



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Samuli Holmström

# Tuotannon läpimenoajan mittaaminen ja tehostaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tuotantotalous

Insinöörityö

28.4.2020

Tekijä Otsikko	Samuli Holmström Tuotannon läpimenoajan mittaaminen ja tehostaminen
Sivumäärä Aika	21 sivua 28.4.2020
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Tuotantotalous
Ammatillinen pääaine	ICT
Ohjaajat	Laitospäällikkö, Kohdeyritys Lehtori Harri Hiljanen
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää suomalaiselle ympäristöhuoltoalan yritykselle, kuinka paljon heidän yhden tuotantolaitoksensa tuotantolinjasto pystyy käsittelemään jätettä tunnissa ja miten tuotantoa voitaisiin kehittää entisestään. Tavoitteena oli saada entistä parempi kuva tuotantolinjaston nykytilasta sekä löytää tuotantoa tahdittava vaihe eli pullonkaula ja antaa kehitysehdotuksia tuotannon tehostamiseksi.</p> <p>Työ aloitettiin tutkimalla kirjallisuutta prosessien mittaamisesta ja kehittamisestä. Tämän avulla saatiin laaja ymmärrys siitä, miten tuotantoa tulee mitata ja miten sitä voidaan kehittää. Kirjallisuutta kerättiin laajasti eri lähteistä, jotta saatiin mahdollisimman luotettava kuva parhaista käytänteistä.</p> <p>Tämän jälkeen siirryttiin analysoimaan ja mittaamaan kohdeyrityksen tuotantolinjaston nykyistä tilaa. Tuotantolinjaston nykytilasta kerättiin tietoa haastattelemalla kohdeyrityksen työntekijöitä, analysoimalla kohdeyrityksen sisäisiä dokumentteja, analysoimalla tuotantolinjastoa paikan päällä ja suorittamalla mittaus tuotantolinjastolle.</p> <p>Insinööriyön lopputuloksena saatiin tarkka kuva tuotantolinjaston nykytilasta ja sen kehityskohteista. Lopputuloksen tärkein anti oli tarkka kuva koko tuotantolinjaston läpimenoajasta ja eri vaiheiden vaiheajoista, sekä kehitysehdotukset, miten tuotantolinjaston eri vaiheiden kapasiteetteja kannattaa tasoittaa, jotta tuotantolinjastosta syntyvän jätteen laatu paranee.</p> <p>Insinööriyön lopputuloksien avulla kohdeyritys pystyy jatkossa suunnittelemaan tuotantonsa paremmin. Myös tuotantolinjaston eri vaiheet saatiin tasattua, jolloin osa vaiheista ei tuota ylituotantoa ja tuotannossa syntyvän jätteen laatu paranee.</p>	
Avainsanat	Tuotannon mittaaminen, tuotannon kehittäminen, läpimenoaika

Author Title	Samuli Holmström Measuring and Enhancing Production Lead Time
Number of Pages Date	21 pages 28 April 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Industrial Management and Engineering
Professional Major	International ICT Business
Instructors	Site Manager, Case Company Harri Hiljanen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to find out for a Finnish environmental maintenance company how much the production line of one of their production plants can handle waste per hour and how production could be further developed. The aim was to get a better picture of the current state of the production line and to find its bottleneck. In addition to this, the aim was also to give development proposals to increase production efficiency.</p> <p>The work began by studying existing literature on measuring and developing processes. This provided a broad understanding of how production should be measured and how it can be developed. The literature was explored extensively from a variety of sources to provide the most reliable picture of best practices.</p> <p>This was followed by an analysis and measurement of the current state of the target company's production line. Information on the current state of the production line was collected by interviewing the employees of the target company, analyzing the internal documents of the target company, analyzing the production line on site and performing a measurement on the production line.</p> <p>The outcome of the thesis is an accurate picture of the current state of the production line and its development targets. The main result of the outcome was an accurate picture of the lead time of the entire production line and the phase times of the different phases, as well as development proposals on how to balance the capacities of the different phases of the production line in order to improve the quality of the waste generated by the production line.</p> <p>The results of the thesis will enable the target company to plan its production better in the future. The different phases of the production line were also evened out, so that some phases do not produce overproduction and the quality of the waste generated in production improves.</p>	
Keywords	Production measurement, production development, lead time

# Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	Tutkimussuunnitelma- ja menetelmät	3
2.1	Tutkimussuunnitelma	3
2.2	Tutkimusmenetelmät	4
3	Teoriaa tuotannon prosesseista, mittaamisesta ja tehostamisesta	5
3.1	Prosessin määritelmä	5
3.2	Prosessien kuvaaminen	6
3.3	Prosessien kehittäminen	7
3.4	Toiminnanohjaus	8
3.4.1	Kapasiteetti	10
3.4.2	Esteiden teoria (TOC)	11
3.5	Prosessien ja suorituskyvyn mittaaminen	12
3.6	Lean	14
3.7	Läpäisy aika	15
4	Tuotannon nykytila-analyysi	17
5	Tulokset ja kehitysehdotukset	18
6	Yhteenveto	19
	Lähteet	20

## 1 Johdanto

Tuotannolla tarkoitetaan yleisesti jonkin tuotteen tai palvelun tuottamista. Kasvava kilpailu yrityksiensä välillä saa yritykset miettimään, miten tuotantoa voitaisiin saada kustannustehokkaammaksi. Yksi tärkeä tuottavuuden mittari on tuotannon läpimenoaika, joka kertoo, kuinka kauan jonkin tuotteen tai palvelun tuottamiseen menee aikaa. Tuotanto voi koostua monista eri linjoista, jolloin jokin linja voi hidastaa tuotantoa ja näin rajoittaa tuottavuutta. Tällainen ongelma voidaan ratkaista esimerkiksi lisäämällä tuotantoa hidastavan linjan kapasiteettia.

### *Työn tutkimusongelma, tavoite ja tuotokset*

Tämä opinnäytetyö toteutetaan ympäristöhuoltoalalla toimivalle suomalaiselle kohdeyritykselle. Työ on rajattu koskemaan kohdeyrityksen yhden tuotantolaitoksen tuotantolinjaa. Yrityksessä on pidempään pohdittu, paljonko jätettä heidän tuotantolaitoksensa pystyy prosessoimaan päivässä. Tuotantolinjan läpimenoaika on pystytty arvioimaan, mutta tarkkaa tulosta ei ole aikaisemmin mitattu. Jotta tuotantoa voidaan tehostaa, tulisi ensin tietää tuotannon läpimenoaika, sekä sen eri vaiheiden vaiheajat, jotta saadaan tietoon tuotannon mahdollinen pullonkaula ja tuotantoa tahdittava vaihe.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää kohdeyritykselle, kuinka paljon jätettä heidän tuotantolaitoksensa pystyy prosessoimaan tunnissa ja voidaanko tuotantoa tehostaa siten, että tuotantolinja pystyisi prosessoimaan jätettä enemmän tunnin aikana tai voitaisiinko tuotannosta syntyvän jätteen laatua parantaa tasoittamalla tuotannon eri vaiheita. Työn tavoitteena on myös löytää ja tuoda esiin tuotannossa ilmeneviä mahdollisia haasteita, joihin reagoimalla voitaisiin tuotantoa myös parantaa.

Työn tuloksena halutaan saada tarkka kuva tuotannon nykytilasta sekä kehitysehdotuksia siitä, miten sitä voitaisiin kehittää. Tuotoksessa tulee käymään ilmi, mikä on tuotantoa tahdittava vaihe sekä miten tuotantoa voitaisiin kehittää jatkossa laadukkaammaksi. Näin kohdeyritys saa entistä paremman kuvan heidän tuotantonsa nykytilasta, joka helpottaa tuotannon suunnittelua sekä kehitysehdotuksia tuotantolinjan kehittämiseen.

### *Insinöörityön rakenne*

Tämä opinnäytetyö sisältää kuusi eri lukua: johdannon, tutkimusmenetelmät ja aineiston hankinnan, nykytila-analyysin, teoriaosuuden, ratkaisuehdotukset sekä yhteenvedon.

Ensimmäisessä luvussa kerrotaan työn taustasta sekä kohdeyrityksestä, jolle työ suoritettiin. Luvussa selviää myös opinnäytetyön kehityshaaste, työn tavoitteet sekä suunnitellut tuotokset. Tämän jälkeen toisessa luvussa kerrotaan opinnäytetyössä käytettävistä tutkimusmenetelmistä, miten työssä käytettävät aineistot on hankittu, sekä käydään läpi työn tutkimussuunnitelma ja työn kulku.

Luku 3 sisältää opinnäytetyön kirjallisuustutkimuksen. Kirjallisuustutkimuksessa käsitellään opinnäytetyön aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, jonka avulla saadaan kerättyä relevanttia informaatiota tuotannon mittaamisesta ja kehittämistä. Tämä auttaa merkittävästi siirryttäessä seuraavaan lukuun 4, jossa rakennetaan kohdeyrityksen tuotannon nykytila-analyysi.

Viides luku sisältää tuotantolinjan mittauksessa saadut tulokset ja niiden analysoinnin, sekä kehitysehdotuksia tuotannon kehittämiseksi. Tämän jälkeen siirrytään viimeiseen lukuun, johon on kerätty työn yhteenveto, eli kuinka työ eteni alusta loppuun ja kuinka työlle asetetut tavoitteet saavutettiin.

### *Tietoa kohdeyrityksestä*

Kohdeyritys on suomalainen ympäristöhuoltoalan yritys, jolla on toimipisteitä ympäri Suomea, jonka johdosta yrityksellä on koko Suomen kattava keräysverkosto. Yritys työllistää noin 350 työntekijää 14 eri paikkakunnalla.

Kohdeyritys tarjoaa palveluja sekä yksityiselle sektorille että yritysasiakkaille. Yrityksen tarjoamia palveluita ovat muun muassa perusjätehuolto, materiaalien kierrätys ja hyötykäyttö, kiertotalouspalvelut, ympäristöraportointi, jätehuoltokartoitus sekä useita muita palveluja. Yritys edistää kiertotaloutta ja pyrkii etsimään koko ajan uusia innovaatioita sen eteenpäinviemiseen.

## 2 Tutkimussuunnitelma- ja menetelmät

Tässä luvussa käydään ensin läpi työn tutkimussuunnitelma ja sen jälkeen opinnäyte-työssä käytettävät menetelmät ja materiaalit sekä niiden hankinta.

### 2.1 Tutkimussuunnitelma

Tässä alaluvussa käydään läpi tarkemmin, miten työ etenee, mitä aineistoja on käytetty missäkin työn vaiheessa ja mihin nämä vaikuttavat. Tutkimussuunnitelma on kuvattu kuvassa 1.



Kuva 1. Tutkimussuunnitelma.

Kuten kuvasta 1 ilmenee, työssä käytettävät aineistot löytyvät kuvan vasemmasta laidasta, kuvan keskeltä löytyy työn eri tutkimusvaiheet ja kuvan oikeasta laidasta löytyy kyseisen tutkimusvaiheen tuotos.

Ensimmäiseksi työlle asetettiin työn tavoite: saada tarkka kuva tuotannon nykytilanteesta, erityisesti läpimenoajasta, sekä antaa kehitysehdotuksia tuotannon kehittämiseksi. Kun työn tavoite oli määritelty ja työn aihe rajattu, siirryttiin seuraavaan vaiheeseen tutkimaan aiheeseen liittyvää kirjallisuutta. Tässä vaiheessa etsittiin ja tutkittiin monipuolisesti kirjallisuutta prosessien kehittämisestä ja mittaamisesta. Tämän avulla saatiin käsitteellinen viitekehys, joka auttoi nykytila-analyysin tekemisessä sekä kehitysehdotuksien laatimisessa.

Seuraavassa vaiheessa rakennettiin kohdeyrityksen tuotannon nykytila-analyysi. Tämän vaiheen aineistona käytettiin kohdeyrityksellä käytyjä keskusteluja ja palavereja yrityksen työntekijöiden kanssa sekä yrityksen sisäisiä dokumentteja. Vieraillemalla tuotantolaitoksella ja havainnoimalla sekä analysoimalla tuotantolinjaa saatiin myös hyvää aineistoa nykytila-analyysiin. Tuotokseksi tästä vaiheesta saatiin kohdeyrityksen tuotantolaitoksen tuotannon tämänhetkinen läpimenoaika ja vaiheajat sekä ymmärrys tuotannon eri vaiheista ja niiden kehitystarpeesta.

Kun nykytila-analyysi saatiin rakennettua, siirryttiin seuraavaan vaiheeseen, jossa rakennettiin kohdeyritykselle hyvä kuva tuotannon tämänhetkisestä tilasta, sekä annettiin kehitysehdotuksia tuotannon kehittämiseksi. Ehdotukset pohjautuvat työn toisessa vaiheessa kirjallisuudesta saatuihin parhaisiin käytäntöihin, sekä kolmannessa vaiheessa nykytila-analyysin avulla saatuihin kehityskohteisiin. Kehitysehdotuksiin kerättiin tietoa myös kohdeyrityksen työntekijöiltä saatujen keskustelujen pohjalta, eli mitä kehityskohteita he itse huomaavat tuotannossa. Tämän vaiheen tuotokseksi saatiin kehitysehdotukset kohdeyrityksen tuotannon kehittämiseksi sekä selvä kuva tuotannon nykytilasta.

## 2.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmillä tarkoitetaan tutkimuksen aineiston hankinta- ja analysointimetoja. Tutkimusmenetelmä kannattaa valita sen pohjalta, millä tekniikalla saa parhaiten vastauksen tutkimusongelmaan. (Tutkimusmenetelmät ja tutkimusaineistot.)

Tämä työ on suoritettu laadullisena, eli kvalitatiivisena tapaustutkimuksena, sekä määrällisenä eli kvantitatiivisena tutkimuksena. Kvalitatiivinen tutkimustapa soveltuu hyvin kehittämistyön lähestymistavaksi, kun tehtävänä on tuottaa kehitysehdotuksia. Aineisto



tutkimukselle kerätään luonnollisista tilanteista, esimerkiksi haastattelemalla, tilanteita havainnoimalla tai analysoimalla kirjallista aineistoa. Kvalitatiivinen tutkimustapa soveltuu numeerisiin ja prosenttiosuuksiin liittyviin kysymyksiin. Tällä saadaan tarkkaa tietoa esimerkiksi jonkin tietyn prosessin toimintakyvystä. (Ojasalo ym. 2009.)

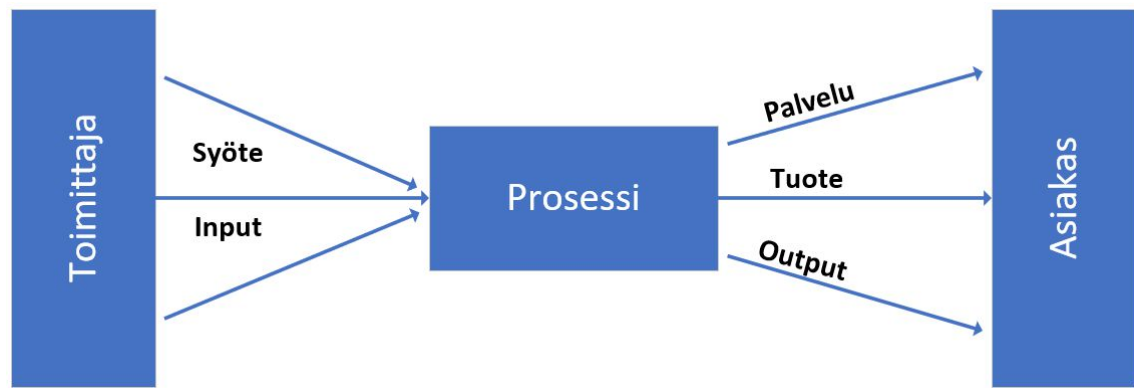
Tässä opinnäytetyössä yrityksen nykytilasta kerättiin tietoa haastattelemalla sekä vapaasti keskustelemalla kohdeyrityksen laitosjohtajan sekä työnjohtajan kanssa. Tietoa kerättiin myös analysoimalla yrityksen sisäisiä dokumentteja, vieraillemalla ja analysoimalla tuotantolinjaa paikan päällä useita kertoja sekä suorittamalla läpimenoajan mittaus tuotantolaitoksella, josta saatiin selville tuotantolinjan tämänhetkiset eri vaiheiden maksimikapasiteetit sekä koko tuotantolinjan maksimikapasiteetti. Opinnäytetyöhön liittyvää kirjallisuutta on käytetty myös laajasti kolmannessa luvussa, jossa kerätään tietoa tuotannon mittaamisesta ja tehostamisesta.

### **3 Teoriaa tuotannon prosesseista, mittaamisesta ja tehostamisesta**

Tässä luvussa tutkitaan kirjallisuutta prosesseista, prosessien kuvaamisesta, prosessien kehittämisestä, tuotannon ohjauksesta, läpäisyajasta sekä leanista. Teoriaa on kerätty laajasti käyttämällä useita eri lähteitä, jotta tieto on luotettavaa ja kattavaa. Tällä tavalla saadaan laaja ja hyvä viitekehys tuotannon mittaamiseksi ja tehostamiseksi.

#### **3.1 Prosessin määritelmä**

Prosessi on perättäisten toimintojen sarja, joilla suoritetaan yksi tai useampi yrityksen toiminto. Prosessiin sisältyy henkilökunta, raaka-aineet, koneet ja toimintatavat, joilla tuotetaan tuotetta tai palvelua. Yksinkertaistettuna prosessi koostuu resursseista, toiminnasta ja tuotoksesta, joihin liittyy suorituskyky. Kuvassa 2 on esitetty prosessi, jossa syötteellä (input) tarkoitetaan tietoa ja materiaaleja, jotka jalostuvat prosessissa ja määritelmän tuotoksilla tarkoitetaan sekä prosessin tuotteita tai palvelua (output) että myös prosessilla aikaan saatavaa suorituskykyä. Laamanen (2001) suosittelee seuraavaa määritelmää prosessille: ”Toimintaprosessi on joukko loogisesti toisiinsa liittyviä toimintoja ja niiden toteuttamiseen tarvittavat resurssit, joiden avulla saadaan aikaan toiminnan tulokset”. (Laamanen 2001.)



Kuva 2. Prosessin määritelmä (mukaillen Laamanen 2001).

Vaikka määritelmässä ei erikseen mainitakaan palautteen merkitystä, on se kuitenkin tärkeä lisä prosessiin. Prosessit kehitetään yleensä sen takia, että on olemassa jotakin toistuvaa, jota voidaan myös kehittää. (Laamanen 2001.)

Laamasen (2001) mukaan prosessit kannattaa luokitella ydin- ja tukiprosesseiksi, joista valitaan yrityksen avainprosessit. Ydinprosesseilla tarkoitetaan sellaisia prosesseja, joissa syntyy yrityksen jalostusarvo ja joille on ominaista suora yhteys asiakkaaseen. Tukiprosessit ovat luonteeltaan sisäisiä prosesseja, jotka luovat edellytykset varsinaisten ydinprosessien toiminnalle.

### 3.2 Prosessien kuvaaminen

Jotta prosesseja voidaan kehittää, on ne kuvattava ensin. Prosessien kuvaamisen tarkoitus on helpottaa prosessien ymmärtämistä sekä osoittaa niiden kehityskohteita. Kuvauksen vaikeus viestii yleensä liian monimutkaisesta prosessista. Kuvauksen avulla myös mittareiden tunnistaminen ja vastuiden määrittäminen usein helpottuu. Lisäksi kuvaamisella saavutetaan myös seuraavia hyötyjä:

- Toimintojen väliset vastuualueet selkiytyvät.
- Sisäinen työnjako tarkentuu.
- Saadaan perusta sisäisiin toimittaja-asiakas-keskusteluihin.

- Tarpeettomien toimintojen karsiminen helpottuu.
- Uusien työntekijöiden perehdyttäminen helpottuu.
- Ongelmien havaitseminen ja ratkaiseminen helpottuu.

Prosessien kuvaaminen saattaa myös tarkentaa prosessien rajojen määrittelyä tai jopa edellyttää, että rajat määritellään uudelleen. (Kvist ym. 1995; JHS 152 Prosessien kuvaaminen 2012.)

Prosessin kuvaamisen ongelmakohta on sen kuvauksen tarkkuus. Hyvin tarkka kuvaus on todella työläs ja se saattaa myös tehdä sen vaikeasti ymmärrettäväksi. Liian pinnallinen kuvaus taas ei saa prosessin mahdollisia ongelmakohtia esille, koska kuvaus ei mene konkreettisen toiminnan tasolle. (Kvist ym. 1995.)

Prosessien kuvaaminen on osa niiden kehittämistä. Prosessien kuvaamisen lähtökohdiana on pidettävä se, miksi prosessi kuvataan. Prosessikuvausten tulee olla tarkoituksenmukaisia sekä niiden on tuotava hyötyä. (JHS 152 Prosessien kuvaaminen 2012.)

### 3.3 Prosessien kehittäminen

Prosessien kehittäminen liittyy aina yrityksen muuhun kehittämiseen ja suunnitteluun. Sen takia kehittämisellä tulee olla pohjana samat strategiat, visiot ja toimintaperiaatteet, kuin ne, jotka ohjaavat yrityksen toimintaa. Prosessien kehittämiselle tulee varata myös riittävästi resursseja ja kehittämisellä tulee olla selkeä tavoite. Muutos ei saa jäädä ikinä kertaluontoiseksi, vaan sen pitää johtaa jatkuvaan kehittämiseen ja vaikutusten mittaamiseen. (JHS 152 Prosessien kuvaaminen 2012.)

Prosessien jatkuva kehittäminen auttaa varmistamaan, että prosessi täyttää sille asetetut tavoitteet, vaikka prosessi onkin muuttunut. Jatkuva parantaminen kohdistuu useasti organisaation tukiprosesseihin, kuten toimintaan ja kumppanuuteen liittyvien prosessien kehittämiseen. (Laamanen 2005.)

Prosessien kehittämisellä voi olla monia eri tavoitteita, mutta yleensä sillä pyritään tehostamaan toimintaa, parantamaan toiminnan laatua ja palvelutasoa, hallitsemaan ongelmatilanteita sekä kustannussäästöihin. Tämä voi tarkoittaa asioiden uudelleen keskittämistä, päällekkäisten työvaiheiden poistamista tai rinnakkaisvaiheiden lisäämistä läpimenoajan nopeuttamiseksi. (JHS 152 Prosessien kuvaaminen 2012.)

Usein kehittäminen lähtee liikkeelle jostakin ongelmasta, johon etsitään ratkaisua. Kehittämisen laajuus vaihtelee laajoista kehittämishankkeista jatkuviin muutoksiin, mutta useimmiten muutoksissa on kyse jonkin prosessi osa-alueen parantamisesta. (JHS152 Prosessien kuvaaminen 2012.)

Prosessin kehittämisellä voidaan saavuttaa monia hyviä tuloksia, joita ovat esimerkiksi:

- Entistä korkeampi kapasiteetti: Pystytään tuottamaan enemmän samassa ajassa.
- Nopeampi läpimenoaika: Pystytään tuottamaan suunniteltu tuote nopeammin.
- Parempi tuottavuus: Sama tuotos saadaan aikaan entistä pienemmillä resursseilla.
- Parantunut asiakastyytyväisyys: Saadaan tuotettua juuri se, mitä asiakas haluaa. (Tuominen 2010.)

### 3.4 Toiminnanohjaus

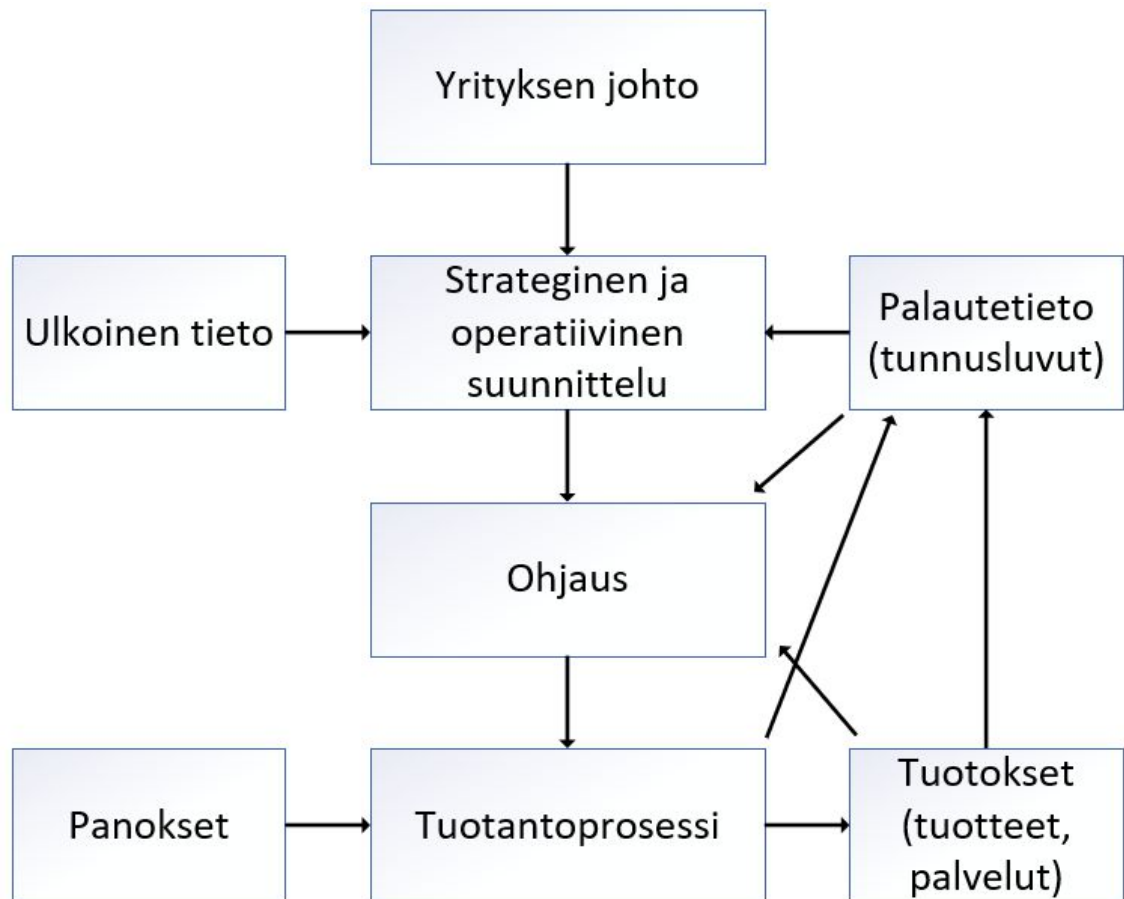
Tuotannonohjaamisen käsitteen sijaan käytetään useasti termiä toiminnanohjaus, koska organisaation toiminnan ja ohjauksen hallitsemiseen tarvitaan myös muiden osa-alueiden ohjausta tuotannonohjaamisen lisäksi. Näitä osa-alueita ovat esimerkiksi myynti, hankinnat ja suunnittelu. Ohjaus on eri toimintoihin liittyvää päätöksentekoa, suunnittelua ja valvontaa. Toiminnanohjauksen tarkoituksena on saada ohjattua organisaation eri osa-alueita siten, että tuotannon tavoitteet saadaan saavutettua parhaalla mahdollisella tavalla. (Haverila ym. 2005.)

Yrityksen liiketoimintaa pitää johtaa kokonaisuutena yrityksen strategian ja liiketaloudellisten periaatteiden pohjalta. Kokonaisuohjaus on liiketoiminnan tavoitteiden ja yrityksen keskeisten toimintojen ja resurssien yhteensovittamista. Keskeisimmät työvälit, joita käytetään yrityksen kokonaisuohjauksessa ovat budjetit sekä tavoitteenasettelussa käytetyt tunnusluvut ja mittarit. (Haverila ym. 2005.)

Budjettien pääpaino on yrityksen taloudellisten tuloksien suunnittelussa. Budjettipohjainen suunnittelu on useasti kuitenkin liian epätarkka, jotta sen avulla voitaisiin tehdä yksityiskohtaisia suunnitelmia ja päätöksiä. Budjetin avulla voidaan kuitenkin suunnitella karkealla tasolla tuotannon toteutusta ja resursointia. Yleisiä budjettien perusteella tehtäviä päätöksiä ovat esimerkiksi päätökset kapasiteetin lisäämisestä, toimittajien kanssa tehtävät kausisopimukset sekä alihankintojen ja henkilöstön määrän suunnittelu. (Haverila ym. 2005.)

Tunnuslukuja käytetään toiminnan seuraamiseen ja tavoitteiden asettamiseen. Kirjanpidosta syntyviä tunnuslukuja voidaan käyttää toiminnan tehokkuuden arvioimiseen. Näitä tunnuslukuja ovat esimerkiksi myyntikate, käyttökate ja jalostusarvo. Toiminnanohjaamiseen tarvitaan näiden kirjanpidosta syntyvien tunnuslukujen lisäksi omia, resurssien käyttöä ja toiminnan tuloksia kuvaavia tunnuslukuja. Tunnusluvuilla johdetaan ja analysoidaan tavallisesti tuotannon keskeisten tavoitteiden toteutumista. Eri yrityksistä löytyy erilaisia tunnuslukuja, mutta yleisesti käytössä ovat tehokkuutta ja tuottavuutta, tuotteiden laatua sekä toimitusvarmuutta kuvaavat tunnusluvut. (Haverila ym. 2005.)

Kuvassa 3 on esitetty tuotantoprosessin näkökulmasta tuotantotoiminnan johtaminen. Kuvasta voidaan nähdä, että johtaminen lähtee yrityksen johdosta asti ja ohjaukseen saadaan informaatiota strategisesta ja operatiivisesta suunnittelusta, tunnusluvuista sekä tuotoksista. (Haverila ym. 2005.)



Kuva 3. Tuotantotoiminnan johtaminen (Mukaillen Haverila ym. 2005).

### 3.4.1 Kapasiteetti

Kapasiteetti on tuotantokykyä kuvaava mittari, joka ilmoittaa tuotantoyksikön enimmäis-suorituskyvyn aikayksikössä. Kapasiteetista voidaan käyttää erilaisia yksiköitä riippuen yrityksistä ja heidän liiketoiminnastaan. Paperitehtailla käytetään kapasiteettiyksikkönä tonnia/tunti tai tonnia/päivä, kun betonielementtiteollisuudessa kapasiteetti voidaan taas ilmoittaa neliömetreinä/päivä. Jos eri tuotteet vaativat eri määrän kapasiteettia, voidaan se määrittellä myös tuotantoresurssien käyttöaikana. Esimerkiksi kokoonpanokapasiteetti on 150 tuntia/viikko. (Haverila ym. 2005.)

Kapasiteettia voidaan kuvata monella eri tasolla. Tehdastasolla voidaan seurata kokonaiskapasiteettia, karkeasuunnittelussa voidaan seurata laajoja kuormitusryhmiä, kuten tuotantolinja tai tuoteverstaas ja tarkemmassa suunnittelussa voidaan mennä solu-, kone- tai työntekijäryhmäkohtaiselle tarkkuudelle. (Haverila ym. 2005.)

Kapasiteetin hallinta perustuu työpisteen kapasiteettiin sekä suunniteltujen töiden kuormitukseen. Kuormitus kertoo, kuinka paljon tuotanto kuormittaa kapasiteettia. Kuormitus ilmaistaan usein kapasiteettimääränä, esimerkiksi loppukokoonpanon kuormitus on 140 h. Kuormitussuhde kertoo tietyn ajanjakson suhteellisen kuormituksen käytettävissä olevaan maksimikapasiteettiin verrattuna. Kuormitussuhteen laskemiseksi on kehitetty alla olevassa kuvassa 4 esitetty laskukaava. (Haverila ym. 2005.)

$$\frac{\text{Kuormitus} * 100\%}{\text{Kapasiteetti}} = \text{kuormitussuhde} \qquad \frac{140\text{h} * 100\%}{160\text{h}} = 87,5\%$$

Kuva 4. Kuormitussuhteen laskukaava (mukaillen Haverila ym. 2005).

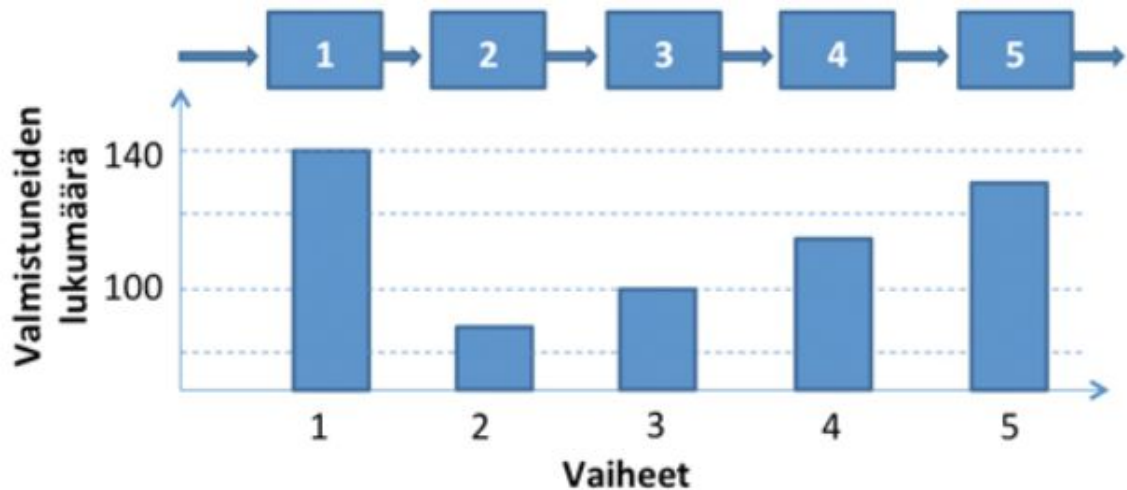
Nettokapasiteetti ilmoittaa todellisen käytettävissä olevan kapasiteetin, joka on useasti huomattavasti pienempi kuin teoreettinen maksimikapasiteetti. Kapasiteettia vähentävät erilaiset valmistusprosessin häiriöt, materiaalipuutteet, konerikot, huollot, työnjärjestelyjen puutteet, viallisten tuotteiden valmistus, koulutus sekä sairauslomat ja poissaolot. Näiden takia nettokapasiteetti on useasti vain 50 - 90 % teoreettisesta maksimikapasiteetista. (Haverila ym. 2005.)

### 3.4.2 Esteiden teoria (TOC)

Esteiden teoria (Theory of Constraints) on ohjaus- ja johtamismalli, joka perustuu systeemin suorituskykyä rajoittavien esteiden hallintaan. Menetelmästä käytetään myös nimitystä synkronoitu tuotannonohjaus. (Esteiden teoria (TOC).)

Menetelmä pohjautuu siihen, että jokaisella systeemillä on vähintään yksi suorituskykyä rajoittava tekijä. Tätä rajoittavaa tekijää kuormittaessa liikaa alkaa sen eteen kertymään asioita. Tämä johtaa siihen, että läpimenoaika alkaa kasvamaan, ja näin myös suorituskyky laskee. Tässä yhteydessä nousee esiin kaksi tärkeää asiaa: ensimmäinen asia on tunnistaa läpimenoaika rajoittava piste ja toinen asia on selvittää, miten pistettä kuormitetaan. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että johtamissysteemin tulee tukea parannustoimenpiteiden priorisointia ja ylituotannon estämistä. (Esteiden teoria (TOC).)

Jos ajatellaan, että prosessissa on viisi vaihetta, kuten alla olevassa kuvassa 5, määräytyy prosessin läpimenoaika esteiden teorian mukaan pullonkaulan perusteella. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että prosessi on aina epätasapainossa. Jos parannukset kohdistetaan vaiheeseen, joka ei ole prosessin pullonkaula, on silloin kyseenalaista, syntyykö prosessissa parannusta. (Esteiden teoria (TOC).)



Kuva 5. Esimerkki viisivaiheisestä prosessista (Esteiden teoria (TOC)).

Kuvassa 5 on esitetty viisivaiheinen prosessi. Kuvasta ilmenee, että vaihe kaksi on prosessin pullonkaula, joka on tällöin prosessin rajoittava tekijä. Prosessi ei pysty pitkällä aikavälillä tuottamaan enemmän kuin vaihe kaksi kykenee tuottamaan. Tämä tarkoittaa sitä, että vaihe kaksi määrittelee prosessin suorituskyvyn. Esteiden teorian mukaan parannustoimenpiteet tulisi siis keskittää vaiheeseen kaksi. Vaiheissa 1,3, 4 ja 5 parannustoimenpiteillä saavutetaan joitain säästöjä, mutta ei kasvua eikä varsinaista parannusta. (Esteiden teoria (TOC).)

### 3.5 Prosessien ja suorituskyvyn mittaaminen

Mittaamalla ilmaistaan yritykselle asioita, jotka ovat tärkeitä, ja asioita, joita seurataan. Suorituskyvyn mittaaminen on ohjausprosessi, jonka avulla selvitetään yritykselle jonkin liiketoiminnallisesti tärkeän asian tila. Tavoitteiden kannalta yritykselle keskeisten menestystekijöiden mittaaminen ja tunnistaminen tuottavat yrityksen johdolle ainutlaatuisia tietoja yrityksen kehittämiseksi. Suorituskyvyn mittauksella viestitään operatiiviselle



tasolle organisaation tärkeimmät asiat. Tällä on myös välitön yhteys organisaation henkilöstön käyttäytymiseen. Lönnqvistin (2002) mukaan suorituskyvyn mittaamisen yleisimpiä käyttötarkoituksia ovat:

- toiminnan nykytilan arvioiminen
- ongelmien havaitseminen
- tärkeiden tavoitteiden kommunikoiminen
- päätöksentekoa tukevan informaation tuottaminen
- tulevien tilanteiden ennustaminen
- henkilöstön toiminnan ohjaaminen ja motivoiminen
- yrityksen strategian konkretisoiminen toteutettavissa oleviksi tavoitteiksi
- strategian toteuttamisen seuraaminen
- tulospalkkion perusteiden määrittäminen ja mahdollistaminen. (Järvenpää ym. 2013.)

Tyypillisiä mittareita yrityksissä ovat niiden tulospalkkion voitto, tase, varaston kierto ja eri kuluerät. Niiden avulla ei kuitenkaan voida parantaa suorituskykyä. Niiden lisäksi on mitattava prosesseja. Ensin on tunnistettava ne vaiheet, joiden kautta työ kulkee ja mitattava niiden vaatimat ajat. (Torkkola 2015.)

Prosessien mittaaminen ei ole vain pelkkää mittareiden käyttöä, vaan useasti sitäkin tärkeämpää on prosessien seuraaminen ja analysoiminen. Numeroin ilmaistut tulokset ovat tarkempia kuin suullisesti ilmaistut tulokset, mutta aina ei ole tarvetta tarkalle tulokselle, jolloin myös suullisesti saatu tulos on tarpeeksi tarkka. (Pesonen 2007.)

Laamasen (2001) mukaan prosessien mittaaminen ei usein yrityksissä saa hirveän hyvää vastaanottoa. Mittauksista saadut tulokset paljastavat kaikille totuuden prosessin oikeasta suorituskyvystä, eikä siinä jää paljon selittelemisen varaa.

### *Vaiheaika ja tahtiaika*

Prosessin tasapainottamiseksi täytyy selvittää sen eri vaiheiden vaiheajat. Vaiheajalla tarkoitetaan maksimiaikaa, eli aikaa, kuinka paljon yhdellä työpisteellä menee maksimissaan, että työ siirtyy seuraavaan vaiheeseen. Prosessin pisin vaiheaika on sen tahtiaika, joka määrittelee prosessin maksimituotantomäärän. Jos esimerkiksi prosessin pisin vaiheaika, eli sen tahtiaika on 4 minuuttia, voi prosessi tuottaa tuotteen neljän minuutin välein. Prosessin maksimikapasiteetti voidaan näin laskea prosessin tahtiajasta jakamalla tuotantojakson käytettävissä olevat tunnit prosessin tahtiajalla. (Stevenson 2012.)

Esimerkissä alla olevassa kuvassa 6 on esitetty prosessi, joka on jaettu kolmeen vaiheeseen. Laatikon sisällä on sen vaiheen vaatima vaiheaika. (Stevenson 2012.)



Kuva 6. Esimerkki vaiheajoista (mukaillen Stevenson 2012).

Kuvasta 6 voidaan nähdä, että prosessin toinen vaihe määrittelee prosessin tahtiajan, koska se on prosessin pisin vaiheaika. (Stevenson 2012.)

### 3.6 Lean

Lean-toimintamalli on kehitetty Japanissa Toyotan tuotantoperiaatteiden pohjalta. Alun perin toimintamalli kehitettiin autoteollisuuteen, mutta se on nykyään johtava tuotantoperiaate lähes kaikilla toimialoilla. Lean-periaatteita käyttävät organisaatiot ovat yleisesti toimialansa kannattavimpia ja nopeimmin kasvavia organisaatioita. (Kouri 2010.)

Lean-filosofia pohjautuu tuottavuuden parantamiseen. Muutosten avulla pyritään parantamaan asiakastytyväisyyttä, lyhentämään tuotannon läpimenoaikaa, parantamaan

laatua sekä pienentämään tuotannon kustannuksia. Näin tuotannolla pyritään saamaan oikeanlaatuisia tuotteita oikea määrä, oikeassa ajassa ja paikassa. Lean perustuu hukan poistamiseen ja näin maksimoimaan tuotannon virtauksen. Leanin perimmäinen ajatus on läpimenoajan lyhentäminen. (Kouri 2010; Yleistä Leanista: Mitä Lean on?)

Leanissa keskitytään kehittämään toimintaa siellä, missä kädet liataan ja asiakkaan saama arvo todellisuudessa syntyy. Lean-ajattelu on voimakkaasti sidoksissa yrityskulttuuriin sekä henkilöstön osallistumiseen kehityshankkeissa. Yksinkertaisesti sanottuna Lean-toimintamallilla pyritään toiminnan tarkoituksenmukaisuuteen, järkevyyteen ja täsmällisyyteen asiakasnäkökulmasta lähtien. (Kouri 2010.)

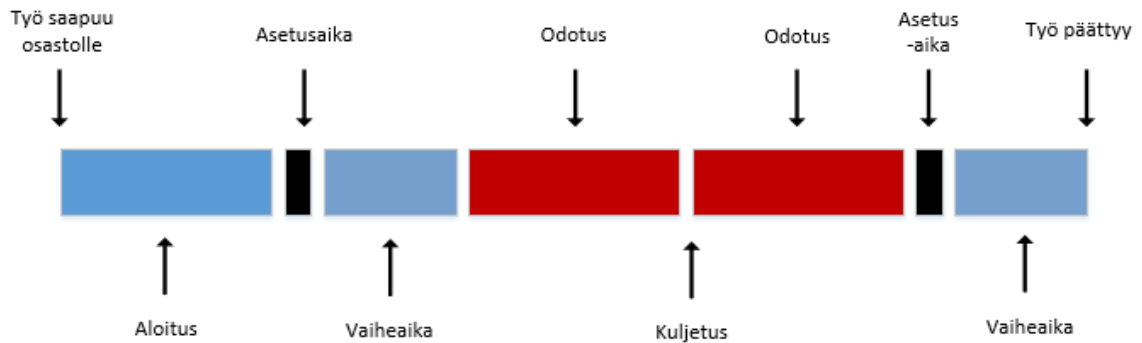
Leaniin sisältyy keskeisesti laatuajattelu, jossa tehdään kaikkensa tuotteen laadun varmistamiseksi koko organisaation henkilöstöä myöden. (Kouri 2010.)

Lean-toimintamalli ymmärretään usein väärin. Uskotaan, että siihen liitetyt työkalut ratkaisevat itsessään ongelmat. Työkalut kuitenkin vain nostavat ongelmat esiin ja ihmisten tehtävänä on ratkoa nämä esiin tulleet ongelmat. Ongelmien ratkaisemisessa auttaa prosessien hyvä tuntemus sekä hyvät ongelmanratkaisutaidot. (Yleistä Leanista: Mitä Lean on?)

### 3.7 Lämpäisy aika

Lämpäisy aika kuvaa kokonaisaikaa, jonka toimitusketju vaatii. Lämpäisyajalla tarkoitetaan tavallisesti kokonaislämpäisy aikaa tai valmistuksen lämpäisy aikaa. Kokonaislämpäisyajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu tilauksesta toimitukseen, kun taas valmistuksen lämpäisyajalla kuvataan aikaa, joka kuluu valmistuksen aloittamisesta tuotteen valmistumiseen. Lämpäisy aika lasketaan ”kalenteriaikana”, ja se kuvaa aikaa, joka kuluu koko toimintaketjun aikana, ottamatta kantaa siihen, mitä tuotteelle tapahtuu lämpäisyajan aikana. Lämpäisy aika ei kuvaa tuottavuutta tai tuotteen vaatimaa valmistusaikaa. Tavallisesti suurin osa lämpäisyajasta on odotusaikaa, ja työvaiheajat muodostavat vain murto-osan kokonaisajasta. (Haverila ym. 2005.)

Lyhyillä läpäisyajoilla on monia positiivisia vaikutuksia yrityksen kilpailukykyyn ja toimintaan. Tuotannon jätteiden lyhentämisestä onkin tullut yksi keskeisimmistä tuotannon kehittämisen tavoitteista. Kuvassa 7 on kuvattu tuotteen läpäisyajan perinteinen rakenne. (Haverila ym. 2005.)



Kuva 7. Tuotteen läpäisyajan rakenne (Mukaillen Haverila ym. 2005).

Tuotannon läpimenoajan lyhentämisen keskeisiä keinoja ovat valmistuserien koon pienentäminen ja tuotannon välivarastojen poistaminen. Valmistuserien koko vaikuttaa merkittävästi läpäisy aikaan. (Haverila ym. 2005.)

Läpäisyajojen lyhentämisellä on huomattu olevan merkittävästi vaikutusta tuotteiden ja toiminnan laatuun. Nopeatempoisessa pienerätuotannossa tuotannossa ilmenevät virheet ja häiriöt tulevat nopeasti esille, jolloin niiden syihin ja taustatekijöihin on helppo tarttua. Virheiden aiheuttamat ongelmat ovat helposti havaittavissa, kuin myös niiden syyt, jolloin yrityksen henkilöstön on helpompi motivoitua laadun kehitystyöhön. Toiminnan laadun kehittäminen on ehdoton edellytys läpäisyajojen lyhentämiselle. (Haverila ym. 2005.)

Tuotantoprosessin tuottavuus kehittyy läpäisyajan lyhentyessä. Tuottavuuden kasvu selittyy osittain toiminnan laadun kehittymisellä. Virheiden ja ongelmien aiheuttamat kustannukset vähentyvät merkittävästi. Välilliset kustannukset laskevat, koska toiminnan ohjaaminen ja materiaalien käsittely vaativat vähemmän työtä. Työntekijät pystyvät keskittymään valmistustehtäviin, koska toiminnan organisointi on selkeämpää ja näin myös tehokkaampaa. Ruotsissa on tehty tutkimus aiheesta, jossa ruotsalaisessa teollisuudessa katsottiin läpimenoajan puolittamisen vaikutukset. Tutkimus johti seuraaviin tuloksiin:

- -15 %:n sitoutunut pääoma
- -47 %:n keskeneräisen tuotannon arvo
- -8,5 %:n tuotantokustannukset
- +9,5 %:n kannattavuus. (Haverila ym. 2005.)

Läpäisyajojen lyhentäminen hukkaa ja odottamista vähentämällä auttaa usein myös siihen, että prosessi on paremmin hallinnassa, jolloin läpäisyajojen lyhentäminen vaikuttaa myös vaihteluiden hallitsemiseen. Tällöin saadaan kaksi asiakasta miellyttävää vaikutusta: toimitusaika lyhenee, sekä toimitusvarmuus paranee. (Läpäisyajan lyhentäminen.)

Ennen läpäisyajan lyhentämistä tulee ymmärtää, miten pitkä läpäisy aika on, miten suuri hajonta siinä on ja miten läpäisy aika jakautuu prosessin eri vaiheiden kesken. Ennen läpäisyajan lyhentämistä tulee siis kuvata prosessi, mitata sen kokonaisläpimenoaika vaihteluineen sekä pilkkoa läpäisy aika osiin. Läpäisy aikaa lyhentääkseen voi prosessia tarkastella neljästä eri näkökulmasta: voiko prosessin osia tai yksittäisiä tehtäviä poistaa kokonaan, yhdistää, nopeuttaa tai tehdä rinnakkain. (Läpäisyajan lyhentäminen.)

#### **4 Tuotannon nykytila-analyysi**

Tässä luvussa rakennetaan hyvä kuva kohdeyrityksen tuotannon nykytilasta. Luvussa etsitään tuotannon heikkoudet sekä selvitetään, mistä ne johtuvat. Heikkouksien pohjalta rakennetaan kehityskohteita, joita kehittämällä tuotannosta saadaan tehokkaampi.

Nykytilan kartoitusta varten haastateltiin kohdeyrityksen kahta työntekijää. Haastateltavina olivat tuotantolaitoksen laitospäällikkö sekä työnjohtaja. Haastatteluita varten rakennettiin haastattelupohja, jonka avulla ohjattiin keskustelua. Haastattelut olivat keskustelutyyppisiä ja näin haastatteluissa päästiin syvemmälle aiheeseen. Haastatteluiden avulla saatiin kerättyä kvalitatiivista tietoa tuotannon nykytilasta.

Nykytilan kartoitusta varten vietettiin myös aikaa tuotantolaitoksella tutustumassa ja analysoimassa tuotantoa ja sen prosesseja sekä tutkittiin kohdeyrityksen sisäisiä dokumentteja. Tutustumalla tuotantoon ja sen prosesseihin, sekä analysoimalla niitä, saatiin syvempi ymmärrys tuotannosta ja sen nykytilasta. Sisäisiä dokumentteja tutkimalla taas saatiin tietoa siitä, paljonko tuotantolaitokselle tulee jätettä vuorokausittain.

Kohdeyrityksen tuotantolinjasto koostuu kolmesta eri vaiheesta. Tuotantolinjastolle suoritetusta mittauksesta saatiin selville, että tuotantolinjaston viimeinen vaihe on tuotannon pullonkaula ja näin tuotantoa tahdittava vaihe.

Tuotannossa ilmenneitä ongelmia olivat tuotantolinjaston vaiheiden kapasiteettien epätasaisuus, tuotantolaitokselle saapuvan jätteen määrän suuri vaihtelevuus sekä tuotantolinjastolla ilmenevät tekniset ongelmat.

## **5 Tulokset ja kehitysehdotukset**

Tässä luvussa analysoidaan nykytila-analyysistä saatuja mittauksen tuloksia sekä annetaan tuloksista selkeä kuva, josta selviää, mikä on tuotantoa tahdittava vaihe ja näin tuotantolinjan pullonkaula.

Tämän jälkeen annetaan kehitysehdotuksia tuotannon kehittämiseksi, jotka perustuvat mittauksesta saatuihin tuloksiin sekä nykytila-analyysissä löydettyihin tuotannon haasteisiin.

Tuotantolinjaston pullonkaula ja tuotantoa tahdittava vaihe on linjaston viimeinen, eli kolmas vaihe. Tuotannosta syntyvän jätteen laatua saadaan parannettua, kun ensimmäisen ja toisen vaiheen kapasiteetit tasataan vastaamaan kolmannen vaiheen vaatimaa tahtia. Linjaston ensimmäistä vaihetta voidaan hidastaa 14 % ja toista vaihetta 51 %.

## 6 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kohdeyrityksen tuotantolinjaston läpimenoaika/kapasiteetti sekä etsiä tuotantolinjastosta haasteellisia kohtia, joihin reagoimalla voitaisiin tuotantolinjastoa kehittää. Mielestäni tavoitteessa onnistuttiin hyvin, läpimenoajan mittaaminen saatiin suoritettua ongelmitta ja tuloksiksi saatiin semmoista informaatiota, mitä yrityksellä ei aiemmin ole ollut. Tuloksia on mahdollista käyttää tuotantolinjaston kehittämiseen ja tasapainottamiseen. Myös tuotannonohjaaminen helpottuu merkittävästi, kun tiedetään, kuinka paljon jätettä tuotantolinjasto pystyy käsittelemään tunnissa.

Opinnäytetyö aloitettiin palaverilla kohdeyrityksen edustajan kanssa, jossa rajattiin aihe ja sovittiin, mikä on työn tavoite. Tämän jälkeen kerättiin kirjallisuudesta tietoa prosessien mittaamisesta ja kehittämisestä, jonka jälkeen tutustuttiin tuotantolinjastoon vieraillemalla tuotantolaitoksella, sekä haastatteleamalla kohdeyrityksen työntekijöitä. Tämän avulla löydettiin tuotantolinjaston haasteelliset kohdat. Kun tuotantolinjasto oli tuttu, suoritettiin läpimenoajan mittaaminen, josta saatiin selville kokonaisläpimenoaika, sekä vaiheajat. Työn tuotoksiksi saatiin entistä parempi kuva tuotannon nykytilasta, sekä kehitysehdotuksia, miten sitä kannattaisi kehittää. Tuotoksiin sisältyy tarkat luvut jokaisen tuotantoprosessin vaiheen tämänhetkisistä kapasiteeteista, sekä ehdotus, miten kapasiteetteja kannattaa tasoittaa, jotta tuotannossa syntyvän tuotteen laatu paranee, eikä osa tuotantolinjastosta tuota ylituotantoa.

Opinnäytetyö vastasi sille annettuihin tavoitteisiin ja tuotantoprosessin kannalta useaan kysymykseen, mutta jatkossa mietittäviä kehityskohteita tuotannon kannalta voisivat olla tuotantolinjastolla esiintyvien teknisten ongelmien ennakoiminen ja ennaltaehkäisy sekä tuotantolaitokselle saapuvan jätteen tasoittaminen siten, että jätettä saapuisi suunnilleen saman verran joka päivä.

## Lähteet

Esteiden teoria (TOC). Verkkoaineisto. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <<http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/esteiden-teoria-toc/>>. Luettu 10.3.2020.

Haverila M. J., Uusi-Rauva E., Kouri I. & Miettinen A. 2005. Teollisuustalous. Tampere: Infacs Oy.

JHS 152 Prosessien kuvaaminen. 2002. Verkkoaineisto. JUHTA. < <http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS152/JHS152.pdf>>. Päivitetty 5.10.2012. Luettu 2.3.2020.

Järvenpää, M., Länsiluoto, A., Partanen, V. & Pellinen J. 2013. Talousohjaus ja kustannuslaskenta. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Kouri, I. 2009. Lean taskukirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

Kvist, H., Arhoma, S., Järvelin, K. & Räikkönen J. 1995. Asiakasprosessit Miten parannat tulosta prosesseja kehittämällä? Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Laamanen, K. 2001. Johda liiketoimintaa prosessien verkkona. Helsinki: Suomen Laatu-keskus.

Laamanen, K. 2005. Johda suorituskkyä tiedon avulla. Helsinki: Suomen Laatu-keskus.

Läpäisyajan lyhentäminen. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma. <<http://www.logistiikan-maailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lapaisyajan-lyhentaminen/>>. Luettu 27.2.2020.

Ojasalo K., Moilanen T. & Ritalahti J. 2009. Kehittämistyön menetelmät, Uudenlaista osaamista liiketoimintaan. WSOYpro Oy.

Pesonen, H. 2007. Laatu! Helsinki: Infor Oy.

Stevenson, W.J. 2012. Operations management: Theory and Practise. New York: McGraw-Hill/Irwin.



Torkkola, S. 2015. Lean asiantuntijatyön johtamisessa. Helsinki: Talentum Pro.

Tuominen, K. 2010. Tehoa ja laatua prosessien ja virtauksen kehittämiseen. Helsinki: Readme.fi

Tutkimusmenetelmät ja tutkimusaineistot. Verkkoaineisto. <<https://www.mv.helsinki.fi/home/psaukkon/tutkielma/Tutkimusmenetelmat.html>>. Luettu 10.2.2020.

Yleistä Leanista: Mitä Lean on? Verkkoaineisto. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/yleinen/>>. Luettu 20.2.2020.