööri	12	0,5
Tuotantoinsinööri	19	1
Tuotantoinsinööri	16	4
Tuotantoinsinööri	9	0

3.5 Analyysimenetelmä

Tutkimuksen analyysimenetelmänä on käytetty laadullista sisällönanalyysia. Laadullisen analyysin tavoitteena on tiivistää tutkimuksessa kerätty tieto ja luoda selkeä, sanallinen kuvaus tutkittavasta ilmiöstä (Vuori, 2018). Analyysissa tutkitaan aineistoa niin, että siinä päästään pintaa syvemmälle. Laadullisessa analyysissa ei ole tiettyä tapaa, kaavaa tai ohjetta siihen, kuinka analyysi tulee tehdä. Tutkimuksen aikana kerättyä tietoa ja tehtyjä havaintoja tulkitaan teorian ja oman ajattelun avulla. Analyysi vastaa kysymykseen, mitä aineisto sisältää ja mistä se kertoo.

Tässä tutkimuksessa kerätyn aineiston analysoimisessa on hyödynnetty koodaamista. Koodaaminen on yleinen sisällönanalyysin työväline laadullisessa tutkimuksessa (Vuori, 2018). Koodaaminen tarkoittaa kerätyn aineiston järjestämistä ja luokittelua, mikä on hyvä pohja varsinaiselle analyysille. Aineisto voidaan järjestellä ominaisuuden mukaan eli aineiston osat, jotka muistuttavat toisiaan tai liittyvät sisällöltään toisiinsa, yhdistetään. Koodaamisella sekalainen aineisto saadaan yksinkertaisempaan muotoon, jota on helpompi käsitellä. Koodaamisen aikana on tärkeää pitää mielessä asetetut tutkimuskysymykset, että koodaamisen aikana tulee keskittyä tutkimuksen kannalta oleellisiin aiheisiin, vaikka aineistossa olisi paljon muutakin.

4 TULOKSET

4.1 Tilanne ennen tahtituotantoon siirtymistä

Rakennushankkeen ensimmäisen puolentoista vuoden aikana vaihe aikataulut, kuten maanrakennus- ja perustusvaiheen aikataulu, runko aikataulu ja sisävalmistusvaiheen aikataulu, laadittiin yleisaikataulun pohjalta. Runko aikatauluun on sisällytetty myös rungon täydentävät työvaiheet eli pintalattia-, muuraus- ja levyväliseinätyöt sekä osa talotekniikan nousukuilujen töistä. Kriittisten teknisten tilojen, kuten IV-konehuoneiden, muuntamoiden, pääkeskusten ja kerrosten telejakamoiden, työt tehdään tahdin ulkopuolella. Viimeistely- ja käyttöönottovaiheista laaditaan erilliset aikataulut.

Tahtituotanto otetaan käyttöön sisävalmistusvaiheessa allianssin päätöksellä. Tahtituotanto alkaa nauhoitus-, tasoitus- ja maalaustöistä, ja nämä toimivat tahtiaikataulun ensimmäisinä vaunuina. Tahtituotanto alkaa kaikissa työmaan rakennuksissa 2023 vuoden alkupuolella.

4.2 Tahdin hyvät puolet

Haastattelun ensimmäisenä teemana oli työnjohtajien lähtötilanne tahtituotantoon, ja kysymykset käsittelevät myös asennetta uutta tuotannon toimintatapaa kohtaan. Haastateltavien henkilöiden keskiarvo tahtituotannon kokemuksesta oli 1,2 vuotta. Työkokemusta jokaisella haastateltavalla oli rakennusalalta 7–37 vuotta. Tässä korostuu, että vaikka olisi ollut rakennusalalla melkein 40 vuotta, niin silti tahtituotanto voi olla täysin uusi toimintatapa.

Jokaisella haastateltavalla oli positiivinen asenne tahtituotantoa kohtaan, eikä kukaan tyrmännyt ajatusta tahtiin siirtymisestä. Hyvä asenne tahtituotantoa kohtaan haastateltavien mielestä johtui siitä, että tahtituotanto selkeyttää paljon työnjohtajan työtä, kuten tämän työn teoriaosuudessakin tuli ilmi. Työvaiheet määritellään selkeästi ja niille on määrätty selkeä aloitus- ja lopetushetki, joita tulee noudattaa. Työn tarkka suunnittelu ja ennakointi vähentävät tulipalojen sammuttelua, mikä vie turhaa työaikaa työnjohdolta, johon myös haastateltavat työnjohtajat olivat selkeästi kyllästyneet.

Yhdessä haastateltavassa epäluuloisuutta herätti tahtituotannon tuntemattomuus rakennusalalla ja uusi tapa, josta monella työntekijällä ei ole kattavaa kokemusta. Haastateltava on työskennellyt rakennusalalla kymmeniä vuosia ja vuosien saatossa nähnyt, kuinka työmaalle tuotu uusi käytäntö, jonka tulisi mullistaa rakentaminen, ei ole toiminutkaan halutusti.

Haastateltavat kokivat, että työmaalla työskentelevillä aliurakoitsijoilla on lähtökohtaisesti hyvä asenne tahtituotantoa kohtaan eikä kukaan pidä tahtituotantoa ”kirosanana”. Haastateltavat myös kokivat, että yhteistyö pääurakoitsijan ja aliurakoitsijoiden välillä toimii. Haastattelun edetessä keskustelua herätti paljon aliurakoitsijoiden sitoutuneisuus tahtituotantoon ja urakoitsijoiden vähäinen kokemus tahdissa työskentelystä, mikä koetaankin yhdeksi suurimmaksi tahtituotannon haasteeksi aiemman tutkimustiedon perusteella.

4.3 Koulutus

Skanska järjesti tuotannon työnjohdolle tahtituotantokoulutuksen ennen tahtituotannon käyttöönottoa hankkeella. Koulutus oli pakollinen jokaiselle tuotannon jäsenelle, ja siihen sai osallistua etänä tai paikan päällä kokoustilassa. Koulutuksen kesto oli kolme tuntia. Koulutuksen piti Skanskan kehityspäällikkö, joka ei itse työskentele Assi-hankkeella. Koulutuksen pohjana oli PowerPoint-esitys ja koulutus eteni luentotyylisesti. Keskustelua heräteltiin koulutuksen edetessä ja keskustelu pidettiin vapaamuotoisena. Koulutuksen alussa käytiin läpi rakennushankkeen perustietoja, työorganisaatiota ja hankkeen vaihe aikataulu. Koulutuksessa esiteltiin tuotannon tuleva viikkokello ja tahtiohjaukseen liittyvät toimenpiteet, kuten päivittäiset palaverit, tahtialueen laadunvarmistustoimenpiteet sekä tahdin ohjausmekanismit, jotka on avattu myös teoriaosuudessa kohdassa 2.11. Koulutuksessa käsiteltiin tahtituotannon hyötyjä sekä tahtituotannon onnistumiseen ja epäonnistumiseen vaikuttavia tekijöitä.

Haastattelujen perusteella koulutus koettiin hyväksi luennoksi tahtituotannon periaatteista ja hyödyistä, mutta koulutus jäi jokaisen haastateltavan henkilön mielestä liian pintapuoliseksi katsaukseksi eikä se varsinaisesti antanut konkreettista oppia, jota työnjohtaja voisi itse hyödyntää tahtituotannon ohjauksessa ja valvonnassa. Jokainen haastateltava nosti esiin, että koulutuksen vetäjän olisi pitänyt olla Assi-hankkeella työskentelevä henkilö, joka

tuntisi hankkeen piirteet, työmaan rakennukset, tiimit ja jolla olisi tietoa aiemmista työmaan toimintatavoista. Luottamusta olisi esimerkiksi herättänyt hankkeen aikataulupäällikkö koulutuksen pitäjänä. Tämän lisäksi koulutusaineisto olisi pitänyt olla spesifioitu Assi-hankkeelle.

Tahtituotannon koulutuksen lisäksi ryhmähaastatteluun osallistuneet henkilöt eivät olleet saaneet muuta tukea tai apua tahtituotantoon siirtymisessä, vaan tahtituotantoon syventyminen vaatii oma-aloitteisuutta ja tiedon etsintää esimerkiksi internetistä. Haastateltavat olisivat kaivanneet enemmän vertaistuellisia tilaisuuksia. Kuuman sekä Elektiivisen rakennusten työnjohdon välillä järjestetty yhteinen palaveri tahtituotannon haasteista oli esimerkiksi tällainen.

Koulutuksen jälkeen työnjohto ei ollut selvillä eri henkilöiden vastuista projektiorganisaatiossa, esimerkiksi kenen vastuulla on mikäkin laadunvarmistustoimenpide, milloin tarkastukset tulee suorittaa ja kuka tarkastuksen hyväksyy. Haastattelutilanteessa tuli myös ilmi, että tahtituotannon käsitteet eivät ole selviä sekä tahtituotannon ohjaustoimenpiteitä ei tunneta. Tämä kertoo siitä, että yhdellä opetuskerralla henkilö ei sisäistä välttämättä kunnolla uutta asiaa, kun asiaa tulee paljon yhdellä kerralla.

4.4 Haasteet tahtituotannossa

Haastattelun viimeisenä teemana olivat tahtituotannon haasteet. Tahtituotannon haasteista keskusteltiin myös yhteisessä palaverissa Kuuman ja Elektiivisen työnjohdon kanssa. Palaverissa tiedonantajat pystyivät jo kokemuksen pohjalta kertomaan, mitä haasteita on tullut esiin tahtituotannossa. Ensimmäisenä on avattu päätuloksia eli suurimpia haasteita, joita useampi haastateltava näki haasteena tahtituotannossa. Näiden jälkeen on haastatteluissa muita ilmi tulleita haasteita, joita ei kuitenkaan pidetty useamman haastateltavan mukaan niin merkittävinä tai todennäköisesti toteutuvina haasteina kyseisessä hankkeessa.

4.4.1 Sitoutuneisuus

Suurimmaksi haasteeksi nousi haastatteluissa aliurakoitsijoiden sitoutuneisuus tahtituotantoon ja heidän tietämyksensä siitä, mitä heiltä odotetaan tahtituotannossa.

Nyt luotetaan liikaa siihen, että urakoitsijoilla on valmiudet lähteä tekemään tahtia ja toteuttamaan heille kuuluvia viikoittaisia tarkastuksia sillä laajuudella ja laatu tasolla, mitä me heiltä odotetaan. (H1)

Pääurakoitsija ei järjestänyt aliurakoitsijoille tahtituotantokoulutusta, vaan aliurakoitsijoilta odotetaan valmista osaamista työskennellä tahtituotannossa.

Hankkeella on ollut alusta asti käytössä Congrid-ohjelmisto laadun ja työturvallisuuden seuraamiseen, ja sen käyttöä vaaditaan aliurakoitsijoilta. Haastateltavat kokivat jo ennen tahtituotannon alkamista haasteena aliurakoitsijoiden sitoutumisen heiltä vaadittaviin tarkastuksiin ja niiden kirjaamiseen Congrid-ohjelmistoon ohjeiden mukaisesti. Suurimmaksi syyksi ongelmalle nähtiin aliurakoitsijoiden ajatusmaailma. Kaikki aliurakoitsijat eivät ole sisäistäneet, miksi tarkastuksia tehdään, vaan näkevät ne ”pakollisena pahana”.

Haastateltavan mukaan aliurakoitsijoiden asenteeseen ja sitoutuneisuuteen voi vaikuttaa negatiivisesti urakatöiden toteutus tahtituotannossa. Monissa urakkaluonteisissa töissä, esimerkiksi väliseinä-, maalaus- ja laatoitustöissä, työntekijöiden vastustus tahtituotantoa kohtaan liittyy pelkoon, että tahti rajoittaa heidän ansaintamalliaan. Jos urakatöitä tekevä urakoitsija pystyisi ja haluaisi tehdä enemmän töitä kuin mitä hänelle on varattu tahtialueella tahtiajan puitteissa, tahtituotantomalli saattaa estää sen ja vaikuttaa suoraan työntekijän palkkaukseen. Työntekijä ei tällöin välttämättä sitoudu tahtialueisiin ja -aikatauluun.

4.4.2 Suunnitelmat

Useampi haastateltava toi ilmi suunnitelmapuutteet ja suunnitelmamuutokset, jotka aiheuttavat haasteen työn toteuttamiseen. Haastetta lisää hidas tiedonkulku rakennustuotantoon suunnitelmamuutoksista. Muutokset tulevat yleensä liian myöhään, ja työ on ehditty toteuttaa vanhalla suunnitelmalla. Erityisesti haasteena nostettiin esiin talotekniikan

suunnitelmat, joissa useasti muuttuvat esimerkiksi putkikoot ja sijainnit työn aikana eikä tieto kulje osapuolten välillä riittävällä nopeudella.

Tahtialue saatetaan joutua aloittamaan puutteellisilla suunnitelmilla, mikä aiheuttaa jälkeempään korjaustoimenpiteitä. Tahtialueella voi esimerkiksi alkaa maalaustyö, ennen kuin suunnitelmat seinien suojamatoista ja allastaustoista ovat valmiita.

Epäselvyyttä aiheuttaa, kun osa suunnitelmista on pilkottu moneen eri tiedostoon. Esimerkiksi massalattioiden lattiamateriaalin koodi, koodin takana oleva tarkempi materiaalitieto ja yksityiskohdat ovat kaikki eri tiedostoissa. Haasteena työnjohdolla on varmistaa, onko työntekijällä aina kaikki tarvittava tieto työn toteuttamiseen suunnitelmien mukaisesti.

4.4.3 Tahdissa pysyminen

Tuotannon työnjohdolla on haastattelujen perusteella kohtalainen luotto, että urakoitsijat pystyvät mitoittamaan resurssinsa tahdin mukaisesti, kun heille on annettu selkeä työn aloitus- ja lopetushetki tahtiaikataulun mukaisesti. Esiin nousi haaste tilanteista, joita ei pysty ennakoimaan, kuten sairauspoissaolot, ja aliurakoitsijoiden kyky tällöin paikata resurssipuutteita. Lisäksi suuren sairaalahankkeen kolmella rakennuksella saattaa työskennellä sama aliurakoitsija jokaisella rakennuksella ja riskinä työnjohtajat näkevät, että resurssipuutteita saatetaan paikata toisen rakennuksen kustannuksella.

Työmaan käynnissä olevilla tahtialueilla haasteeksi on tullut olosuhteista vastaavan aliurakoitsijan tahdin mukana pysyminen. Urakoitsijan vastuulla on esimerkiksi työmaasähkö, -vesi ja -lämmitys sekä P1-osastointi. Tahtialueilla on tullut eteen tilanne, jossa esimerkiksi pölynhallintatelttaa tai sähkökeskusta ei ole saatu alueelle ennen tahdin alkua eli työn aloitusedellytykset eivät ole kunnossa, mikä aiheuttaa viivästyksiä työn aloitukseen.

Haasteena haastateltavat kokivat ennemminkin aliurakoitsijat, joiden on vaikea sisäistää, että tahtituotannossa on määritelty tarkasti tahtialue ja tahtiaika, joita tulee noudattaa eli seuraavalle mestalle siirrytään vasta edellisen tahtiajan päätyttyä. Kuuma-rakennuksen ensimmäisillä tahtialueilla on ilmennyt haaste, että työnsä etukäteen valmiiksi saanut urakoitsija siirtyy seuraavalle tahtialueelle töihin, vaikka tahtialueella työskentelee vielä

edeltävän työvaiheen urakoitsija. Tästä seuraa ongelma, että urakoitsijoiden omat tarkastukset eli itselle luovutus ja mestan vastaanotto sekä pääurakoitsijan työvaiheen tarkastus on hankala suorittaa oikea-aikaisesti, mikä vaikeuttaa työn laadun valvontaa. Liian aikaisin tahtialueelta siirtyvä urakoitsija haittaa edeltävän urakoitsijan töitä lisäksi tuomalla alueelle omia rakennusmateriaalejaan.

Tahtialueiden välillä tehtävät tarkastukset ovat tärkeitä. Niillä saadaan varmistettua työn laatu ja suunnitelmien mukaisuus. Lisäksi mestan vastaanotossa saadaan tarkastettua uuden työvaiheen aloitusedellytyksien tilanne ja tarvittaessa korjaamaan tilanne ennen kuin uusi tahtiaika alkaa alueella. Huolellisilla tarkastuksilla pystytään jälkeenpäin todistamaan puutteet tai aiheutuneet viat sekä osoittamaan korjausvaatimukset oikealla urakoitsijalle. Urakoitsijan tehdessä itselleluovutustarkastuksen, hän pystyy todistamaan, että tahtialue on hänen jäljiltään valmis ja alueella ei ole esimerkiksi urakoitsijan jäljiltä rikkoutuneita pintoja tai rakennusjätteitä.

4.4.4 Logistiikka

Osalla haastateltavilla oli pelkona käynnissä olevien tahtialueiden lisääntyessä logistiikan kyky toimittaa tarvittavia rakennusmateriaaleja usealle tahtialueelle oikea-aikaisesti. Päällisin puolin kuitenkin haastateltavilla oli näkemys, että logistiikka ja materiaalitoimitukset eivät aiheuta tahtiaikataulusta jäämistä. Tämä oli todettu jo Kuuman ensimmäisillä tahtialueilla. Rakennusmateriaalit ovat oikea-aikaisesti saatavilla, eikä tahdista ole jääty jälkeensä takia. Logistiikan toimivuudessa olisi vielä parannettavaa haastateltavien mielestä. Parannettavaa olisi enemmän jätehuollossa kuin materiaalitoimituksissa tahdin mukaisesti. Esimerkiksi Assi-sairaalahankkeella on kierrossa 500 kappaletta pyörällisiä jätevaunua. Jätevaunut kerroksissa täyttyvät työpäivän aikana, ja seuraavaksi päiväksi tarvitaan jo tyhjiä jäteastioita tahtialueelle. Näiden tyhjentämiseen täytyy löytyä resurssit ja aika, tai jätteet pääsevät kertymään mestalle, mikä haittaa työtä suorittavaa urakoitsijaa.

Assi-hankkeella aliurakoitsijat ja erillinen logistiikkaurakoitsija ovat sopimussuhteessa keskenään, eli urakoitsijat sopivat keskenään materiaalitoimituksista, sisäänkannoista ja varastointipaikoista. Materiaalinhallinta ja materiaalitoimitusten suunnittelu ei vie pääurakoitsijan resursseja, mikä on ollut hankkeessa hyvä ratkaisu. Pääurakoitsijan työnjohdon

tehtäväksi jää valvoa, että materiaalien vaatimukset, esimerkiksi materiaalien vähäpäästöisyys, täyttyvät ja jokaisella aliurakoitsijalla on vain tahtialueen vaatima materiaalimäärä eli viikon tarve käytettävissä työmaalla. Tämä on ollut muutamien urakoitsijoiden kanssa haasteena. Tavaraa tilataan huomattavia määriä kerralla ja niitä joudutaan välivarastoitmaan, mikä ei ole tehokasta ja aiheuttaa hukkaa. Materiaalisiirroissa tuhoutuvat helposti rakennuksen pinnat ja rakenteet, esimerkiksi lattiakaivot, maalatut seinät ja oviaukkojen pielet, ja niiden jatkuva korjaaminen on turhaa työtä lean-opin mukaan. Välivarastoinnin aikana ja siirroissa myös osa rakennusmateriaaleista rikkoutuu.

4.4.5 Työvaiheen toteutus valmiiksi

Tahtituotanto edellyttää työtä suorittavalta urakoitsijalta tahtialueen työn loppuun saattamista sataprosenttisesti. Haastattelujen perusteella haasteena on, että urakoitsijat ovat useasti tottuneet siihen, että työtä voi tehdä sieltä täältä valmiiksi ja mestojen välillä pystyy liikkumaan eli palaamaan mestalle myöhemmin viimeistelemään työn. Keskeneneräiseksi jäänyt työ tulee haasteeksi siinä vaiheessa, kun tahtialueella vaihtuu tahtiaika ja alueelle tulee seuraava urakoitsija eivätkä mestat ole kunnossa seuraavaa työvaihetta varten.

Urakoitsijan tulee tehdä itselle luovutustarkastus, kun tahtiaika päättyy. Tällöin myös työn pitäisi olla sata prosenttisesti valmis suunnitellusta. Ennen uuden tahtiajan alkua lisäksi pääurakoitsija tekee työvaiheen tarkastuksen sekä seuraava aliurakoitsija mestan vastaanoton, jotka kuuluvat tahtituotannon toimintatapoihin. Tarkastuksissa ilmi tullut keskeneneräinen työ tulee tehdä valmiiksi, ennen kuin seuraava työpaketti alkaa tahtialueella. Tarkastukset tehdään perjantaisin tahtiajan päättyessä, eli keskeneneräinen työ aiheuttaa aliurakoitsijalle viikonlopputöitä, jotta mesta on valmis seuraavalle urakoitsijalle maanantai-aamuna uuden tahtiajan alkaessa.

Haastateltavien mukaan työmaalla on tullut jo esiin aliurakoitsijoiden katoamista toisille työmaille, jopa keskeneneräisen työn aikana. Työnjohto joutuu kyselemään urakoitsijan perään, ja mitään varmuutta ei ole, milloin urakoitsija tulee jatkamaan työnsä loppuun. Teoriaosiossa käsitelty perinteinen tuotannonohjaus ja paikka-aikakaaviomalli on ennen mahdollistanut aliurakoitsijalle useamman urakan tekemisen eri työmailla samanaikaisesti. Tahtituotannossa haasteeksi muodostuu tahtiajassa pysyminen, kun työpaketti ei ole

valmis tahtialueella tahtiajan päätyttyä eikä tietoa ole, missä kyseiset työntekijät ovat. Seuraava työryhmä ei pääse aloittamaan tahtialueella omia töitään, kun keskeneräiset työt ovat haittana.

4.4.6 Muut haasteet

Haastattelujen aikana löytyi lisäksi seuraavia haasteita edellä mainittujen lisäksi. Nämä haasteet eivät toistuneet haastattelujen aikana yhtä vahvasti, mutta näitä haasteita ei voi kuitenkaan pitää yhtään sen vähäpätöisempänä kuin muita.

Työntekijöiden väsymys. Työntekijöille saattaa aiheutua tahtituotannosta väsymystä ja stressiä tiukasta aikataulusta ja vähäisistä työntekijäresursseista, mikä vaikeuttaa työn suorittamista työturvallisesti, laadukkaasti ja suunnitelmien mukaisesti. Erityisesti urakkapalkkaan perustuvissa urakoissa työntekijät saattavat helposti yrittää tehdä työn pienemmillä työntekijäresursseilla kuin ottaa useampia työntekijöitä jakamaan urakkapohjia.

Työnjohdon ote. Aiemmin, perinteisemmässä tuotannonohjauksessa, työmailla on totuttu hitaanpuoleiseen reagointiin, kun havaitaan ongelmia. Sen on mahdollistanut reilut aikataulupuskurit aikataulussa.

Kun työmaalla huomataan ongelma, siihen todetaan vaan "noni" ja asiaa jätetään ihmettelemään tumput suorina. Siihen ei reagoida nopeasti, eikä sen eteen tehty mitään, että ongelma oltaisiin voitu välttää. (H2)

Tahtituotannossa aikataulupuskurit ovat minimissä, joten ongelmanratkaisu ja korjaustoimenpiteet vaativat nopeaa reagointia. Haasteeksi tulee pysyä tahtiaikataulussa, jos reagointi ongelmiin pysyy samanlaisena kuin perinteisemmässä tuotannonohjauksessa. Tällaisessa tapauksessa työnjohdon tulee oppia pois totutusta tavasta ja reagoida nopeasti sekä jämäkästi havaittuihin ongelmiin, niin kuin tahtituotanto edellyttää toimiakseen.

Työnjohdon ajan riittäminen. Pääurakoitsijan työnjohdon työtehtävät, kuten tarkastukset, kasaantuvat loppuviikkoon tahtituotannon viikkokellon mukaisesti, ja työnjohtajalla saattaa olla useampi tahtialue samanaikaisesti käynnissä. Haasteena koettiin työnjohtajan ajan riittäminen toteuttaa kaikki laadunvarmistustoimenpiteet aikataulun mukaisesti, kun

työnjohdolla on tarkastuksien lisäksi muita työtehtäviä päivittäin, esimerkiksi työturvallisuuden valvomista, ongelmien ratkaisua ja seuraavia työpakettien aloitusedellytyksien varmistamista.

Laadun kärsiminen. Riskinä nähtiin laadun kärsiminen tiukan aikataulun takia. Jos tahtiin tulee viivästyksiä, niitä mahdollisesti aletaan paikkaamaan paineen alla nopeammalla työtahdilla, mikä kasvattaa virheiden syntymahdollisuutta.

Aloitusaikajankohta. Tahtituotanto aloitetaan työmaan kolmannella rakennuksella keväällä, juuri ennen kesää. Kesällä edessä on pitkät lomat, ja aiemmilta työmailta on huomattu, että työnteko muuttuu rauhallisemmaksi lomien kohden ja loman jälkeen työvauhtiin päästään hitaasti. Haasteena on, miten motivoida työntekijöitä sekä täyttää työntekijäresurssien lomien aikana.

4.5 Työmaan hyvät toimintatavat

Hyvissä ajoin ennen tahtiin siirtymistä työmaalle järjestettiin suuret infotaulut ja tulosteet tahtialueista sekä -aikataulusta vuoden 2024 loppuun. Infotauluissa on lisäksi ajankohtaisia asioita, kuten viikon TR-mittauksen tulos. Jokaisessa kerroksessa on kerroksen tahtialueet ja käynnissä olevat ja tulevat työvaiheet infotauluilla kerrottuna. Näin saatiin vietyä tietoa visuaalisesti työntekijätasolle asti ja helposti kaikkien saataville. Suunniteltuun tahtiaikatauluun työntekijöiden oli mahdollista tutustua rauhassa. Työmaatoimistoon ja työntekijöiden sosiaaliloihin hankittiin infotelevisiot, joissa pyörii esimerkiksi aikataulutietoja, työturvallisuus- ja ympäristöasioita sekä muita työmaan ajankohtaisia asioita. Työnjohdolla on tabletit eli taulutietokoneet, joilla työnjohtajat pystyvät työmaalla ollessaan suorittamaan ja kirjaamaan mm. laatutarkastuksia, turvallisuus- ja ympäristöhavaintoja Congrid-ohjelmistoon sekä katsomaan suunnitelmia sekä tietomallia paikan päällä työmaalla.

Vuoden alussa, ennen tahtituotannon alkamista, otettiin käyttöön tahtituotannon aikainen viikkokello, joka on esitetty kuviossa 6. Esimerkiksi jokapäiväiset nokkamiespalaverit työmaalla klo 7.00–7.15 otettiin käytäntöön. Nokkamiespalaveriin osallistuvat pääurakoitsijan sekä aliurakoitsijan työnjohto tai nokkamies. Palaverissa käydään läpi sen hetkiset ja tulevat työt ja niihin vaikuttavat tekijät sekä muut ajankohtaiset työmaan asiat. Aliurakoitsijat

saavat kerrottua huolensa palaverissa, ja tieto saavuttaa nopeasti oikean henkilön. Viikoittaisessa aluevastaavan tuotantopalaverissa joka toinen viikko ollaan kokoustilassa ja käydään läpi pöytäkirjan asioita, ja joka toinen viikko jalkaudutaan työmaalle katsomaan senhetkistä tilannetta yhdessä.

Tuotannon viikkokelloon on lisätty lyhyet 30 minuutin palaverit tuotannon aikatauluinsinöörin ja työnjohtajan tai tiimin kanssa. Palaverissa on tarkoitus käsitellä senhetkistä tilannetta tahtialueilla, mahdollisesti toteutuvia tai havaittuja ongelmia ja aikataulussa pysymistä. Palaveri mahdollistaa ennakoinnin seuraavaa tahtiaikaa varten ja ongelmien ratkaisun ennen kuin ne käyvät toteen.

Klo	Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai
7.00 - 7.30		Nokkamiespalaveri Talo- / kerroskohtainen	Nokkamiespalaveri Talo- / kerroskohtainen	Nokkamiespalaveri Talo- / kerroskohtainen	Nokkamiespalaveri Talo- / kerroskohtainen
7.30 - 8.00	Tahtin viikkopalaveri Taloittainen	Työpiestekierrokset Talo- / kerroskohtainen	Työpiestekierrokset Talo- / kerroskohtainen	Työpiestekierrokset Talo- / kerroskohtainen	Työpiestekierrokset Talo- / kerroskohtainen
8.00 - 8.30		Aluevastaavan tuotantopalaveri Taloittainen	TATE-urakoitsijapalaveri Taloittainen		Tahtin vastaanotto- ja luovutusmenpiteet Laadulliset tarkastukset
8.30 - 9.00	Tuotannon johdon palaveri				
9.00 - 9.30					
9.30 - 10.00					
10.00 - 10.30					
10.30 - 11.00					
11.00 - 11.30	Lounastauko	Lounastauko	Lounastauko	Lounastauko	Lounastauko
11.30 - 12.00					Tuotannon suunnittelu taloittainen (aluevastaava, aikatauluinsinööri + talo- päällikö)
12.00 - 12.30					
12.30 - 13.00					Laadulliset tarkastukset
13.00 - 13.30		Aikataulupalaveri 1/2 Taloittainen	Urakoitsijapalaveri Taloittainen	Aikataulupalaveri 2/2 Taloittainen	
13.30 - 14.00					
14.00 - 14.30					
14.30 - 15.00	Työmaakierros + dokumentointi Talo- / kerroskohtainen	Työmaakierros + dokumentointi Talo- / kerroskohtainen	Työmaakierros + dokumentointi Talo- / kerroskohtainen	Työmaakierros + dokumentointi Talo- / kerroskohtainen	Työmaakierros + dokumentointi Talo- / kerroskohtainen
15.00 - 15.30					

Kuvio 6. Tuotannon viikkokello (sisäinen tietolähde 26.3.2023).

Juurisyyden analysointi- ja ongelmanratkaisumenetelmä 5 Miksi on ollut työmaalla alusta asti käytössä. 5 Miksi luodaan läheltä piti -tilanteista, sattuneista tapaturmista, ympäristövahingoista ja laatueroista. Raportit luodaan huolellisesti, tapahtumatilanne selvitetään siihen osallisten henkilöiden kanssa ja raportti täydennetään valokuvilla. Lopputulos käydään läpi yhteisissä palavereissa aliurakoitsijoiden kanssa ja raportti tulostetaan nähtäväksi taukotiloihin. Päätetyt korjaustoimenpiteet otetaan käyttöön ja niiden toteutumista seurataan.

5 YHTEENVETO

Lähtökohta tahtituotantoon Assi-hankkeella on hyvä, vaikka suuri hanke tuo omat haasteensa tahtituotantoon ja työnjohdolle. Hankkeelta löytyy paljon ammattitaitoa ja positiivinen asenne uutta toimintatapaa kohtaan. Aiemmissa tutkimuksissa on nostettu esiin tahtituotannon epäonnistumiseen vaikuttavana tekijänä huono asenne ja sitoutuneisuus tahtituotantoon. Tällä hankkeella kompastuskiveksi ei koidu asenne tahtituotantoa kohtaan tai pääurakoitsijan työnjohdon sitoutuneisuus tahtituotannon ohjaamiseen ja valvontaan. Aliurakoitsijoiden asenteesta ja sitoutuneisuudesta tämän tutkimuksen perusteella ei voida olla varmoja, koska tähän tutkimukseen ei haastateltu työmaan aliurakoitsijoita.

Järjestetty tahtituotannon koulutus ei täyttänyt työnjohdon tarpeita ja koulutus jäi liian teoriatasolle, erästä haastateltavaa lainaten ”hölinäksi”. Koulutuksen puutteellisuus juontaa juurensa todennäköisesti siitä, että tahtituotanto on kohtalaisen uusi toimintapa jokaiselle eikä tahtituotannon koulutuksiakaan ole tarvinnut vielä järjestää monia. Teoria tulisi tuoda lähemmäksi käytäntöä. Koulutus pitäisi aina spesifioida kyseiselle rakennushankkeelle, ja koulutuksen vetäjän pitäisi olla hankkeen tunteva ja mieluiten kohderyhmälle tuttu henkilö. Koulutuksessa voisi käsitellä esimerkkitilanteita ja sitä, miten niissä tulee toimia hyödyntäen tahtituotannon työkaluja ja menetelmiä. Assi-hankkeella järjestetyssä koulutuksessa esimerkkitilanteet olisi voinut miettiä kyseisen hankkeen näkökulmasta ja siten, mitkä olisivat olleet niitä todennäköisiä toteutuvia ongelmia. Suuri sairaalahanke eroaa esimerkiksi tavanomaisesta halli- tai asuintilarakentamisesta huomattavasti.

Koulutuksen kolmen tunnin kesto oli liian pitkä. Koulutus olisi hyvä jakaa noin tunnin mittaisiksi kerroiksi ja joka tunnilla olisi eri aihe tahtituotannosta. Jos koulutus olisi aloitettu aiemmin, koulutuskertoja olisi ehditty pitää useampi ja uuden asian sisäistämiseksi ja opettelulle olisi jäänyt enemmän aikaa.

Aiheet voisi jakaa koulutuskerroille seuraavasti:

- tahtituotannon periaatteet, käsitteistö, hyödyt ja haasteet
- laadunvarmistustoimenpiteet, tarkastukset, viikkokellon mukaiset toiminnot
- tahtituotannon ohjausmekanismit ja niiden käyttö.

Erityisen hyvä käytäntö oli yhteinen tilaisuus, jossa käsiteltiin Kuuma-rakennuksen tahdissa jo esiin tulleita haasteita ja hyviä toimintatapoja jaettiin seuraavan rakennuksen työnohtajille. Seuraavassa tahtituotantohankkeessa on hyödyllistä järjestää ennen tahdin aloitusta tilaisuus, johon tulee paikan päälle henkilöitä jakamaan omia kokemuksiaan tahtituotannosta ja hyväksi havaittuja toimintatapoja. Kokemuksien jakajat voivat olla kyseisellä rakennushankkeella työskentelevä henkilöitä, joilla on riittävä kokemus tahtituotannosta, tai henkilöitä yrityksen toiselta rakennushankkeelta, jossa hyödynnetään tahtituotantoa. Näin saataisiin yksittäisen henkilön tieto asiasta jaettua työyhteisön ja yrityksen sisällä, eikä jakamaton tieto koituisi hukaksi. Paikan päällä järjestetty tilaisuus, jossa on avoin keskustelumahdollisuus, toimii selkeästi kohderyhmälle paremmin kuin videoyhteydellä järjestetty tilaisuus. Silloin tilaisuus saattaa mennä liian teoreettiseksi eikä osallistuvilla henkilöillä riitä mielenkiinto aktiiviseen osallistumiseen.

Haastattelujen aikana kerätty tieto tahtituotannon haasteista vastasi vahvasti aiempia tutkimustuloksia tahtituotannosta. Aliurakoitsijoiden sitoutuneisuus ja tietämättömyys tahtituotannon toimintatavoista koettiin suurimmaksi haasteeksi. Sopimusvaiheessa aliurakoitsijan edellytetään toimivan hankkeella tahtituotannon ja aikataulun mukaisesti, mutta se jää usein siihen. Pääurakoitsija luottaa liikaa siihen, että aliurakoitsijalla on tieto, osaaminen ja halu toteuttaa tahtituotantoa.

Suosittelavaa olisi, että pääurakoitsija järjestäisi myös työmaan aliurakoitsijoille koulutuksen tahtituotannosta. Koulutus olisi hyvä pitää tiiviinä ja siinä pitäisi käydä läpi aliurakoitsijoiden kannalta tärkeimmät aiheet, kuten tahtialueen ja -ajan merkitys sekä vaaditut tarkastukset, läpi, sekä pyrkiä vaikuttamaan ajatusmaailmaan. Ei riitä, että koulutuksessa esitellään tahtituotanto hyvine puolineen, vaan on myös kerrottava, mitä pääurakoitsija odottaa aliurakoitsijoilta ja miksi tahtituotantoa käytetään työmaalla. Pelkällä koulutuksella ei kuitenkaan saada asiaa toimimaan. Koulutuksen lisäksi aliurakoitsijan omalla työjohtolla tulee olla kyky ja resurssit ohjata ja valvoa omien työntekijöiden toimintaa. Aliurakoitsijan työjohtoon tulee siis olla perillä, millä alueella kyseisenä päivänä työskennellään, aikataulutilanne ja mitä tarkastuksia heidän tulee tehdä ja milloin.

Kuten aina rakennusalalla, suunnitelma-asiat puhuttavat paljon. Tahtituotannossa korostuu haasteena suunnitelmapuutteet ja -muutokset, joiden tieto saavuttaa tuotannon työjohtoon

liian hitaasti. Tahtituotannossa asia korostuu, kun aikataulu tahdissa on tiukka eikä ole ylimääräistä aikaa odottaa suunnitelmien valmistumista. Suunnittelijoiden ja tuotannon yhteistyötä tulee tehostaa. Kun suunnitelmissa havaitaan puute, työnjohtajan tulisi saada suunnittelija mahdollisimman nopeasti kiinni, ja tähän esimerkiksi Assi-hankkeella on käytössä Miro Online Whiteboard -ohjelmisto, joka mahdollistaa tiedon oikea-aikaisen jakamisen kaikille osapuolille. Whiteboardin käyttöaste jää toistaiseksi melko matalaksi työnjohdossa, mutta sitä tehostamalla saataisiin tilanne paranemaan. Sähköpostiviesteissä ja muissa vastaavissa viesteissä ongelmana on, että tieto usein jää vain viestiketjussa olevien henkilöiden väliseksi.

Ensimmäisillä työmaan tahtialueilla eteen tullut haaste, etteivät olosuhteet ole kunnossa työn aloitukseen, on huono aloitus toimivalle tahdille. Tahtituotannon yhteydessä puhutaan logistiikan omasta tahdistä, joka suunnitellaan rakennustuotannon tahdin perusteella. Samankaltainen oma tahti tulisi suunnitella myös työmaan olosuhteista vastaavalle urakoitsijalle. Tahti menisi hieman rakennustuotannon tahtia edellä. Oikeiden olosuhteiden järjestäminen tulee pystyä ennakoimaan ja suunnittelemaan, ettei ajauduttaisi tilanteeseen, että sähkökeskus toimitetaan vasta pyydettyäessä tahtialueelle ja työt seisovat sen aikaa.

Lean-ajattelu opettaa, että turhat siirrot, kuljetukset ja työn korjaaminen ovat hukkaa, josta asiakas ei ole valmis maksamaan, ja kaksi ensimmäistä kohtaa linkittyy suoraan toimivaan logistiikkaan. Välivarastoinnissa ja turhissa siirroissa kuluu aikaa, rakennusmateriaaleja hajoaa ja siirtojen aikana riskinä on valmiiden pintojen ja rakenteiden hajoaminen, mikä aiheuttaa korjaamista. Materiaalitoimitukset ovat sujuneet hankkeella toistaiseksi, eikä tahti-aikataulusta ole jääty puuttuvien rakennusmateriaalien takia. Pääurakoitsijan ja logistiikkaurakoitsijan yhteistyötä tulisi vielä tehostaa. Toimivan jätehuollon merkitystä tulisi korostaa ja saada se toimimaan tahdin edellyttävällä tavalla. Käyttöön voisi ottaa viikoittaiset, tiiviit palaverit logistiikkaurakoitsijan ja pääurakoitsijan kesken. Palaverissa käytäisiin läpi haasteita ja ongelmia, jotka estävät logistiikan toimivuuden. Näihin pureuduttaisiin yhdessä sekä pääurakoitsija selventäisi, mitä odottaa logistiikkaurakoitsijan työltä. On hyvä muistaa myös, että jokaisen aliorakoitsijan sopimuksessa on kohta päivittäisestä siivoamisesta sekä jätteiden lajittelusta. Tämän sopimuskohdan rikkomuksista urakoitsijaa voidaan saakottaa, kuten missä tahansa sopimusrikkomuksessa.

Hankkeella on jo käytössä 30 minuutin pikapalaverit tuotannon aikatauluinsinöörin ja työnjohtajan kesken, mikä parantaa tiedonkulkua, ennakointia ja suunnittelua. Palavereja voisi vielä tehostaa ja vähentää ”turhien” asioiden läpikäymistä, joita käydään esimerkiksi jo muiden palaverien yhteydessä viikon aikana. Pikapalaverikäytäntöä voisi parantaa suunnittelemalla palaverille selkeät kysymykset ja raamit, miten palaveri etenee. Näin saataisiin tehostettua ajankäyttöä ja hyötyä, joka palaverista saadaan. Teoriaosuudessa numero viisi toistuu lean-menetelmissä 5S- ja 5 Miksi -työkaluissa. Viiden asiakohdan menetelmää voisi hyödyntää myös tässä palaverissa.

Palaverissa kysyttäisiin joka kerta viisi kysymystä:

7. Missä: Missä työnjohtajan vastuualueella tahti on käynnissä tällä viikolla ja missä tahtialueella työ käynnistyy seuraavalla viikolla?
8. Mitä: Mitä työvaiheita äsken mainituilla tahtialueilla on käynnissä tällä viikolla ja mitä seuraavalla viikolla?
9. Kuka: Kuka tai ketkä aliurakoitsijat ovat tällä hetkellä ja ensi viikolla työnjohtajan vastuulla olevilla tahtialueilla töissä?
10. Miten: Eteenkö työ suunnitellusti? Onko eteen tullut ongelmia tai onko havaittavissa tulevia ongelmia?
11. Miksi: Jos työ on sujunut hyvin, miksi? Jos työ on sujunut huonosti tai eteen on tullut ongelmia, mistä se johtuu?

Näiden kysymysten pohjalta päästään nopeasti selville, eteneekö työ suunnitellusti ja tahti-aikataulun mukaisesti. Tieto menee suoraan tuotannon aikatauluinsinöörille, joka tarvittaessa voi viedä tiedon eteenpäin esimerkiksi aikataulupäällikölle, joka pystyy tekemään muutoksia aikatauluun. Palaverissa nousevat esiin ongelmat, jotka ovat toteutuneet, tai ongelmat, jotka työnjohtaja näkee pahimmassa tapauksessa toteutuvana. Tällöin vielä ongelman syntyyn pystytään vielä puuttumaan ja yhteistyönä estämään se. Pelkkien ongelmien etsimisen lisäksi tärkeää on keskittyä myös siihen, miksi työ sujuu hyvin. Jaetulla tiedolla voidaan auttaa seuraavia työnjohtajia, joiden vastuualueille kyseisen työvaiheen urakoitsija siirtyy seuraavaksi. Palaverissa on hyvä myös hyödyntää visuaalisia työkaluja eli esimerkiksi rakennuksen pohjakuvia, joihin voi tehdä merkintöjä työvaiheen etenemisestä tai käyttää kuvaa muuten havainnollistavana apuna.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoite oli selvittää, kuinka kattavan koulutuksen ja mitä muuta tukea työnjohtaja saa tahtituotantoon sen alkaessa rakennushankkeella. Kerätyn tiedon pohjalta tutkimuksen tavoitteena oli kehittää yrityksen toimintaa ja lisätä työnjohdon tukea tahtituotantoon siirryttäessä. Tutkimusaihe käsitti myös tahtituotannon haasteita, joita työnjohtaja kohtaa tahtituotannon ohjaamisessa ja valvonnassa.

Opinnäytetyön tekijän mielestä tutkimusprosessi onnistui suunnitellusti. Tutkimustulokset vastaavat alussa määriteltyihin tutkimuskysymyksiin, ja tutkimustuloksista tutkimuksen tekijä löysi isoimmat kehityskohteet ja esitti näihin kehitysehdotukset. Tutkimuksessa haastavaa oli pitäytyä rajatuissa tutkimuskysymyksissä, ja erityisesti haastattelujen jälkeen tutkimuksen tekijä kiinnostui muistakin tutkittavista aiheista liittyen tahtituotantoon. Kuitenkin tutkimuksen lopputulos vastaa kuitenkin hyvin asetettuihin tutkimuskysymyksiin ja tulokset pysyivät asetettujen tutkimuskysymysten raameissa.

Teoriaosuudessa pureuduttiin syvemmälle kuin pelkkä tahtituotanto. Osuudessa käsiteltiin lean-toimintatapaa, -menetelmiä ja siihen liittyvää filosofiaa, josta tahtituotantokin juontaa juurensa. Tahtituotantoa ja sen toimintatapoja pystyi ymmärtämään paremmin, kun tiesi, mihin toimintatavat perustuvat. Tutkimuksen teoriaosio on myös vahvasti hyödynnettävissä työnjohtajan näkökulmasta, jos hän haluaa syventää osaamistaan tahtituotannon ohjaamisessa ja valvonnassa.

Aineistonkeruumenetelmissä olisi voinut hyödyntää laajemmin tiedonkeruumenetelmiä. Ryhmähaastattelun järjestäminen useammalle henkilölle sopivaan aikaan oli haastavaa henkilöiden jo valmiiksi täysien kalentereiden takia. Siitä seurasi vähäinen osallistuminen ryhmähaastatteluun, ja ryhmähaastatteluja saatiin järjestettyä vain yksi. Ryhmähaastatteluun osallistui kuitenkin neljä henkilöä, joilla kaikilla oli tietoa tai kokemusta tutkittavana olevasta ilmiöstä eli tahtituotantoon siirtymisestä ja sen haasteista, joten laadukasta tietoa saatiin kerättyä haastattelun aikana. Teemahaastattelun vapaamuotoisuus ja tutkimuksen tekijän kysymykset ovat saattaneet johdatella haastateltavia, mikä vaikuttaa tutkimustulosten luotettavuuteen. Henkilöhaastattelu, joka toteutettiin sähköpostihaastatteluna, antoi erittäin kattavasti tietoa tutkittavasta aiheesta, mikä luultavimmin johtui siitä, että

sähköpostihaastattelussa tiedonantaja pystyi paneutumaan kysymyksiin ja vastaamaan ajan kanssa. Henkilökohtaisia haastatteluja olisi voinut hyödyntää enemmän tiedonkeruussa. Tutkimuksessa olisi voinut myös hyödyntää jo olemassa olevaa tietoa tutkimusaiheesta toisilta yrityksen rakennushankkeilta, mutta tässä tutkimuksessa hyödynnettiin vain hankkeen sisällä olevaa tietoa.

Tutkimuksen tulosta ja kehitysehdotuksia on mahdollista hyödyntää yrityksen seuraavilla rakennushankkeilla, joilla on käytössä tahtituotanto. Tutkimustuloksissa ilmeni parannettavaa tahtituotannon koulutuksessa. Koulutuksen lisääminen ja syventäminen niin työnjohdolle kuin aliurakoitsijoille on toteutettavissa. Pikapalaverikäytäntö pystytään ottamaan jo käytäntöön hankkeella, jossa tutkimus on toteutettu, sekä seuraavilla yrityksen rakennushankkeilla, jos palaveri koetaan hyödylliseksi. Se auttaa työn ennakoimisessa ja ongelmien havaitsemisessa ennen kuin ne toteutuvat. Lyhyt, tiivis palaveri on helppo järjestää kiireiselläkin työviikolla.

Tutkimuksen lopputulosta voidaan pitää ammatillisesti merkityksellisenä. Tahtituotanto on edelleenkin monelle rakennusalalla työskentelevälle henkilölle täysin vieras toimintatapa, eikä aihetta ole tutkittu riittävästi Suomen rakennustyömailla. Tässä tutkimuksessa tutkittiin yrityksen tarjoamaa koulutusta tahtituotannon haasteiden, hyötyjen ja toimintatapojen lisäksi. Jo tutkimuksen tekovaiheessa aihe herätteli työmaaorganisaatiota miettimään, onko työnjohdolle annettu kaikki tuki ja koulutus tahtituotannosta, mitä pystytään tarjoamaan. Tutkimuksen tekijälle tämä oli erittäin opettavainen prosessi sekä vahvisti tekijän ammatillisuutta.

Suomalaiset ovat monessa asiassa edelläkävijöitä, kuten paikka-aikakaavion kehittämisessä ja lean-periaatteiden tuonnissa rakennusalalle, joten tahtituotannollakin on vahvat näkymät Suomen rakennusalalla. Tällä hetkellä toimiva tahtituotanto on sen osaavalle rakennusyritykselle valttikortti kilpailijakentällä. Tahtituotanto tulee todennäköisesti seuraavien vuosien aikana vakiintumaan yleiseksi tuotannonohjaustavaksi rakennustyömailla. Ei välttämättä siinä muodossa, mitä se juuri nyt on, vaan menetelmät kehittyvät ja tahtituotannossakin toimintatapana on jatkuvan parantamisen mahdollisuudet.

Jatkotutkimuskohteet. Kuten aiemmin on todettu, laadullisen tutkimuksen aikana löytyy usein muitakin kiinnostavia aiheita, jotka eivät kaikki mahdu yhteen rajalliseen tutkimukseen. Tämä tutkimuksen aikana tutkija löysi seuraavia mielenkiintoisia aiheita, jotka antavat aihetta jatkotutkimuksille.

Ensimmäisenä jatkotutkimuskohteena olisi tahtituotannon soveltuvuus urakatöiden toteutukseen. Estääkö tahtituotanto rakennustyömaalla urakatöitä suorittavaa urakoitsijaa tekemään sen verran töitä, mitä urakoitsija haluaisi ja ehtisi? Tarkasti määritellyt tahtialueet ja tahtiaika saattavat tämän estää, mikä vaikuttaa suoraan urakoitsijan ansaintamalliin. Miten tahtituotantomalli ja urakkatyöt saataisiin toimimaan yhdessä?

Toiseksi jatkotutkimuskohteeksi löytyivät digitaaliset työkalut sujuvassa tahtituotannon ohjauksessa ja valvonnassa sekä yhteistyön tehostamisessa ja tiedonkulun parantamisessa. Niillä pystyisi esimerkiksi parantamaan suunnittelijoiden ja rakennustuotannon välistä tiedonkulkua. Tämän tutkimuksen aikana tahtituotannon suunnitteluun, ohjaukseen ja valvontaan liittyvinä digitaalisina työkaluina haastatteluissa mainittiin mm. Sitedrive, Congrid, Trimble Connect, Monday ja Miro Online Whiteboard. Ohjelmistoissa ja niiden käytössä olisi tutkittavaa. Käytetäänkö ohjelmistoja parhaalla mahdollisella tavalla, ja mitä kehitettävää itse ohjelmistoissa olisi tai niiden käyttötavoissa olisi?

Kolmas jatkotutkimuskohde olisi tahtituotannon ja talotekniikka-asennuksien yhteensovitus. Rakennustuotannon määrittelemät tahtialueet eivät palvele talotekniikka-asennuksia. Talotekniikka, esimerkiksi ilmastointikanavat ja johtovedot, harvoin päättyvät tahtialueen rajalle, vaan kerralla pitäisi saada asennettua koko linja. Miten talotekniikka-asennukset saadaan toteutettua tahdin mukana ja mitä haasteita tulee eteen? Talotekniikka-asennukset ovat myös usein urakkapohjaisia, mikä tuo omat haasteensa urakoitsijalle, kun työ tulisi toteuttaa tahtiajan mukaisesti eli asennus päättyy tahtialueen rajalle, vaikka urakoitsijalla olisi intoa jatkaa seuraavalle mestalle.

LÄHTEET

- Ahveniston sairaala. (i.a.). *Rakennamme maailman inhimillisintä sairaalaa*. <https://ahvenistonsairaala.fi/>
- Airila, M. (i.a.). Mitä on Lean? Leanisti kohti yhä sujuvampaa työtä. *Talentree*. <https://talentree.fi/konsultointi/mita-on-lean/>
- Art of Lean. (i.a.). *Toyota production system basic handbook*. http://artoflean.com/wp-content/uploads/2019/01/Basic_TPS_Handbook.pdf
- Dahlberg, T. Ø., & Drevland, F. (2021). *Preventing the parade of delays in takt production*. International Group for Lean Construction IGLC. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-522b1688-4ab2-4644-865b-8887e340c417.pdf>
- Fransson, A., Berghede, K., & Tommelein, I. D. (2013). *Takt time planning for construction of exterior cladding*. International Group for Lean Construction IGLC. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-3465d25c-5283-47dd-9d3b-106ed6416d70.pdf>
- Fransson, A., Berghede, K., & Tommelein, I. D. (2014). *Takt-time planning and the Last Planner*. International Group for Lean Construction IGLC. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-ca8299d4-9d13-47ba-9e60-b59c247d37e6.pdf>
- Fransson, A., Seppänen, O., & Tommelein, I. D. (2015). *Comparison between location based management and takt time planning*. International Group for Lean Construction IGLC. https://www.researchgate.net/profile/Olli-Seppaenen/publication/305868804_COMPARISON_BETWEEN_LOCATION_BASED_MANAGEMENT_AND_TAKT_TIME_PLANNING/links/57a431ec08aefe6167ab8a04/COMPARISON-BETWEEN-LOCATION-BASED-MANAGEMENT-AND-TAKT-TIME-PLANNING.pdf
- Hakulinen, T. (30.5.2022). *Tahtituotanto pähkinänkuoressa*. Sitedrive. <https://sitedrive.com/fi/blog/6-tapaa-onnistua-tahtituotannolla/>
- Heikkilä, T. (2014). Kvantitatiivinen tutkimus. Edita. <http://www.tilastollinentutkimus.fi/1.TUTKIMUSTUKI/KvantitatiivinenTutkimus.pdf>
- Heinonen, A., Lehtovaara, J., & Seppänen, O. (i.a.). *Building 2030 – Tahti suunnittelussa ja tuotannossa loppuraportti*. Aalto-yliopisto. https://www.aalto.fi/sites/g/files/flghsv161/files/2019-02/building_2030_tahiti_suunnittelussa_ja_tuotannossa_loppuraportti_22.1.201.pdf

- Koskela, L., & Koskenvesa, A. (2003). *Last Planner -tuotannonohjaus rakennustyömaalla*. VTT Technical Research Centre of Finland. <https://publications.vtt.fi/pdf/tiedotteet/2003/T2197.pdf>
- Koskenvesa, A., & Sahlstedt, S. (2017). *Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus*. (3., tarkistettu painos). Rakennustieto.
- Ristimäki, M. (4.3.2021). Assi nousee Ahvenistolle. *Rakennustaito*. <https://rakennustaito.fi/assi-nousee-ahvenistolle/>
- Salminen, J. (2021a). *Lean rakentamisessa: Arvoa luovan rakentamisen periaatteet, menetelmät ja työkalut*. RIL.
- Salminen, J. (18.2.2021b). Asiantuntijalta: Mitä uutta tahtituotanto tuo rakentamisen tuotannonohjaukseen? *Rakennuslehti*. <https://www.rakennuslehti.fi/2021/02/mita-uutta-tahtituotanto-tuo-rakentamisen-tuotannonohjaukseen/>
- Sitedrive. (i.a.). *Tahdilla: Opas tahtituotantoon*. <https://sitedrive.com/fi/tahtituotanto/opas/>
- Skanska. (i.a.-a). *Ahveniston sairaala*. <https://www.skanska.fi/palvelut/referenssiprojektimme/228596/Ahveniston-sairaala>
- Skanska. (i.a.-b). *Tahtituotanto opas aliurakoitsijalle*. <https://www.skanska.fi/492d5e/si-teassets/tietoa-skanskasta/yhteistyokumppaneille/sopimusasiakirjat-ja-ohjeistukset/tahtituotanto-opas-aliurakoitsijoille.pdf>
- Skanska. (11.2.2019). *Skanska lyhyesti*. <https://www.skanska.fi/tietoa-skanskasta/skanska-suomessa/skanska-lyhyesti/>
- Skhmot, N. (5.8.2017). *What is Lean? The Lean Way*. <https://theleanway.net/what-is-lean>
- Tahcon. (i.a.). *Tahtituotanto*. <https://www.tahcon.fi/palvelut/tahtituotanto>
- Transval. (28.10.2022). *Tehokas logistiikka laittaa tahtituotannon toimimaan*. <https://www.transval.fi/ajankohtaista/2022/10/28/tehokas-logistiikka-laittaa-tahtituotannon-toimimaan>
- Tuomi, J., & Sarajärvi, A. (2018). *Laadullinen tutkimus ja sisällön analyysi*. (Uudistettu laitos.). Tammi.
- Vaheri, M. (2022). *Tahtituotannon valvonta ja ohjaus*. [Diplomityö, Tampereen yliopisto]. Trepo. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202206225789>

Virtanen, V.-M. (29.1.2021). Assi-sairaala on Skanskan kaikkien aikojen suurin hanke Suomessa – yhtiö kertoi arvion työntekijöiden määrästä. *Hämeen Sanomat*.
<https://www.hameensanomat.fi/paikalliset/5301344>

Vuori, J. (2021). *Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja*. Yhteiskuntatieteellinen tietokanto. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/>