

Anssi Pellikka

## **UUDEN KONEMALLIN TUOMINEN KOKOONPANOLINJALLE**

# **UUDEN KONEMALLIN TUOMINEN KOKOONPANOLINJALLE**

Anssi Pellikka  
Opinnäytetyö  
Syksy 2017  
Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, koneautomaatio

---

Tekijä: Anssi Pellikka  
Opinnäytetyön nimi: Uuden konemallin tuominen kokoonpanolinjalle  
Työn ohjaaja: Tauno Jokinen  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2017  
Sivumäärä: 43 + 0 liitettä

---

Opinnäytetyön tilaajana on lisämessä kaivos- ja tunnelirakentamisen koneita valmistava Normet Oy. Normetilla tullaan siirtämään konemalleja linjakokoonpanoon ja prosessin läpiviemiseksi tarvitaan selkeä toimintamalli. Työssä luotiin toimintamalli uusien konemallien sovittamiseksi linjakokoonpanoon. Työssä selvitettiin, mitä eri vaiheita paikkakokoonpanosta linjakokoonpanoon siirtyminen vaatii. Tavoitteena oli selvittää ehtoja, joiden tulee täytyä ennen uuden konemallin linjakokoonpanon aloittamista.

Linjakokoonpanoprojekti aloitettiin keväällä 2016 linjakokoonpanoon siirtymisen mahdollisuuksia selvittävän havainnointitutkimuksen teolla. Paikkakokoonpanoa seurattiin ja havainnoitiin linjakokoonpanon mahdollisuuksien kannalta. Tämän opinnäytetyön tekeminen aloitettiin Normetilla toukokuussa 2017 ensimmäisen linjakokoonpanoon siirrettävän koneen parissa.

Ensimmäisen testikoneen kokoonpanon aikana tehtiin havainnot ja järjestelmällistä tiedonkeruuta työjärjestyksestä, vaiheistuksen toimivuudesta ja kokoonpanotavuudesta. Kerätyn tiedon pohjalta alettiin kehittää toimintamallia tulevaisuutta varten. Tämän työn aikana yrityksessä toteutettiin uuden konemallin linjakokoonpanoon siirtämisen prosessia aiempiin havaintoihin pohjautuen.

Työn tuloksena saatiin yrityksen käytettäväksi tavoitteena ollut toimintamalli uusien konemallien tuomiseksi linjalle. Työssä selvitettiin ehdot, joiden on täyttyvä ennen linjatuotannon aloittamista. Ehtoja olivat kunnossa oleva koneen tuoterakenne kokoonpanokuvineen, osien sopivuus ja linjan tahtiin sovitettavissa oleva kokoonpanon työmäärä. Yrityksen seuraavissa projekteissa voidaan hyödyntää tähän työhön kerättyä tietoa.

---

Asiasanat: kokoonpano, linjatuotanto, tuotantojärjestelmät, toimintamalli, lean-ajattelu

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering, Machine Automation

---

Author: Anssi Pellikka

Title of thesis: Introduction of New Machine Model into Assembly Line

Supervisor: Tauno Jokinen

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2017

Pages: 43 + 0 appendices

---

The assigner of this thesis is Normet Oy. Normet is a company that provides solutions in underground mining and tunneling. The production is moved partially to line production in the future.

The aim of this thesis was to design an operations model for introducing a new machine model into assembly line from positional assembly production. The purpose was to find out the main phases the moving process requires. The purpose was also to clarify the preconditions that must be fulfilled before starting the line production.

The line production project started in spring 2016 with an observational study. The aim of the observational study was to find out the possibilities for line production. This thesis was started in May 2017 with the first pilot machine in line production.

The first machine in line production was being observed. The focus of the observation was on the assembly order, the production phasing and the ease of assembly. The results of the observation were used to design the operations model.

The operations model for introducing a new machine model into assembly line was conducted as a result of this thesis. The preconditions for starting line production were the flawless bill of materials with the instructions for assembly, the compatibility of parts and a workload that fits the takt time. The results of this thesis can be used in the following similar projects in Normet Oy.

---

Keywords: line production, assembly, production systems, operations model, lean production

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 NORMET OY	10
2.1 Yritys	10
2.2 Tuotteet	11
3 TUOTANTO	15
3.1 Kokoonpano	16
3.1.1 Läpimenoaika	17
3.1.2 Paikkakokoonpano	17
3.1.3 Linjakokoonpano	18
3.1.4 Esikokoonpano	18
3.2 Valmistettavuus ja kokoonpantavuus	18
3.3 Tuotannonohjaus ja logistiikka	19
3.4 Tuotannon tasapainotus	21
4 LAATU	23
4.1 Just-In-Time	23
4.2 Lean	24
4.3 Jidoka	26
4.4 Standardoitu työ	27
4.5 Huomioita linjakokoonpanoon siirtymisestä	27
5 LINJAKOKOONPANOON SIIRTYMINEN	29
5.1 Projektin toteutus	29
5.2 Normet kokoonpanolinja	29
5.3 Toimintamallin vaiheet	30
5.3.1 Normet Andon -prosessi	30
5.3.2 Nykytilan selvitys	31
5.3.3 Uusi vaiheistus	32

5.3.4 Esikokoonpanojen suunnittelu	33
5.3.5 Suunnittelumuutokset kokoonpanon helpottamiseksi	33
5.3.6 Työkalut ja apuvälineet	34
5.3.7 Ohjeiden teko ja koulutus	34
5.3.8 Testikoneen kokoonpano ja muutokset	34
5.3.9 Tasapainotus	35
5.3.10 Tuotannonohjaus ja logistiikka	36
5.3.11 Aika ja resurssit	37
6 YHTEENVETO	38
6.1 Toimintamalli linjakokoonpanoon siirtymiseksi	38
6.2 Toimintamallin arviointi	41
LÄHTEET	42

## SANASTO

arvon tuottaminen	tuotteen tai palvelun arvoa lisäävät toiminnot, joista asiakas on valmis maksamaan
moduuli	osa, josta voidaan koota useista moduuleista koostuvia modulaarisia kokonaisuuksia
optio	vaihtoehtoinen rakenne tuotteessa tai lisävaruste
reititys	tuotteen tuotantoprosessin suunnittelu tuotannonohjausjärjestelmässä, ohjaa tuotantotilauksen prosessien aikatauluja
resurssitehokkuus	tuotannossa keskitytään resurssien käytön maksimointiin läpimenoajan kustannuksella
rusnaus	irtonaisten kivien mekaaninen irrotus tunnelin seinämiltä
Sovelia	PDM eli tuotetiedonhallintaohjelmisto, jolla hallitaan yrityksen tuotteisiin liittyviä tietoja ja tiedostoja
vaiheistus	kokoonpanoon tarvittavien materiaalien ohjaus työvaiheille
virtaus	tuotannossa tuotteen arvo lisääntyy koko ajan ilman välivarastointia
virtaustehokkuus	tuotannossa keskitytään läpimenoajan pienentämiseen ja tuotteen mahdollisimman nopeaan valmistumiseen tilauksesta valmiiksi

# 1 JOHDANTO

## **Työn tausta**

Opinnäytetyön tilaajana on lisäalassa kaivos- ja tunnelirakentamisen koneita valmistava Normet Oy (myöhemmin Normet). Työssä luodaan toimintamalli uusien konemallien sovittamiseksi linjakokoonpanoon. Tällä hetkellä yrityksessä on ylösajovaiheessa uusi kokoonpanolinja toistaiseksi yhden konemallin kokoonpanoon. Aihe on valittu ajankohtaisuuden vuoksi yhdessä Normetin tuotantopäällikön kanssa.

Työ alkoi jo vuoden 2016 keväällä linjakokoonpanoon siirtymisen mahdollisuuksia selvittävällä havainnointitutkimuksella. Kesän aikana paikkakokoonpanoa seurattiin ja havainnoitiin linjakokoonpanon mahdollisuuksien kannalta.

Aiemmin koneita on koottu pelkästään paikkakokoonpanona. Linjakokoonpanoon siirtymisen tavoitteena on laadun parantaminen ja kustannustehokkuuden lisääminen. Linjakokoonpano vaatii aiempaa tarkemmin pilkotun kokoonpanon vaiheistuksen, työvuorojen sisällön tarkan suunnittelun ja laitteiden tuotesuunnittelun hienosäätöä kokoonpantavuuden kehittämiseksi.

## **Tutkimusongelmat**

Tulevaisuudessa Normetilla tullaan siirtämään linjakokoonpanoon muitakin konemalleja ja prosessin läpiviemiseksi tarvitaan selkeää toimintamallia. Tässä työssä selvitetään, mitä konemallin siirtäminen paikkakokoonpanosta linjakokoonpanoon vaatii ennen tuotannon aloittamista. Työssä keskitytään niihin siirtymisprosessin vaiheisiin, jotka toteutetaan sen jälkeen, kun päätös tietyn konemallin siirtämisestä linjakokoonpanoon on tehty.

Työssä selvitetään, mitä eri vaiheita siirtymisprosessin läpivienti vaatii. Tavoitteena on luoda toimintamalli prosessin selkeyttämiseksi. Toimintamallia tullaan käyttämään myös uusien laitetyyppien linjatuohtantoon siirtämisen mahdollisuuksien ja prosessiin tarvittavan työmäärän arviointiin.

Tavoitteena on selvittää ehdot, joiden pitää täytyä ennen uuden konemallin linjakokoonpanon aloittamista. Linjakokoonpanossa häiriöt pysäyttävät koko tuotantolinjan ja häiriöiden vähentämiseen pyritään huolellisella ennakkosuunnittelulla. Toimivalla kokoonpanolinjalla voidaan saavuttaa tavoiteltu laadun parantaminen ja kustannustehokkuus vain linjan toimiessa suunnitellusti. Tutkimuskysymyksiä ovat seuraavat:

1. Mitkä ovat keskeisimmät vaiheet uuden tuotteen siirtämiseksi linjakokoonpanoon?
2. Mitä ehtoja tulee täytyä ennen linjatuoannon aloittamista?
3. Millaisia onnistumisia ja ongelmia uuden konemallin tuominen linjakokoonpanoon aiheuttaa?

### **Työn toteuttaminen**

Päätös osittaisesta linjakokoonpanoon siirtymisestä tehtiin aiemman havainnointitutkimuksen pohjalta. Toukokuussa 2017 aloitin tämän opinnäytetyön varsinaisen tekemisen Normetilla projekti-insinöörinä ensimmäisen linjakokoonpanoon siirrettävän koneen parissa.

Ensimmäisen pilottikoneen aikana tehtyjen havaintojen ja järjestelmällisen tiedonkeruun pohjalta alettiin kehittää toimintamallia. Tämän työn aikana yrityksessä toteutetaan parhaillaan seuraavan konemallin linjakokoonpanoon siirtämisen prosessia aiempiin havaintoihin pohjautuen. Yrityksen seuraavissa projekteissa on tarkoituksena hyödyntää ensimmäisten linjakokoonpanona tehtyjen koneiden koonnasta saatua tietoa, joka tähän työhön on kerätty.

## 2 NORMET OY

### 2.1 Yritys

Normetin tarina alkoi Iisalmessa 1962 Peltosalmen Konepaja Oy -nimisenä, kun Jussi ja Jaakko Sarvela perustivat yrityksen kotitilansa navettaan. Alkuaikoina navetassa valmistettiin metsä- ja maatalouskoneita ja -laitteita. Historiasta metsätraktorien valmistajana muistuttaa edelleen tytäryhtiö Farmi Forest Oy, joka toimii samoissa tiloissa Normetin kanssa. (Kärkkäinen 2017, 25.)

Myöhemmin 1960-luvulla yritys valmisti ensimmäisen suomalaisen kolmiakselisen metsätraktorin, joka johti myöhemmin raskaiden kaivoskoneiden valmistukseen. Yritys myös siirtyi vanhasta navetasta uuteen tehtaaseen (kuva 1). (Sarvela 2008.)



*KUVA 1. Normet Iisalmen tehdasalue (Tikka)*

Vuonna 1972 Orion-yhtymä osti yrityksen ja nimeksi tuli Orion-yhtymä Oy Normet. Myyntihetkellä yhtiössä työskenteli noin 200 henkeä. (Sarvela 2008.) Orion-yhtymän omistuksen aikaan yhtiö valmisti kaivosteollisuudessa, kalliorakentamisessa, materiaalinkäsittelyssä sekä puunkorjuussa käytettäviä ajoneuvoja ja laitteita. Vuonna 1999 Orion-yhtymä myi Normet-yksikkönsä Sitra

Fenno Managementin hallinnoimalle Fenno Program pääomarahaston perustamalle osakeyhtiölle. (Orion myy Normet-yksikkönsä 1999.)

Vuonna 2005 osakekanta myytiin uudelle Normet Group Oy:lle, jonka omistuksessa yhtiö on edelleen (Normetin omistus pohja vaihtuu 2005). Yhtiö valmisti vuoteen 2006 saakka pora-alustoja Sandvikille. Yhtiö on kasvanut huomattavasti, ja nykyään Normet-tuotteet tunnetaan maailmalla kaivos- ja tunnelityömailla. (Kärkkäinen 2017, 25.)

Normet on toimittanut yli 11 000 laitetta, joihin yhtiö tarjoaa myös huolto- ja varaosapalveluja. Tällä hetkellä yhtiö toimii maailmanlaajuisesti ja toimipisteitä on 28:ssa maassa yhteensä 43. (Normet for Tough Jobs. 2016.) Liikevaihto 2016 oli 205,6 miljoonaa euroa. Normet työllistää yli 1 000 henkeä, joista lisäalassa työskentelee noin 400. (Normet Company Presentation.)

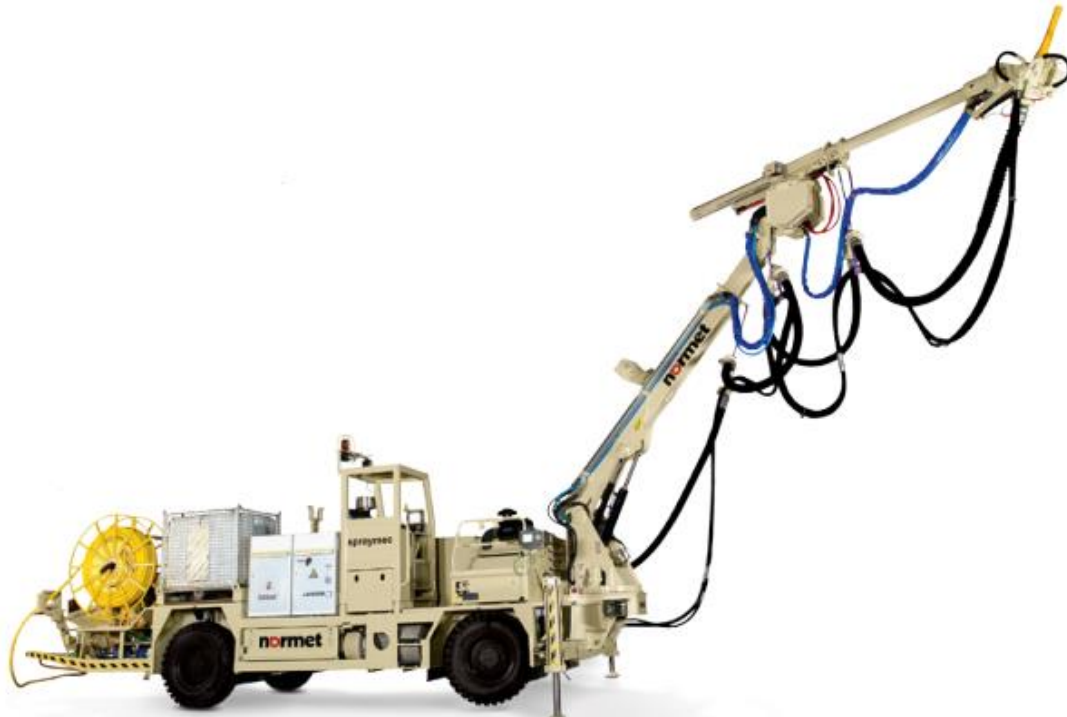
## **2.2 Tuotteet**

Tuotevalikoimaan kuuluvat kaivos- ja tunnelirakentamisen koneiden lisäksi töissä tarvittavat kemikaalit ja kallion lujitustarvikkeet. Lisälmen tehtaalla tehdään osavalmistusta ja koneiden kokoonpanoa sekä palvelutoimintoja. Konemalleja on kymmeniä erilaisia betonin ruiskutukseen ja kuljetukseen, räjähteiden panostukseen, rusnaukseen, nostoihin, asennustöihin ja kuljetuksiin. (Normet for Tough Jobs. 2016.)

Koneet räätälöidään usein asiakaslähtöisesti ja erilaisia lisävarusteita on saatavilla lukuisia jokaiseen konemalliin (Normet for Tough Jobs. 2016). Tässä luvussa esitellään ne konemallit, joiden kokoonpanoa ollaan tällä hetkellä siirtämässä paikkakokoonpanosta linjakokoonpanoon.

## Spraymec

Spraymec-tuoteperheeseen kuuluu useita erilaisia koneita. Ensimmäisenä linjakokoonpanoon siirretty kone on betonin ruiskutukseen suunniteltu Spraymec, josta on kaksi varusteiden osalta erilaista saman perusrakenteen omaavaa mallia, Spraymec 5100 ja Spraymec 8100 (kuva 2).



*KUVA 2. Spraymec 8100 (Normet for Tough Jobs. 2016)*

Koneella ruiskutetaan betonia lujittamaan kallion pintaa turvallisuuden vuoksi (kuva 3). Spraymecilla voidaan ruiskuttaa läpileikkaukseltaan 15–140 m<sup>2</sup> tunnelleita kompaktin rakenteen ansiosta. (Normet Spraymec 8100 VC. 2016.)



*KUVA 3. Betonin ruiskutusta tunnelissa (Normet for Tough Jobs. 2016)*

Koneen suurin vertikaalinen ruiskutusetäisyys on 14 m ja teoreettinen pumppauskapasiteetti 40 m<sup>3</sup>/h. Koneen pituus on 8,8 m ja leveys 2,5 m puomin ollessa kuljetusasennossa sekä paino käyttökunnossa 14 500 kg. (Normet Spraymec 8100 VC. 2016.)

Spraymec on sähkö-hydraulisesti toimiva laite, jossa on myös dieselkäyttöinen moottori siirtymistä varten. Koneeseen on saatavilla lukuisia erilaisia lisävarusteita. Spraymec voidaan varustaa myös erilaisilla moottorivaihtoehdoilla sekä eri jännitteille sopivilla sähkölaitteilla tilaajan tarpeiden mukaan. (Normet Spraymec 8100 VC. 2016.)

### **Utimec**

Tämän työn aikana linjakokoonpanoon ollaan siirtämässä LF600- ja LF700 Agitator -konemalleja Utimec-tuoteperheestä, johon kuuluu useita erilaisia konemalleja. Utimec Agitator on suunniteltu betonin kuljetukseen kaivoksissa ja tunne-

leissa. Koneet ovat runko-ohjattavia ja dieselkäyttöisellä moottorilla nelivedon turvin liikkuvia. LF600 on pienempi ja rakenteeltaan yksinkertaisempi kuin LF700. Molempiin koneisiin on saatavilla lukuisia lisävarusteita ja lisäksi saatavilla on erilaisia moottori- ja ohjaamovaihtoehtoja. (Normet for Tough Jobs. 2016.)

LF700 Agitatorin kuljetuskapasiteetti on 7 m<sup>3</sup> betonia. Koneen pituus on 10 m, leveys 2,5 m ja korkeus 3,5 m. Koneen paino tyhjänä on 17 000 kg ja täydellä kuormalla 35 000 kg. (Normet LF700 Agitator. 2017.)

LF600 Agitatorin (kuva 4) kuljetuskapasiteetti on 6 m<sup>3</sup> betonia. Koneen pituus on 9,7 m, leveys 2,5 m ja korkeus 3,3 m. Tyhjänä kone painaa 14 500 kg ja täydellä kuormalla 28 200 kg. (Normet LF600 Agitator. 2014.)

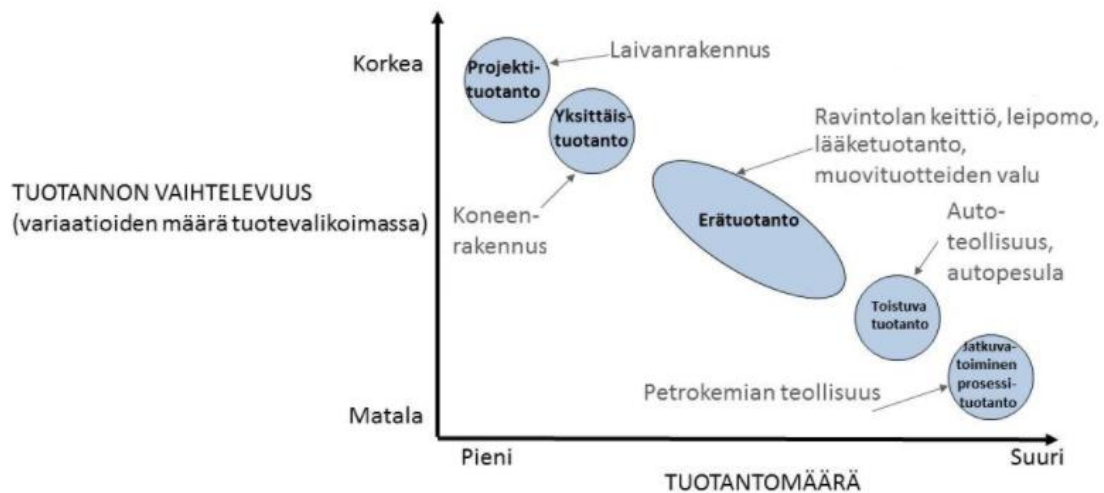


*KUVA 4. Utimec LF600 Agitator (Utimec LF600 Agitator. 2015)*

### 3 TUOTANTO

Tuotannon tehtävänä on yrityksen myymien tuotteiden valmistus. Tuotannon tavoitteina on valmistaa tuotteet suunnittelun mukaisesti laadukkaiksi ja virheettömiksi. Tuotteet tulee valmistaa ja toimittaa sovittujen toimitusaikojen puitteissa. Kysynnän vaihteluihin tulee pystyä vastaamaan joustavasti. Tavoitteena on valmistaa tuotteet alhaisilla kustannuksilla yrityksen kannattavuuden varmistamiseksi. (Lehtonen 2004, 61.)

Tuotteen jalostus tapahtuu valmistuksessa ja edellytykset valmistukselle luodaan suunnittelulla. Tuotannon ohjaus ajoittaa tuotannon ja materiaalien hankinnat. (Lapinleimu – Kauppinen – Torvinen 1997, 16, 19.) Tavoitteiden saavuttamiseksi voidaan käyttää tuotteen ja valmistusmäärien mukaan valittuja erilaisia tuotantoprosesseja (kuva 5). (Lehtonen 2004, 61.)



KUVA 5. Erilaisten tuotantoprosessien käyttö (mukaillen, Varastotyypit ja -tekniikka)

Yksittäistuotannossa tuote on yleensä suuri ja monimutkainen projektiluontoinen kokonaisuus, joka suunnitellaan ja valmistetaan kerran (Lehtonen 2004, 61–62). Suunnittelu on tehtävä erikseen ennen tuotannon aloitusta, mutta tuotteita voidaan tehdä myös suurempi yksittäinen erä (Lapinleimu ym. 1997, 46).

Erätuotannossa samaa tuotetta tehdään erissä toistuvasti, mikä erottaa erätuotannon yksittäistuotannosta. Yleisesti eräprosessissa tuotteen vaatimien asetusten, muottien, jigien ja työkalujen vaihto pyritään minimoimaan ja siksi tuotetta valmistetaan erä kerrallaan. (Lehtonen 2004, 62.)

Valmistuslinjaa käytetään pyrittäessä tehokkaaseen ja kustannuksiltaan alhaiseen valmistukseen. Linjalla asetusajoista pyritään eroon, jolloin voidaan valmistaa erilaisia tuotteita ilman suuria eräkokoja. Erilaisten tuotteiden valmistuksen vaikutus kuormitukseen tasapainotetaan tuotantojärjestyksellä. Häiriötön tuotanto on linjan toimivuuden kannalta erityisen tärkeää koko linjan pysähtyessä jonkin linjan aseman häiriön vuoksi. Häiriöttömyyden takaamiseksi käytetään yleisesti puskuroivaa välivarastoa. (Lehtonen 2004, 62.)

Tuotannon keskeisimpiä tavoitteita on kustannustehokkuus, johon voidaan pyrkiä resurssien tehokkaalla käytöllä, pitämällä tuotantoon sitoutuneen pääoman määrä alhaisena sekä pienentämällä tuotannon läpimenoaika. Läpimenoajan tehostamisen on havaittu parantavan myös laatua ja prosessien tehokkuutta. (Haverila – Uusi-Rauva – Kouri – Miettinen 2009, 357.)

### **3.1 Kokoonpano**

Kokoonpano tai koonta tarkoittaa osien ja komponenttien liittämistä toisiinsa tuotteeksi tai tuotteen osaksi valmistavalla tehtaalla. Kokoonpanotyö sisältää kappaleten siirtoa ja käsittelyä, sovittamista ja liittämistä, joista vain liittäminen on tuotteen arvoa lisäävää työtä. Kokoonpanon kannalta kuitenkin siirrot, tarkastukset ja käsittely ovat välttämättömiä, mutta niiden osuus pyritään minimoimaan. (Lapinleimu ym. 1997, 111.)

Lapinleimun (2007, 129) mukaan ideaaliset kokoonpanojärjestelmät ovat paikka- ja linjakokoonpano. Yleisesti kokoonpanotyön osuus tuotteen valmistamiseen kuuluvasta kokonaistyöajasta on jopa 20–40 prosenttia. Kokoonpanoon tarvitaan suuri osa tuotantotiloista ja kokoonpano sitoo keskeneräiseen tuotantoon ja varastoon pääomaa. (Lapinleimu ym. 1997, 111.) Jalostavan työn osuus kokoonpanossa on mahdollista kaksinkertaistaa, mikä parantaa suoraan kannattavuutta.

Organisoimalla, ennakkosuunnittelulla ja järjestämällä sopivat työkalut ja apuvälineet mahdollistetaan häiriötön toiminta. (Lapinleimu ym. 1997, 122.)

### **3.1.1 Läpimenoaika**

Tuotannon tehokkuuden mittauksessa tärkeimpiä tekijöitä on läpimenoaika, joka kertoo määritetyn kokonaisuuden valmistumiseen vaadittavan ajan. Lyhyt läpimenoaika kertoo tehokkaasti ja joustavasti toimivasta tuotantojärjestelmästä. Lyhyt läpimenoaika parantaa tuotannon ajoituksen mahdollisuuksia ja sen myötä tuotannon ohjattavuutta. (Lapinleimu ym. 1997, 53, 55.)

Valmistus asiakastilauksien perusteella vaatii lyhyttä läpimenoaikaa, jotta tuotannon tasapainotukseen on mahdollisuuksia tuotteen toimitusajan puitteissa. Asiakkaan vaatiman toimitusajan ja läpimenoajan ollessa yhtä pitkiä, tuotannossa kuormitus vaihtelee kysynnän mukaan ja työkuormaa ei voida tasapainottaa. (Lapinleimu ym. 1997, 55.)

Kokoonpanossa läpimenoaikaa voidaan lyhentää jakamalla osa työstä esikokoonpanona tehtäviksi osakokonaisuuksiksi ja kehittämällä työn ja osien ohjausta. Lyhyt läpimenoaika pienentää keskeneräiseen tuotantoon sitoutuneen pääoman määrää. Kokoonpanon läpimenoaikaan vaikuttaa merkittävästi tilattavien materiaalien hankinta ja toimitusajat. (Lapinleimu ym. 1997, 55, 58.) Tuomisen (2010, 172) mukaan lyhyt läpimenoaika alentaa kaikkien osapuolien kustannuksia ja mahdollistaa nopeamman vastaamisen asiakkaan vaatimuksiin lisäten asiakastyytyväisyyttä. Lyhyen läpimenoajan myötä kannattavuus paranee mahdollistaen valmistuksen kehittämisen edelleen.

### **3.1.2 Paikkakokoonpano**

Paikkakokoonpano on edullisin tuotantotapa rajapintojen ja peräkkäisten toimintojen vähäisyyden sekä yksinkertaisuuden vuoksi. Paikkakokoonpanoon saadaan lisättyä kapasiteettia ja joustavuutta rinnakkaisilla kokoonpanopaikoilla. (Lapinleimu 2007, 129.)

Paikkakokoonpanossa yksi henkilö tai useista henkilöistä koostuva tiimi suorittavat koko tuotteen kokoonpanon. Tämä vaatii paljon osaamista usealta eri osaamisalueelta etenkin monimutkaisten tuotteiden koonnassa. (Lapinleimu ym. 1997, 112.)

### **3.1.3 Linjakokoonpano**

Kokoonpanolinjaa käytetään usein volyyymisistä, koska linjassa työtä voidaan yhden työpisteen sijasta jakaa useammalle peräkkäiselle työpisteelle (Lapinleimu 2007, 130). Linjakokoonpano on suositeltavaa myös sisäisen ohjattavuuden ja selkeyden vuoksi (Lapinleimu ym. 1997, 84).

Kun linjan työasemien välissä ei ole puskurivarastointia, puhutaan tahtilinjasta. Tahtilinjassa peräkkäiset kokoonpanopaikat työstävät omia tuotteitaan, jotka siirretään tahtiajan välein linjassa eteenpäin ja viimeisen kokoonpanopaikan tuote valmistuu linjalta. Tahtiajaksi sanotaan aikaa, jonka välein tuotteita valmistuu linjalta. (Lapinleimu ym. 1997, 81.) Tahtiaika määrää tuotannon vauhdin ja kertoo työntekijöille aikataulussa pysymisestä (Liker 2010, 95).

### **3.1.4 Esikokoonpano**

Kokoonpanon läpimenoaikaa on mahdollista lyhentää kokoamalla osakokonaisuuksia etukäteen erillisellä kokoonpanopisteellä. Esikokoonpano lisää tuotannon joustavuutta. (Lapinleimu 2007, 123.)

## **3.2 Valmistettavuus ja kokoonpantavuus**

Kokoonpanon edellytyksenä on sopivat osat, jotka ovat kokoonpanossa saatavilla. Osien lisäksi tarvitaan osaava henkilöstö ja työvälineet kokoonpanon tarpeiden mukaan. Työmäärän vähentämiseksi osien lukumäärän tulisi olla pieni ja osien asennettavissa yhdestä suunnasta. Jos osat ovat tarkkoja ja sopivuus hyvä sekä osissa on asennusta helpottavia ohjauksia, asennus on nopeaa ja selkeää. Kokoonpantavuuden lisäksi on punnittava myös tuotteen arvoa asiakkaalle, mikäli rakennetta yksinkertaistetaan. (Lapinleimu 2007, 175.)

Nopeaan ja kannattavaan kokoonpanoon eivät kuulu muokkaus- ja maalaustyöt, jotka ovat osavalmistuksessa suoritettava vaiheita ennen kokoonpanoa (Lapinleimu 2007, 123). Tehokkaan kokoonpanon saavuttamiseksi tuotteissa tulisi olla mahdollisimman vähän liitoksia, sovittamista, kuljetusta, käsittelyä ja kyseiset työt tulee suunnitella mahdollisimman helpoksi. Osien nostojen ennakointi toteutetaan jo suunnittelussa esimerkiksi nostopisteillä helpottamaan tasapainoista nostoa. (Lapinleimu ym. 1997, 20.)

DFMA eli design for manufacturing and assembly on tekniikka, jota käytetään yleisesti kokoonpanon kehittämiseen huomioiden suunnittelussa erityisesti asennettavuus ja kokoonpantavuus (Lapinleimu 2007, 30). Kokoonpanon huomioimisella suunnittelussa kokoonpanokustannuksia voidaan alentaa merkittävästi, koska tuotteen rakenne määrittää kokoonpanotavan (Lapinleimu ym. 1997, 121).

Tuotannon kannalta valmistettavan tuotteen tuoterakenteen on oltava selkeä mahdollisine vaihtoehtoineen ja tuotettavuus osien ja kokoonpanojen suunnittelussa on otettava huomioon. Ideaalinen tuoterakenne on modulaarinen, jolloin asiakkaan tuotteeseen haluamat ominaisuudet voidaan valita erilaisista valmiiksi suunnitelluista moduuleista. Tuoterakenteeseen dokumentoidaan kokoonpanot rajapintoineen, kokoonpanojen osat ja alikokoonpanot sekä osien aihiot. (Lapinleimu 2007, 89, 140, 142.) Tuoterakenne, kokoonpanopiirustukset ja osaluettelot tehdään tuotesuunnittelussa (Lapinleimu ym. 1997, 20).

Kehittämällä tuotteita kokoonpanoa voidaan yksinkertaistaa tuotteen suunnittelijan toimesta. Esimerkiksi moduulit rakenteessa nopeuttavat räätälöintiä ja läpimenoaikaa loppukokoonpanossa. (Lapinleimu ym. 1997, 115, 116.) Selkeys ja järjestelmällisyys kokoonpanossa ja työympäristössä vähentävät hukkaa ja lisäävät tuottavuutta (Lapinleimu 2007, 175).

### **3.3 Tuotannonohjaus ja logistiikka**

Tuotannonohjaus on merkittävässä roolissa hallittaessa yrityksen läpi kulkevaa materiaalivirtaa. Tuotannonohjaus sisältää tuotesuunnittelun, tuotannon suunnittelun, materiaalin ohjauksen, valmistuksen ohjauksen ja tuotannon seurannan ja

kehittämisen. Nykyään tuotannossa toimitaan yleensä asiakasohjautuvasti ja tuotesuunnittelu ja tuotannonohjaus toimivat tiiviissä yhteistyössä. Tuotesuunnittelulla luodaan asiakkaan tarpeisiin vastaava tuote ja huomioidaan tuotannon resurssit tuotteen valmistamiseksi. (Hokkanen ym. 2011, 208–210.)

Tuotannon ohjattavuuteen vaikuttavat muun muassa tuotannon läpimenoaika, materiaalivirtojen selkeys, layoutin selkeys, toiminnan laatu, työvaiheiden määrä ja keskeneräisen tuotannon määrä. Ohjattavuus kuvaa kykyä vastata edellä mainittujen tekijöiden muutoksiin. Ohjattavuuden parantamisella on saavutettu hyötyä tuotannon kehityksessä ja toimivalla ohjauksella resurssien hyödyntäminen on tehokkaampaa. Keskeisiä tekijöitä ohjauksen parantamisessa on läpimenoaikojen lyhentäminen, häiriöiden poistaminen ja toiminnan itseohjautuvuuden parantaminen. (Haverila ym. 2009, 405.)

Tuotantoprosessit muodostuvat tuotantovaiheiden ketjuista ja tuotantovaiheiden järjestystä nimitetään reititykseksi. Reititys määrittää materiaalien valmistusvaiheet tuotannossa. Materiaalien reititykset yhtyvät kokoonpanossa, jossa materiaalit yhdistetään tuotteeksi. (Lehtonen 2004, 68.)

## **Logistiikka**

Logistiikka on materiaalivirtojen ja niihin liittyvien raha- ja tietovirtojen ohjaamista ja toteuttamista. Ohjaaminen sisältää suunnittelua, tilausten käsittelyä, hankintaa, tilausten valvontaa ja muutostietojen välittämistä. Toteutukseen kuuluu materiaalin käsittelyä, kuljettamista, varastointia ja asiakirjojen tuottamista. Logistiikka on liiketoimintaa tukeva useista, yleensä hajallaan sijaitsevista tehtävistä, muodostuva prosessi. Prosessi kulkee yrityksen läpi monen vastualueen kautta ollen osa niin markkinointia kuin materiaalitoimintoja. (Sakki 2003, 23, 24.)

Tuotannossa tärkeä osa logistiikkaa ovat sisäiset siirrot, joilla tarkoitetaan eri tuotantopisteiden välisiä siirtoja yrityksen omalla kalustolla. Sisäinen logistiikka vastaa materiaalivirran lähetysten purkamisesta, siirtämisestä tuotantoon ja valmi-

den tuotteiden pakkauksesta. Materiaalivirta kulkee varaston kautta tuotantoprosessien läpi valmiiksi tuotteeksi asiakkaalle. (Hokkanen – Karhunen – Luukkainen 2011, 139, 141.)

Logistiikan tavoitteita ovat kustannustehokkuus, lyhyt läpimenoaika ja asiakaspalvelun kehittäminen (Sakki 2003, 25). Sisäisten kuljetusten suunnittelu on tärkeää toimivuuden varmistamiseksi varaston sisäisen liikenteen vilkkauksen takia. Vilkas liikenne aiheuttaa työturvallisuusriskin työntekijöille esimerkiksi kapeiden varastokäytävien ja hiljaisten sähkötrukkien takia. Tähän voidaan vaikuttaa suunnittelulla ja sujuvoittamalla materiaalivirtoja. (Hokkanen ym. 2011, 141.) Lapinleimu (2007, 61) toteaa, että kaikki logistiset toimenpiteet aiheuttavat tuotannossa katkoksia prosesseihin, kustannuksia ja häiriön mahdollisuuksia.

Puskurivarastoa käytetään tavarantoimitusten viivästymisiin tai tuotteiden ja osien saatavuusongelmiin varautumiseen. Puskurivarastolla varmistetaan tuotannon toiminta toimitusten epävarmuudesta huolimatta. Yleisesti varastoa pyritään pitämään mahdollisimman vähän varastoihin sitoutuneen pääoman pienentämiseksi, mutta usein varastointi on kuitenkin välttämätöntä häiriöttömän toiminnan turvaamiseksi. (Varastotyypit ja -tekniikka.)

### **3.4 Tuotannon tasapainotus**

Tuotannon tasapainotus käsitteenä tunnetaan Toyotan tuotantojärjestelmässä nimellä heijunka, joka tarkoittaa tuotannon tasoittamista tuotevalikoiman ja tuotantomäärien suhteen. Toyotalla on havaittu, että tasoittamalla tuotantoaikataulu erityyppisille tuotteille voidaan tarjota asiakkaille aiempaa parempaa laatua ja palvelua kuin valmistamalla tuotteita pelkästään tilausten mukaisessa järjestyksessä. Kun tilauksia kootaan ja tuotanto tasapainotetaan, läpimenoaikoja on mahdollista lyhentää ja varastoa supistaa. (Liker 2010, 114, 116.)

Erilaisia hukan tyyppejä on kolme, Muda, Muri ja Mura. Yksi hukan laji on Mura eli epätasaisuus. Epätasaisuus tuotannossa tarkoittaa, että työtä on välillä liikaa ja toisinaan liian vähän ihmisten ja koneiden kapasiteettiin nähden. Tällöin on oltava henkilöstö ja välineet suurimman työmäärän tarpeisiin, vaikka keskimäärin

henkilöstöä ja välineitä tarvittaisiin tuotantoon vähemmän. Tasapainotuksella voidaan vähentää myös hukkaa, jota kutsutaan Muriksi. Muri tarkoittaa ihmisten ja laitteiden ylikuormitusta, josta aiheutuu ongelmia laadun ja turvallisuuden osalta. (Liker 2010, 114.) Suurimman työmäärän hetkellisesti vaatiman työvoiman, koneiden ja työkalujen kapasiteetin sijasta tuotantoa tasapainotetaan keskimääräiseen kapasiteettiin vastaavaksi (Tuominen 2010, 178).

## 4 LAATU

Tässä luvussa käsitellään linjakokoonpanoprojektin tavoitteisiin pääsemisen kannalta olennaisia laatumenetelmiä. Laadunvalvonta on tärkeää linjan häiriöttömyyden varmistamiseksi, koska linjakokoonpanossa pienetkin häiriöt vaikuttavat koko linjan toimivuuteen ja häiriöt aiheuttavat suuria kustannuksia (Haverila ym. 2009, 475).

Toyota Production System eli TPS on toiminut mallina teollisuudessa laajalti. Toyota on kehittänyt järjestelmänsä lähes sata vuotta. Leanin käsite on syntynyt länsimaisten tutkijoiden tutkittua Toyotan toimintaa. (Modig – Åhlström 2016, 77.) Kun 1980-luvulla huomattiin japanilaisen tehokkuuden ja laadun olevan korkealla tasolla, Toyota sai maailmanlaajuista huomiota. Toyota oli yhtiönä kilpailukykyinen, nopea ja prosessit ja tuotteet yhdenmukaisia. Toyota on ollut myös kannattavampi kuin muut autonvalmistajat. (Liker 2010, 6.)

Likerin (2010, 6) mukaan Toyotan menestys pohjautuu Toyotan itsensä teollisuudessa kuuluisaksi tekemien työkalujen ja laadunparannusmenetelmien käyttöön, joita ovat Just-In-Time, yksiosainen virtaus, kaizen, jidoka ja heijunka. Kyseiset työkalut ja menetelmät ovat auttaneet lean-tuotannon leviämisessä teollisuuteen. Toyotan ero useisiin lean-tuotannon käyttöön ottaneisiin yrityksiin on menetelmien lisäksi yhtiön sitoutuminen jatkuvaan prosessien parantamiseen.

Laatu tarkoittaa tuotannon osalta tuotteen ja tuotannon prosessien virheettömyyttä. Tuotannon tavoitteena on suunnittelua ja asiakkaan vaatimuksia vastaava valmis tuote. Virheettömät tuotteet ja tuotantoprosessit parantavat tuottavuutta ja toimitusvarmuutta. (Haverila ym. 2009, 357.)

### 4.1 Just-In-Time

JIT eli Just-In-Time on Toyotan tuotantojärjestelmän tärkeimpiä osioita, jonka avulla pystytään reagoimaan kysynnän vaihteluihin (Liker 2010, 23). JIT tarkoittaa, että tuotteita ja osia valmistetaan juuri oikean tarpeen verran ja yleensä toistuvasti lyhyillä väleillä. Perinteisesti massatuotannossa on pyritty suuriin eriin

kustannusten pienentämiseksi, kun JIT-tuotannossa pyritään välttämään turhaa varastoa ohuilla ja nopeilla materiaalivirroilla. Nopeat läpäisyajat ja toiminnan korkea laatu saavat aikaan tuotannon tehokkuuden. (Haverila ym. 2009, 361.)

JIT-tuotannossa panostetaan toiminnan laadun kehitykseen, koska virheet pysäyttävät tuotannon nopeasti. Virheiden syyt on toisaalta helppo selvittää ja korjata virheiden tullessa nopeasti esille tuotannossa. Lyhyt läpimenoaika, pieni välivarasto ja lyhyt toiminta-aika poistavat virheellisten toimintojen mahdollisuuden. Nopean tuotantoprosessin takia tuotannossa reagointi vaihtelevien tuotteiden, mallivariaatioiden ja muuttuvien asiakastarpeiden aiheuttamiin muutoksiin on nopeaa ja helpommin hallittavaa kuin perinteisessä massatuotannossa. (Haverila ym. 2009, 361.)

## **4.2 Lean**

Lean-toiminta on käsitteenä otettu käyttöön 1990-luvulla autoteollisuuden kilpailukykyä tutkittaessa. Tutkimuksessa havaittiin tuotteeseen lisäarvoa tuottavaan toimintaan panostamalla saavutettavan ajan ja rahan säästöä. Ajan ja kustannusten säästö ja laadun paraneminen ovat mahdollisia työmenetelmien parannuksella, poistamalla arvoa lisäämättömiä vaiheita ja parantamalla töiden organisointia. Toimitusvarmuus ja muutosten hallinta ovat kustannusten lisäksi tärkeitä tavoitteita lean-toiminnassa. (Kajaste – Liukko 1994, 8.)

Lean-toiminnassa henkilöstön osaamisen hyödyntäminen ja yrityksen joustava toiminta ovat tärkeässä roolissa. Ongelmiin ja virheisiin puuttumisessa pyritään estämään ongelmien toistuminen ja ennaltaehkäisemään virheiden syntymistä syyllisten etsimisen sijaan. (Kajaste – Liukko 1994, 9.)

Lapinleimun (2007, 39) mukaan leanin peruseriaatteena on, että tuotteen arvoa asiakkaalle tuottamaton työ on tarpeetonta. Lean toimintastrategia on osoittautunut monilla aloilla tehokkaaksi hukkan ja tarpeettoman lisätyön poistajaksi. Leanissa on pohjimmiltaan kyse yrityksen arvon tuottamisesta. Painopiste on vir-

taustehokkuudessa resurssitehokkuuden sijasta, koska keskittymällä virtaustehokkuuteen lisätyötä ja hukkaa voidaan vähentää. Resurssitehokkuus voi kuitenkin kasvaa hukan vähentyessä. (Modig – Åhlström 2016, 67, 123, 124.)

Resurssitehokkuuteen keskityttäessä ongelmat voivat jäädä havaitsematta tyyppillisten prosessien kestäessä pitkään. Virtaavassa prosessissa ongelmat ja tehottomuus paljastuvat heti ja pysäyttävät tuotannon, jolloin ongelmat on pakko ratkaista heti. Osista valmiisiin tuotteisiin kuluvan ajan lyhentäminen johtaa hyvään laatuun, lyhyeen toimitusaikaan ja alhaisiin kustannuksiin. (Liker 2010, 87, 88.)

### **Virtaus ja linjatuotanto**

Lyhyillä läpimenoajoilla ja panostamalla tuotantolinjan joustavuuteen, saavutetaan parempi laatu, tuottavuus ja tilojen ja välineiden käyttöaste. Virtauksella on myös taipumus pakottaa muiden lean-työkalujen käyttöönottoon, koska muun muassa ennaltaehkäisevä huolto ja sisäänrakennettu laatu tulevat välttämättömiksi ongelmien paljastuessa helpommin. Jatkuvan virtauksen ja tahtiajan soveltaminen on helpointa toistuvassa tuotannossa, jossa eri vaiheet voidaan erotella ja poistaa hukkaa tuottavia vaiheita työstä (Liker 2010, 8, 88, 95).

Pienin mahdollinen varasto ja nopein virtaus olisi saavutettavissa valmistettaessa kaikkia tuotteita vuorotellen sekatuotantona. Tällöin tuotannon joustavuuden ja asetusaikojen minimoinnin vaatimukset ovat korkealla. Sekatuotanto vaatii osaamista henkilöstöltä useiden tuotteiden osalta ja kehittyneet työkalut. Materiaalien ja laadun ohjauksen täytyy toimia tuotevaihtojen välisten virheiden vähentämiseksi. Kun sekatuotanto saadaan toimivaksi, tuotannon tasapainottaminen on helpompaa, varastot pienenevät ja tuotannon virtaus nopeutuu. (Tuominen 2010, 178.) Lean-tuotannossa optimaalinen erän koko on aina yksi tuote ja tuotteet sijoitetaan peräkkäin asiakkaan tilauksen tuottamiseksi nopeasti (Liker 2010, 92).

Likerin (2010, 94) mukaan kun sopivat henkilöt sijoitetaan tekemään lisäarvoa tuottavaa työtä peräkkäin ja kuljetetaan prosessi henkilöiden kautta yhteistyötä hyödyntäen, saavutetaan nopeampi prosessi, parempi tuottavuus ja laatu.

## **Hukan minimointi**

Toyotan tuotantojärjestelmässä tavoitteena on karsia jatkuvasti hukkaa, joka ei tuota lisäarvoa tuotteeseen tai asiakkaalle. Muda-tyyppisen hukan lajeja, joita pyritään poistamaan prosesseista, on kahdeksan:

1. ylituotanto
2. odottelu
3. tarpeeton kuljetus
4. ylikäsittely
5. liiallinen varasto
6. tarpeeton liike
7. viat
8. käyttämättä jätetty työntekijän osaaminen. (Liker 2010, 28, 29, 114.)

## **Kaizen**

Kaizen on japaninkielinen termi jatkuvalle parantamiselle ja tarkoittaa jatkuvaa parannusten tekoa ja hukan eliminointia prosesseista. Kaizen on täydellisyyttä tavoitteleva filosofia, joka osallistaa työntekijät prosessien parantamiseen. (Liker 2010, 23.)

### **4.3 Jidoka**

Jidoka on Toyotan tuotantojärjestelmän periaate. Periaatteen mukaan prosessi keskeytetään havaittaessa ongelmia, jotta ongelmat voidaan korjata heti laadun sisäänrakentamiseksi eikä ongelmien anneta kerääntyä myöhemmin korjattaviksi. Havaituista ongelmista ilmoittamiseen käytetään yleisesti merkinantojärjestelmää, jota kutsutaan Andoniksi. Ongelmasta ilmoitetaan ääni- ja valomerkeillä, joilla kutsutaan apua paikalle tuotantoon laatuongelmien ratkaisemiseksi. (Liker 2010, 129, 130.)

Yleisesti massatuotannossa tuotannon keskeyttämistä ei sallita vaan virheelliset osat tai tuotteet korjataan myöhemmin. Jidokan mukainen välitön laatu katkaisee virheellisten tuotteiden tuotannon ja on edullisempi ja tehokkaampi vaihtoehto

kuin virheiden korjaus jälkikäteen. Laatuongelmien esiin tuominen ja välitön korjaus vähentävät hukkaa tuotannossa. (Liker 2010, 130.)

#### **4.4 Standardoitu työ**

Standardoidun työn yleistymiseen on vaikuttanut 1940-luvulla Yhdysvalloissa aloitettu armeijan Training Within Industry eli TWI-ohjelma tuotannon kasvattamiseksi (Liker 2010, 141). Toyotan tuotantojärjestelmässä standardeilla on tuotannon työntekijöiden tehtävien toistettavuuden lisäksi suurempi rooli koko yhtiön toiminnassa. Standardoinnissa ei ole kyse parhaan työtavan löytämisestä, ja siinä pitäytymisestä vaan tavoitteena on standardoida prosessi jatkuvan parantamisen selkeyttämiseksi. (Liker 2010, 142.)

Standardoitua työtä käytetään usein rakennettaessa laatua ja koulutettaessa työntekijöitä prosessien yhdenmukaisuuden parantamiseksi. Usein standardeja ajatellaan jäykkinä ja pakottavina keinoina, mutta Toyotan tuotantojärjestelmässä työntekijöitä osallistetaan standardien kehittämiseen ja työtapojen jatkuvaan parantamiseen. Kun standardoituun prosessiin tehdään parannuksia, ne tulevat käyttöön kaikille työntekijöille, eivätkä vain satunnaisesti parannuksien kehittäjille. (Liker 2010, 142-144.)

Standardoidun työn on havaittu vahvistavan tiimityöskentelyä lisäämällä työntekijöiden terminologian, taitojen ja sääntöjen yhdenmukaisuutta. Olennaista standardien käytössä on löytää tasapaino noudatettavien ohjeiden ja luovuuden välille. (Liker 2010, 147, 148.)

#### **4.5 Huomioita linjakokoonpanoon siirtymisestä**

Linjakokoonpano mahdollistaa selkeytensä ja hyvän ohjattavuutensa vuoksi paremman kustannustehokkuuden ja laadun paikkakokoonpanoon verrattuna, kun toimitaan soveltaen oppeja Toyotan tuotantojärjestelmästä. Linja mahdollistaa läpimenoaikojen lyhentämisen ja tuotantomäärän kasvattamisen työntekijöiden harjaantuessa tiettyihin konetyyppeihin. Paikkakokoonpanossa tuotetaan lukuisia erilaisia konemalleja ja variaatioita ja harjaantuminen jää linjakokoonpanoa huonommalle tasolle.

Linjakokoonpano vaatii huolellisen suunnittelun ennen tuotannon aloitusta häiriöiden minimoimiseksi. Suuret häiriöt linjalla toisaalta ovat tuotannon pysäyttäviä, jolloin ongelmien korjaus on välttämätöntä ja prosessien jatkuva parantaminen mahdollistaa lopulta tuotannon ilman jatkuvia häiriöitä. Linjakokoonpanossa prosessien parantamisen on oltava jatkuvaa, koska yhden koneen häiriöt vaikuttavat toimintaan usean koneen kokoonpanossa. Lopulta kokoonpanosta saadaan sujuvaa ja häiriöt vähäisiksi laadun parantuessa entiseen verrattuna.

Linjakokoonpanossa kokoonpantavuus on tärkeässä roolissa tuotannon helpottamisessa ja tehostamisessa. Kokoonpanon kehityksen myötä parantuva laatu lisää tuotteen arvoa asiakkaan silmissä. Kokoonpantavuuden kehitys lisää työturvallisuutta ja työntekijöiden hyvinvointia, joka vaikuttaa tuottavuuteen. Standardoidun työn avulla voidaan parantaa laatua ja vakioida työmenetelmät, jolloin kokoonpanon selkeys ja yhdenmukaisuus paranevat.

Normetin koneiden kokoluokka on useissa teoreettisissa lähteissä käsiteltyihin tuotteisiin verrattuna huomattavan suuri ja läpimenoaika pitkä. Tällöin häiriöiden korjaaminen ja tuotannon tasapainotus vaativat erilaisen näkökulman kuin pienempiä tuotteita linjatuotantona valmistettaessa. Tämän vuoksi edellä esiteltyä teoriaa sovelletaan tässä työssä tuotetussa toimintamallissa soveltuvien osien käytännön työskentelyn tuoman tietotaidon rinnalla.

## 5 LINJAKOKOONPANOON SIIRTYMINEN

Tämän työn tavoitteena on ollut luoda toimintamalli Normetille paikkakokoonpanosta linjakokoonpanoon siirtymiseksi. Kirjallisen toimintamallin tueksi on luotu visuaalinen esitys, jota yritys voi hyödyntää prosessin aikataulutuksessa ja projektiin liittyvien tehtävien järjestyksen hallinnassa.

### 5.1 Projektin toteutus

Toimintamallin kehittäminen tapahtui havainnoinnin ja prosessissa mukana työskentelyn pohjalta teoriaa tukena käyttäen. Opinnäytetyötä tehtiin toukokuusta 2017 lähtien osana linjakokoonpanoprojektia. Työn aikana yksi konemalli siirrettiin linjakokoonpanoon ja toisen konemallin siirtoprosessi on käynnissä. Projektin alusta asti kerättyjen havaintojen ja järjestelmällisen tiedonkeruun pohjalta alettiin kehittää toimintamallia seuraavien projektien selkeyttämiseksi ja siirtymisen mahdollisuuksien arvioimiseksi.

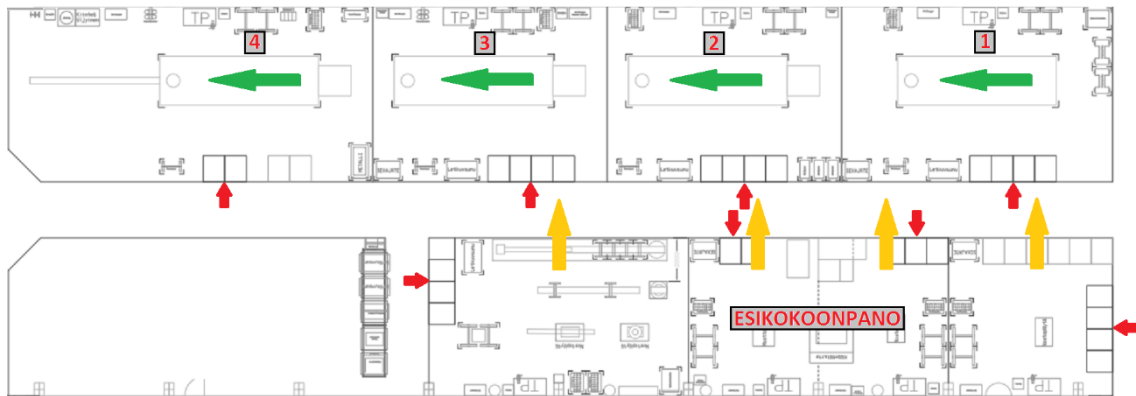
### 5.2 Normet kokoonpanolinja

Normetin kokoonpanolinjalla on neljä koontapaikkaa, joiden läpi kone kulkee kokoonpanoprosessin aikana. Linjakokoonpanossa yksi vaihe on yksi työvuoro. Kullakin koontapaikalla konetta kootaan viisi työvuoroa, joiden jälkeen koneet siirtyvät linjalla eteenpäin seuraavalle koontapaikalle. Viimeiseltä koontapaikalta kone siirtyy koeajon kautta testausprosessiin. Kokoonpanon läpimenoaika on 20 työvuoroa.

Tuotantotilassa on erilliset työpisteet esikokoonpanoille käytävän toisella puolella, josta valmiit esikootut osakokonaisuudet otetaan suoraan loppukokoonpanon käyttöön. Puskurivarastointi esikootuille kokonaisuuksille on työpisteellä, jolloin vältetään osien turhaa liikuttelua. Esikokoonpanossa tehtäviä osakokonaisuuksia ovat puomi, koneikko, hytti ja lukuisat pienemmät kokoonpanot.

Kuvassa 6 esitetään kokoonpanolinjan toiminta nuolilla. Vihreät nuolet kuvaavat koneen liikkumista kokoonpanopaikalta seuraavalle. Keltaiset nuolet kuvaavat

valmiiden esikokoonpanojen liikettä loppukokoonpanon tarpeisiin. Punaisella nuolella on merkattu sisäisen logistiikan toimittamat osat.



KUVA 6. Kokoonpanolinjan toiminta

### 5.3 Toimintamallin vaiheet

Tavoitteena oli luoda toimintamalli prosessin selkeyttämiseksi. Toimintamallia tullaan käyttämään myös uusien laitetyyppien linjatuotantoon siirtämisen mahdollisuuksien ja prosessiin tarvittavan työmäärän arviointiin.

Tässä luvussa esitellään ne vaiheet, joita toimintamalli sisältää ja kuvataan vaiheiden sisältö. Työssä on selvitetty, mitä vaiheita konemallin siirtäminen paikkakokoonpanosta linjakokoonpanoon vaatii ennen tuotannon aloittamista. Työssä on keskitytty niihin siirtymisprosessin vaiheisiin, jotka toteutetaan sen jälkeen, kun ehdotus tietyn konemallin siirtämisestä linjakokoonpanoon on tehty.

#### 5.3.1 Normet Andon -prosessi

Normetin Andon-prosessissa tuotantoa estävien tai hidastavien ongelmien kirjaus tehdään vastaavan mallisesta koneesta paikkakokoonpanoa seuraamalla. Yleisesti Andon tarkoittaa, että ongelman esiintyessä prosessi keskeytetään ja paikalle kutsutaan apua ongelmien ratkaisemiseksi. Normetin tapauksessa kokoonpano keskeytetään seurannan aikana päivittäin ja käydään päivän aikana esiintyneet ongelmat läpi.

Ongelmat luokitellaan osa-alueittain, joita ovat mekaniikka, hydraulikka ja sähkö. Ongelmien kirjauksessa huomioidaan myös niiden kriittisyys:

- kriittinen, kokoonpanolinjan pysäyttävä, esimerkiksi toistuva osapuute
- huomattava, linjatuotantoa hidastava, esimerkiksi hankala asennustapa
- parannettava, ongelman poistaminen pienentäisi linjan työkuormaa tai lisääisi tehokkuutta.

Tuoterakenteessa mahdollisesti olevat virheet ja puutteet kirjataan muistiin. Tuoterakenteesta on löydettävä oikeat kokoonpanoon tarvittavat osat ja kokoonpanokuvat muttei mitään ylimääräistä. Kokoonpanojen rajapintojen selkeyteen liittyvät ongelmat kirjataan muistiin.

Normetin Andon-prosessiin kuuluvat toimenpiteet havaittujen ongelmien ratkaisemiseksi. Ratkaisujen etsimiseen osallistuvat työnohtajat, projekti-insinööri, menetelmäkehittäjä, sähköasentaja, hydraulikka-asentaja, lopputestaaja sekä tarvittaessa ostaja. Vastuuhenkilöt ongelmien korjaamiseksi määritetään tapauskohtaisesti vastualueiden mukaan. Tavoitteena on ratkaista ongelmat vastaavien häiriöiden välttämiseksi jatkossa, jolloin saadaan vähennettyä hukkaa tuotannossa ja minimoitua häiriöt.

### **5.3.2 Nykytilan selvitys**

Linjakokoonpanoon siirrettävän konemallin nykyisen kokoonpanojärjestyksen selvityksessä hyödynnetään asentajien kokemusta. Koneen kokoonpanojärjestys kirjataan työvuoroittain asentajien ja tuotannon kehityshenkilöstön toimesta. Järjestys tehdään asentajien kokemuksen, kokoonpanokuvien ja toteutuneiden läpimenoaikojen pohjalta seuraamatta kokoonpanoa tuotannossa.

Kokoonpanojärjestyksen lisäksi kirjataan mahdolliset usein eteen tulevat ongelmat ja linjatuotantoa hidastavat tekijät. Selvityksessä kirjataan muistiin myös työhön tarvittavia erikoistyökaluja ja apuvälineitä. Mahdolliset erillisiä ohjeita vaativat kokoonpanotyöt ja säädöt huomioidaan ja kirjataan muistiin myöhempää ohjeiden tekoa varten. Laadunvarmistukseen liittyvät huomioitavat asiat kirjattiin muistiin sisällytettäväksi standardoituihin työohjeisiin.

### 5.3.3 Uusi vaiheistus

Kokoonpanojärjestys suunnitellaan linjatuotannon vaiheisiin sopivaksi yhteistyössä asentajien kanssa käyttäen nykytilan selvityksestä saatua työjärjestystä pohjana. Vaiheistuksen yhteydessä suunnitellaan muutosehdotuksia koonnassa havaittuihin kehityskohteisiin, jotka nykytilan selvityksen yhteydessä kirjattiin muistiin.

Uuden vaiheistuksen suunnittelussa käytetään koontakuvia kokoonpanon hahmottamisen helpottamiseksi, jolloin muutosehdotusten suunnittelu ja kirjaus onnistuvat samalla vaiheistuksen yhteydessä. Myös mahdolliset virheet, jotka tulevat ilmi tarkemmin kuvia ja osaluetteloita tarkasteltaessa, kokoonpanokuvissa tai rakenteessa, kirjataan muistiin.

Uutta vaiheistusta suunniteltaessa pidetään lähtökohtana sitä, että koneen tuoterakenne on kunnossa, osat sopivat paikoilleen kokoonpanossa ilman muutoksia ja kokoonpanokuvista selviää paikka jokaiselle käytettävälle osalle. Perustana on myös, että asentajilla on tieto koneen koonnasta ja toiminnasta ja tarvittava ammattitaito kokoonpanon suorittamiseksi linjalla.

Vaiheistuksen karkea runko tehdään muokkaamalla nykytilan selvityksestä saadut työtehtävät linjan tahtiaikaan sopiviksi. Linjakokoonpano mahdollistaa aiempaa tarkemman vaiheistuksen tahtiajan luodessa loppukokoonpanolle 20 vaihetta työvuorojen määrän mukaisesti. Työkuorman karkea vaihekohtainen tasapainotus tehdään asentajien kanssa arvioimalla kunkin vaiheen kokoonpanotöiden vaatima työmäärä.

Vaiheistukseen tehdään tarvittavat muutokset paikkakokoonpanoon verrattuna kokoonpanon selkeyttämiseksi. Uudet linjavaiheet muokataan koneen tuoterakenteeseen Sovelia-tuotetiedonhallintajärjestelmään. Soveliaan on luotu linjakokoonpanoa varten erillinen kenttä linjavaiheistukselle, jolloin linjakokoonpanoon vaiheistettava kone ei vaikuta paikkakokoonpanossa tuotettavien koneiden vaiheistukseen.

### **5.3.4 Esikokoonpanojen suunnittelu**

Esikokoonpanon osuus koneen kokoonpanosta suunnitellaan uuden vaiheistuksen yhteydessä. Esikoottavaksi siirrettävät kokonaisuudet ja nimikkeet arvioidaan siten, että 20 vuoron läpimenoaika riittää koneen kokoonpanoon linjalla. Jo aiemmin esikokoonpanona koottujen kokonaisuuksien laajuus suunnitellaan uudelleen loppukokoonpanon asennettavuuden kannalta. Aiemmin esikokoonpanoon vaiheistettuja nimikkeitä siirretään tarvittaessa loppukokoonpanon vaiheille.

Osien vaiheistus voi vaatia muutoksia nimikkeisiin, mikäli jonkin kokoonpanon tuoterakenteessa on käytössä useita samoja nimikkeitä ja nimikkeitä tarvitaan sekä esikokoonpanossa että loppukokoonpanossa. Rajapintojen selkeyttäminen voi vaatia suunnittelumuutoksia esimerkiksi osien kiinnitysten suhteen.

Esikokoonpanoa suunniteltaessa ideoidaan myös, voidaanko kokoonpanotyötä helpottaa ja jouduttaa käyttämällä apuvälineitä. Esikokoonpanossa tarvittavat työkalut ja apuvälineet listataan myöhempää hankintaa ja kehitystä varten.

### **5.3.5 Suunnittelumuutokset kokoonpanon helpottamiseksi**

Nykytilan selvityksen ja vaiheistuksen yhteydessä kerätyt kehityskohteet esitellään projektissa toimineiden henkilöiden toimesta konemallin suunnittelusta vastaaville suunnittelijoille. Kehityskohteisiin mietitään yhdessä ratkaisuja ja käydään läpi mahdollisia ongelmia kokoonpanossa parhaiden ratkaisujen löytämiseksi.

Tuoterakenteesta esiin tulleet virheet korjataan häiriöiden välttämiseksi linjatuo-  
tannossa. Kokonaisuuksien rajapintojen selkeyden kannalta oleelliset muutokset suunnitteluun ja mahdolliset vaiheistuksen vaatimat muutokset käydään läpi ja tehdään tarvittavat parannukset. Kokoonpantavuutta parantavat vaiheistuksen yhteydessä esiin tulleet suunnittelumuutokset tehdään samanaikaisesti Andon-prosessissa havaittujen suunnittelumuutosten kanssa.

### **5.3.6 Työkalut ja apuvälineet**

Nykytilan selvityksessä esille tulleet mahdolliset erikoistyökalujen ja apuvälineiden tarve ja hankinnan mahdollisuus selvitetään. Olemassa olevien perustyökalujen lisäksi koneen kokoonpanoon vaadittavat erikoistyökalut selvitetään ja hankitaan tarvittaessa. Kokoonpanoa nopeuttavat ja helpottavat apuvälineet hankitaan tai suunnitellaan ja kehitetään, mikäli valmiita tarkoitukseen sopivia apuvälineitä ei ole saatavilla.

### **5.3.7 Ohjeiden teko ja koulutus**

Kokoonpanon päivittäiseen käyttöön työskentelyä ohjaamaan tehdään uuden vaiheistuksen pohjalta vuorokohtainen työtehtävälista. Työtehtävistä tehdään standardoidut työohjeet tehtävittäin ja koostetaan ohje, joka sisältää vuoron aikana suoritettavat työtehtävät. Yksinkertaisimmat ja selkeät asennustyöt voidaan jättää ohjeissa pelkän maininnan tasolle ilman tarkempaa ohjetta työn suorittamiseksi.

Standardoidut työohjeet kriittisiin kokoonpanoihin ja säätöihin voidaan tehdä paikkakokoonpanon yhteydessä jo ennen tuotannon aloitusta. Työtehtäväkohtaisten ohjeiden teko aloitetaan testikoneen yhteydessä esimerkiksi esikokoonpanon muutosten osalta.

Osasta työntekijöitä koulutetaan kouluttajia linjakokoonpanon muille työntekijöille. Kun kouluttajat ovat valmiita, linjan työntekijöiden koulutus TWI-menetelmällä ohjeita apuna käyttäen aloitetaan heti ohjeiden valmistumisen jälkeen. Työtehtäviä voidaan kouluttaa sitä mukaa kun ohjeita eri työtehtävistä valmistuu.

### **5.3.8 Testikoneen kokoonpano ja muutokset**

Vaiheistuksen ja työjärjestyksen toimivuus testataan käytännössä kokoamalla kone joko paikka- tai linjakokoonpanona. Paikkakokoonpanossa testikoneen koaminen vähentää häiriöitä linjan toiminnassa, mutta ajatusmalli aiemmasta ko-

koonpanojärjestyksestä voi häiritä seuranta. Testikoneen kokoonpanoa paikkakokoonpanona tukee paikkakokoonpanon asentajien kokemus. Tällä hetkellä linjakokoonpanon työntekijöillä on vähäinen kokemus erilaisista konemalleista.

Testikoneen kokoonpano vaatii jatkuvan seurannan, jotta vaiheistus ja kokoonpanojärjestys saadaan hienosäädettyä virheettömäksi kokoonpanon edetessä. Mahdollisten vaiheistusvirheiden korjaus testikoneen koonnassa vaatii vaiheistuksen päivityksen lisäksi osien järjestämisen varastosta kokoonpanopaikalle tarvittaessa. Joidenkin osakokonaisuuksien rajapinnat eivät käy selvästi ilmi kokoonpanokuvista ja muutostarpeita löytyy optimaaliseen kokoonpanojärjestykseen pyrittäessä vasta konetta koottaessa.

Testikoneiden kokoonpanon yhteydessä kerätään myös havaintoja kokoonpanotavuuden kannalta suunnittelumuutoksia vaativista kohteista. Ensimmäisten linjakoneiden perusteella havaintoja löytyi vielä runsaasti kokoonpanon yhteydessä kriittisemmin tarkasteltaessa, vaikka Normet Andon -prosessi oli jo käyty läpi ja suurin osa muutoksista saatu tuotantoon. Kokoonpanon edetessä standardoidut työohjeet tehdään loppuun ja jo tehtyihin esikokoonpanon ohjeisiin päivitetään mahdollisten muutokset.

### **5.3.9 Tasapainotus**

Linjakokoonpanossa tuotantojärjestys tasapainotetaan linjan toiminnan kannalta optimaaliseksi. Erimallisten koneiden tuotantojärjestys täytyy suunnitella tuotannon tasapainon saavuttamiseksi. Erilaisen kokoonpanon työmäärän vaativia koneita sijoitetaan tuotantoon sekaisin kuormituksen tasaamiseksi. Linjaa voidaan tasapainottaa tarvittaessa esikokoonpanoa lisäämällä tai vähentämällä erityyppisissä koneissa.

Työmenetelmien vakioitumisen ja työntekijöiden harjaantumisen jälkeen työvuorojen sisältö vaatii hienosäätöä vuorojen sisältöjen ja linjan kuormituksen tasapainottamiseksi. Työvuorojen työkuorma selvitetään työtehtäväkohtaisesti ja vaiheistus muokataan tarvittaessa vuorojen työkuorman tasoittamiseksi. Uutta vai-

heistusta suunniteltaessa työtehtävät jaettiin kokonaisuuksien rajapintojen kannalta edullisesti, joten tasapainotuksessa on syytä huomioida työtehtävien sisältö.

### **5.3.10 Tuotannonohjaus ja logistiikka**

Tuotannonohjausjärjestelmän osalta linjakokoonpano vaatii muutoksia ajoituksiin ja esikokoonpanoon. Linjan häiriöttömyyden varmistamiseksi materiaalien reititykseen lisätään puskuriaikaa, jolla saadaan pelivaraa osatoimitusten viivästyminen tai virheellisten osien varalle. Esikokoonpanoon siirrettäville uusille osakokonaisuuksille perustetaan työt ja arvioidaan tarvittava työaika kokoonpanoon. Tällöin työkuorman arviointi ja tuotannon tasapainotus ovat mahdollisia esikokoonpanossa.

Sisäiselle logistiikalle linjakokoonpano aiheuttaa muutoksia osien keräilyyn. Vaiheita on linjakokoonpanoa varten enemmän kuin paikkakokoonpanossa. Tämän takia osia on vaihetta kohti vähemmän kerättävänä mutta keräily joudutaan suorittamaan useammin konetta kohti. Hydrauliikkaletkut kerätään vaiheittain letkukärryihin, kun paikkakokoonpanossa asentajat hakevat hyllystä itse tarvittavat letkut. Uusi konemalli ei aiheuta käytäntöihin eroa kuin erilaisten osien osalta. Keräily ja logistiikka toimivat kuten muidenkin konemallien tuotannossa.

Kokoonpanoon tarvittavat kiinnitystarvikkeet ja hydrauliikkaliittimet varastoidaan pyörillä liikkuviin hyllyihin linjalle paikkakohtaisen tarpeen mukaan. Hyllyihin kerättävät tarvikkeet poimitaan tuoterakenteesta ennen tuotannon aloitusta. Tuotannon alettua kirjataan muistiin hyllystä puuttuneet ja käyttämättä jääneet osat. Kiinnitystarvikkeiden osalta vaiheistusta ei voida tehdä täydellisesti nimikkeiden lukuisten käyttökohteiden ja suuren kappalemäärän vuoksi, joten tarkennus joudutaan tekemään manuaalisesti.

Puskurivarastointi linjalla kokoonpantaville koneille järjestetään vähintään kriittisille osille, jotka puuttuessaan pysäyttävät tuotannon. Läpimenoajan lyhentämiseksi pitkiä toimitusaikoja vaativia osia voidaan joutua pitämään puskurivarastoituna.

### 5.3.11 Aika ja resurssit

Kehitystyöhön tarvittavien resurssien arvio on karkea johtuen useasta työtä tehneestä henkilöstä. Suunnittelumuutoksien ja Normet Andon -prosessissa löydettyjen ongelmien ratkaisuun käytettyä aikaa ei huomioitu tässä työssä, koska aika vaihtelee konemallin tuoterakenteen mukaan. Varsinaisesti suunnittelu-aikaa ei ole käytetty pelkästään linjakokoonpanoprojektin tarpeisiin, koska kunnossa oleva tuoterakenne on tärkeää tuotantotavasta riippumatta.

Nykytilan selvitykseen aikaa käytettiin yhteisesti palavereissa noin 8 tuntia. Palaverihin osallistui kaksi asentajaa ja yhdestä kahteen henkilöä tuotannon kehityksestä.

Uuden vaiheistuksen suunnitteluun käytettiin noin 24 tuntia. Suunnitteluun osallistui kaksi asentajaa ja kaksi henkilöä tuotannon kehityksestä. Lisäksi Sovelian päivitys palaverien ulkopuolella vei aikaa noin 15 tuntia. Testikoneen seuranta ja vaiheistuksen hienosäätö vaativat aikaa kokoonpanon läpimenoajan eli 150 tuntia. Testikoneen seuranta tapahtui täysipäiväisesti ja aikaan sisältyi paljon linjan ylösajon vaatimaa työskentelyä, joten jatkossa seurannan ei tarvitse olla täysipäiväistä.

Kokoonpantavuutta parantavien ja vaiheistuksessa esille tulleiden suunnittelumuutosten ja ratkaisujen parannuskohteiden ideointiin, kohteiden selvitykseen ja kirjaukseen käytetty aika sisältyi testikoneen seuranta-aikaan. Suunnittelumuutostarpeiden ja ratkaisujen parannusehdotusten esittely vei aikaa 8 tuntia neljältä henkilöltä.

Standardoitujen työohjeiden tekoon vaadittiin ensimmäisen konemallin kohdalla kolmen kuukauden työpanos yhdeltä henkilöltä. Ohjeiden ajan tasalla pitämiseen tarvitaan resursseja tulevaisuudessakin, kun osiin tai rakenteisiin tulee muutoksia.

## 6 YHTEENVETO

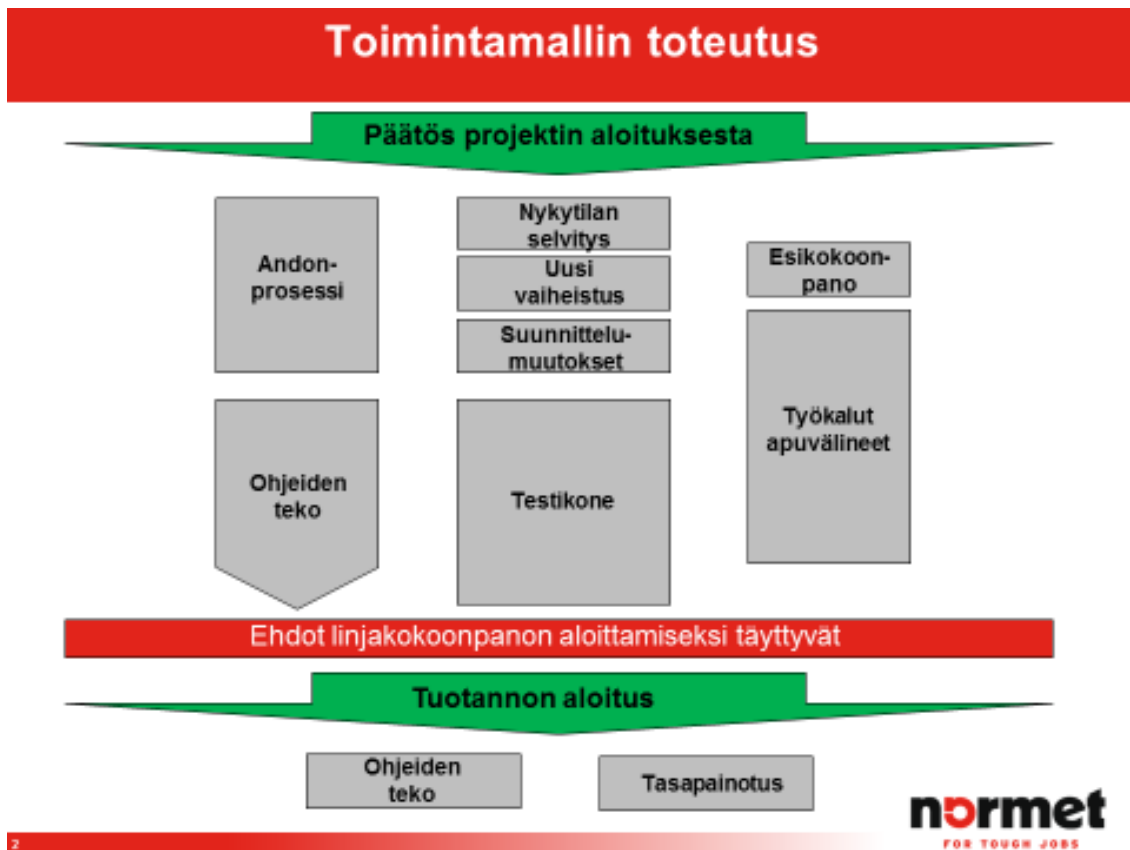
Tämän opinnäytetyön tuloksena yrityksen käytettäväksi syntyi tavoitteena ollut toimintamalli uusien konemallien tuomiseksi linjalle. Työssä saatu tieto selkeyttää jatkossa toteutettavia vastaavia projekteja ja antaa lähtökohdan projektien suunnittelulle. Toimintamallin avulla voidaan arvioida konemallin linjatuotantoon siirtämisen työmäärää ja luoda projektille projektisuunnitelma.

Toimintamallin vaiheiden sisältö on syntynyt käytännön työskentelyn aikana tehtyjen havaintojen perusteella. Sisältöä ohjasi teoriasta pohjautuva ajatus selkeydestä ja keskittymisestä arvoa tuottavaan työhön ja virtaukseen. Laatumenetelmien teoriaa hyödyntäen pyritään aiempaa parempaan laatuun ja kustannustehokkuuteen.

Työssä selvitettiin ehdot, joiden tulee täytyä ennen uuden konemallin linjatuotannon aloittamista. Kokoonpanolinjan toiminnan kannalta oleelliset ehdot määritettiin yhteistyössä työtä ohjanneen tuotantopäällikön kanssa toimintamallia apuna käyttäen. Tuloksena syntyi myös Powerpoint-esitys toimintamallin vaiheista ja vaiheiden sisällöstä tämän työn visuaaliseen esitykseen.

### 6.1 Toimintamalli linjakokoonpanoon siirtymiseksi

Ensimmäinen tutkimuskysymys koski toimintamallin keskeisimpiä vaiheita. Työn tavoitteen mukaisesti keskeisimmät vaiheet uuden tuotteen siirtämiseksi linjakokoonpanoon selvitettiin ja nämä vaiheet on esitelty kuvassa 7. Vaiheiden sisältö on esitelty työn luvussa 5.3.



KUVA 7. Toimintamallin toteutus

Toisen tutkimuskysymyksen tavoitteena oli selvittää ehdot, joiden pitää täytyä ennen uuden konemallin linjakokoonpanon aloittamista. Ehdot ovat seuraavat:

- koneen tuoterakenteen on oltava kunnossa ennen linjakokoonpanon aloitusta
- osien on sovittava paikoilleen kokoonpanossa ilman muutoksia
- kokoonpanokuvista on löydyttävä paikka jokaiselle käytettävälle osalle
- työmäärä on saatava linjan tahtiin sopivaksi.

Kunnossa oleva tuoterakenne sisältää kaikki kokoonpanoon tarvittavat osat, kokoonpanopiirustukset ja ohjeet. Moduulien rajapintojen tulee olla selkeät kokoonpanon näkökulmasta. Osille on löydyttävä tuoterakenteen kokoonpanokuvista asennuspaikka ja -tapa kokoonpanon vakioimiseksi.

Kolmas tutkimuskysymys käsitteli uuden konemallin linjakokoonpanoon tuomisen aiheuttamia onnistumisia ja ongelmia. 20 vuoron tahtiaika on linjakokoonpanossa aika, johon kokoonpanotyöt on saatava sovitettua. Jos konemalli on monimutkainen ja vaatii pidemmän kokoonpanoajan, linjalla tapahtuva kokoonpano ei ole mahdollista nykyisellä mallilla. Jos konemalli saadaan sovitettua linjalle peruskoneena, optiot eivät voi lisätä kokoonpanoaikaa loppukokoonpanossa. Merkitävästi kokoonpanoaikaan vaikuttavien optioiden sovittamiseksi tahtiaikaan voidaan suunnitella esikokoonpanon lisäämistä. Mikäli konemallin kokoonpanoaikaa ei saada sovitettua linjan tahtiaikaan, kokoonpanoa on jatkettava paikkakokoonpanona.

Työvuorokohtainen vaiheistus ohjaa työskentelyä ja kokoonpanojärjestystä visuaalisesti vähentäen osien etsimistä ja järjestyksen miettimistä. Paikkakokoonpanoon verrattuna työskentely on selkeämpää eikä osalavoja tarvita kokoonpanopaikalla useita kerrallaan, mikä lisää viihtyisyyttä ja turvallisuutta. Työntekijöiden keskuudessa selkeys ja työn ohjautuvuus osien perusteella koettiin työn mielekkyyttä lisääväksi ja nopeuttavaksi.

Nostoapuvälineiden kehitys on nopeuden lisäksi tärkeä työturvallisuustekijä. Linjakokoonpanossa on paikkakokoonpanoa edullisempaa ottaa käyttöön nostoapuvälineet samanlaisten nostotöiden suuremman toistuvuuden myötä. Apuvälineet parantavat tuottavuutta aiempaan verrattuna, koska useat nostoista vaativat paljon suunnittelua ja tasapainotusta.

Tällä hetkellä linjakokoonpanossa työskentelevät työntekijät ovat uusia työntekijöitä vailla tuntemusta useista konemalleista. Työvuorojen sisällön suunnittelun perustana toimintamallissa on, että ennen kokoonpanoa linjalla asentajilla on tieto koneen koonnasta ja toiminnasta. Siksi tarvittava perehdytys on suoritettava ennen kokoonpanon aloittamista töiden sujuvuuden takaamiseksi. Töiden alkessa suoritettava TWI-koulutus vaatii työtä ja panostusta ohjeiden tekemiseen. Koulutus on välttämätöntä ja vaatii suuren työpanoksen tuotannon alkuvaiheessa. Työntekijöiden kokemattomuus hidastaa työskentelyä eikä anna todellista kuvaa linjakokoonpanolla saavutettavasta hyödystä ennen harjaantumista.

Suurimpana ongelmana linjakokoonpanossa tällä hetkellä on osatoimitusten epävarmuus. Virheellisten tai myöhässä toimitettujen osien pysäyttäessä linjatuotannon osittainen puskurivarastointi on pakollinen. Yhteistyöllä toimittajien kanssa ongelmia on mahdollista vähentää. Linjakokoonpano toisaalta tuo ongelmat esiin ratkaistavaksi, mikä kehittää prosesseja jatkuvasti paremmiksi.

## **6.2 Toimintamallin arviointi**

Työn aikana linjakokoonpanoon siirretyn konemallin tuotanto alkoi onnistuneesti. Jatkoa ajatellen tämän työn aikana tehdyn toimintamallin avulla uuden konemallin tuominen kokoonpanolinjalle on selkeämpää ja aikataulutusta ja vastuun jako projektiin osallistuville on mahdollista tehdä tarkemmin projektia suunniteltaessa.

Vahvuutena tässä työssä on käytännönläheisyys jo toteutetun yhden linjakokoonpanoon siirretyn konemallin ansiosta. Suuria epäonnistumisia ensimmäisen kokoonpanolinjalle tuodun koneen kokoonpanoa seurattaessa ei havaittu. Heikkouksena voidaan pitää toteutuksen vähäistä mittausta. Todellista kokoonpanoaikaa esimerkiksi ei ole voitu mitata edelleen ylösajovaiheessa olevan kokoonpanolinjan takia.

Tämän työn toteutuksen aikana linjan tasapainotusta ei ole ehditty aloittaa, koska linja on vielä ylösajovaiheessa. Linjakokoonpanoa varten tehty vaiheistus oli kuormituksen osalta onnistunut eikä suurille muutoksille ilmennyt tarvetta tämän työn aikana. Jatkokehitysehdotuksena tuotannon tasapainotus olisi ajankohtainen seuraavana projektina. Tasapainotus vaatii työvaiheiden vaatimien työaikojen nykyistä tarkemman selvityksen tekijöiden harjaannuttua ja opittua linjakokoonpanon työmenetelmät. Tasapainotukselle on nähtävissä jo selkeä tarve.

## LÄHTEET

Haverila, Matti J – Uusi-Rauva, Erkki – Kouri, Ilkka – Miettinen, Asko 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere: Infacs Oy.

Hokkanen, Simo – Karhunen, Jouni – Luukkainen, Martti 2011. Johdatus logistiiseen ajatteluun. 6., uudistettu painos. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.

Kajaste, Veikko – Liukko, Timo 1994. Lean-toiminta, suomalaisten yritysten kokemuksia. Tampere: Tammerpaino Oy.

Kärkkäinen, Vesa 2017. Teollinen perinne kantaa. Savon Sanomat 2.10.2017. S. 25.

Lapinleimu, Ilkka – Kauppinen, Veijo – Torvinen, Seppo 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.

Lapinleimu, Ilkka 2007. Ideaalitehdas. 3., uudistettu painos. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Lehtonen, Juha-Matti 2004. Tuotantotalous. Helsinki: WSOY.

Liker, Jeffrey 2010. Toyotan tapaan. Suom. Marko Niemi. Jyväskylä: WS Bookwell Oy.

Modig, Niklas – Åhlström, Pär 2016. Tätä on lean. 6. painos. Suom. Maarit Tillman. Tukholma: Bulls Graphics AB.

Normet Company Presentation. Sisäinen dokumentti. Normet Group Oy.

Normet for Tough Jobs. 2016. Esite. Normet Group Oy.

Normet LF600 Agitator. 2014. Datalehti. Normet Oy.

Normet LF700 Agitator. 2017. Datalehti. Normet Oy.

Normet Spraymec 8100 VC. 2016. Datalehti. Normet Oy.

Normetin omistuspohja vaihtuu. 2005. Turun Sanomat 31.5.2005. Saatavissa <http://www.ts.fi/uutiset/talous/1074034672/Normetin+omistuspohja+vaihtuu>. Hakupäivä 5.10.2017.

Orion myy Normet-yksikkönsä. 1999. Taloussanomat 12.1.1999. Saatavissa <https://www.is.fi/taloussanomat/art-2000001298581.html>. Hakupäivä 5.10.2017.

Sakki, Jouni 2003. Tilaus - toimitusketjun hallinta. 6., uudistettu painos. Espoo: Hakapaino Oy.

Sarvela, Jeremias 2008. Kronologia. Saatavissa <http://www.jussisarvela.com/kronologia.html>. Hakupäivä 5.10.2017.

Tikka, Tapio. Ilmakuva Normet. Normet Oy. Saatavissa: [http://global.normet.com/inet/normet2/akpmedia.nsf/Resources/Normet\\_factory\\_1b.jpg/\\$file/Normet\\_factory\\_1b.jpg](http://global.normet.com/inet/normet2/akpmedia.nsf/Resources/Normet_factory_1b.jpg/$file/Normet_factory_1b.jpg) Hakupäivä 17.10.2017.

Utimec LF600 Agitator. 2015. Normet Oy. Saatavissa: [http://global.normet.com/tuotteet/Utimec\\_1600\\_Agitator\\_fi](http://global.normet.com/tuotteet/Utimec_1600_Agitator_fi). Hakupäivä 17.10.2017.

Varastotyypit ja -tekniikka. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Saatavissa <http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/varastotyypit-ja-tekniikka/>. Hakupäivä 4.12.2017.