

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutus

Pyry Aittokoski

LUKKOJEN KOKOONPANOSOLUN TYÖNKEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö  
Elokuu 2018



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Elokuu 2018**  
**Kone- ja tuotantotekniikan koulutus**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600

Tekijä  
Pyry Aittokoski

Nimeke  
Lukkojen kokoonpanosolun työnkehittäminen

Toimeksiantaja  
Abloy Oy

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä kehitettiin työpistettä Lean-periaatteiden mukaisesti. Työn tavoitteena oli löytää työpisteen sujuvaa toimintaa häiritseviä hukkia sekä etsiä keinot niiden eliminoimiseksi. Tarkoituksena oli tehdä työpisteen toiminnasta tehokkaampaa ja joustavampaa kysynnän vaihdellessa.

Opinnäytetyön teoriaosiossa käsitellään pääosin Lean-teoriaa, sekä sen menetelmiä ja työkaluja. Tässä työssä käytetyt Lean menetelmät ja työkalut on valittu kohteena olevan työpisteen kehitystarpeita ajatellen.

Työ aloitettiin nykytilan kuvauksella käyttämällä VSM-arvovirtakuvausmenetelmää. Sillä saatiin nähtäville, minkä asioiden parantamiseen tulisi keskittyä. Tämän jälkeen mitattiin ja laskettiin koneiden kokonaistehokkuudet OEE-luvulla, jolla saatiin selville koneiden käytössä esiintyvät hukat liittyen käytettävyyteen, tehokkuuteen sekä laatuun. Tämän jälkeen havaittuja ongelmia priorisoi-  
tiin ja analysoitiin, sekä keksittiin niille mahdollisia ratkaisutapoja.

Mittaustuloksista selvisi hukkaa olevan pääosin koneiden käytettävyydessä. Käytettävyyden pa-  
rantamiseen keksittiin ratkaisutapoja poistamalla turhia välimatkoja, kehittämällä toimintatapoja  
sekä koneiden toimintavarmuutta.

Kieli

suomi

Sivuja 31

Liitteet 2

Liitesivumäärä 2

Asiasanat

tuotannon kehittäminen, Lean, hukat, OEE, VSM



**THESIS**  
**August 2018**  
**Degree Programme in Mechanical Engineering**

Tikkarinne 9  
FI-80200 JOENSUU  
FINLAND  
Tel. +358 13 260 600

Author  
Pyy Aittokoski

Title  
Development of Lock Assembly Workstation

Commissioned by  
Abloy Oy

**Abstract**

The topic of this thesis was to develop a workstation according to the Lean principles. The aim of the thesis was to find the waste which prevents smooth operation in the workstation, and to find the ways to eliminate them. The aim was to make the workplace more efficient and more flexible when the demand fluctuates.

The theoretical part of the thesis is mainly about Lean theory, its methods and tools. The Lean methods and tools used in this work were selected for the development needs of this workstation.

The work was started with the description of the current state by using the value flow method VSM. It made it possible to see which things should be improved. After that the overall efficiency of the machines was measured and calculated with the OEE tool, which was used to find out the waste in the use of machines in terms of usability, efficiency and quality. Then the detected problems were prioritized and analyzed, and possible solutions to eliminate them were invented.

According to the measurements, the waste was found to be mainly in the usability of the machines. Solution methods were invented to improve usability by removing unnecessary distances and developing operating methods and reliability of machines.

Language

Finnish

Pages 31

Appendices 2

Pages of Appendices 2

Keywords

production development, Lean, waste, OEE, VSM

## Sisältö

1	Johdanto .....	5
2	Lean-ajattelu .....	6
2.1	Hukat .....	7
2.1.1	Muda - Seitsemän hukkaa .....	7
2.1.2	Mura - Epätasapaino .....	9
2.1.3	Muri - Ylikuormitus .....	10
2.2	Heijunka - Työn tasapainottaminen .....	10
2.3	JIT - Juuri oikeaan aikaan .....	11
3	Prosessien mittaaminen .....	12
3.1	VSM .....	12
3.2	OEE -luku .....	14
4	Ongelmanratkaisu .....	15
4.1	Kaizen - Jatkuva parantaminen ja oppiminen .....	15
4.2	PDCA .....	16
4.3	Juurisyys .....	17
5	Mittaaminen ja tulosten analysointi .....	17
5.1	Täyttöautomaatti .....	19
5.2	Kokoonpanoautomaatti .....	22
6	Kehitysideat .....	23
6.1	Täyttöautomaatti .....	23
6.2	Kokoonpanoautomaatti .....	26
6.3	Materiaalivirtaus .....	27
7	Kehitysehdotusten toteuttaminen .....	28
8	Pohdinta .....	29
	Lähteet .....	31

## Liitteet

Liite 1	Kokoonpanoautomaatin arvovirtakuvaus
Liite 2	Sento-sylinterien arvovirtakuvaus

## 1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä kehitetään toimeksiantaja Abloy Oy:n Joensuun tehtaassa sijaitsevaa työpistettä. Työpisteessä valmistetaan pyöriviä koodilevyjä, sekä kootaan rakennuksien lukituksessa käytettäviä lukkopesisiä. Työpisteessä on esiintynyt tuotannollisia vaikeuksia erilaisista vaihtelun aiheuttamista syistä, minkä vuoksi työnantaja näki tämän kohteen kehityksen tarpeelliseksi. Työpisteen kehittämiseen annettiin melko vapaat kädet. Työpisteen tuotanto on hyvin pitkälle automatisoitua ja se työllistää tällä hetkellä kolme henkilöä. Siellä valmistetaan kolmea erilaista lukkotyyppiä, mikä aiheuttaa asetusten muuttamista. Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää työpistettä teknisillä sekä toimintaan liittyvillä parannuksilla ja sitä kautta karsia hukkaa. Näin työpisteen tuotantoa saadaan joustavammaksi kysynnän vaihdellessa.

Tuotannon ja toiminnan kehittämisessä käytetään maailmanlaajuisesti Toyotan tuotantojärjestelmään perustuvaa Leania. Toyotan yliveraisuus näkyi sen tavasta suunnitella tuotanto valmistamaan yhdenmukaisia ja laadukkaita autoja kilpailukykyisellä hinnalla, minkä takia ihmiset alkoivat kiinnostua sen tavoista toimia. Lean sisältää muun muassa paljon työkaluja, menetelmiä, filosofiaa ja periaatteita. Tässä opinnäytetyössä sovelletaan kehitettävään työpisteeseen sopivia Lean-tuotannon asioita.

Opinnäytetyössä lähdetään aluksi etsimään työpisteen tuotannon sujuvaa ja joustavaa tuotantoa vaikeuttavia tekijöitä tutkimalla ja mittaamalla työprosesseja. Sen jälkeen ratkaistaan havaittuja ongelmia niiden juurisyiden kautta ja kehitetään tuotantolinjaa sekä toimintaa Lean -periaatteiden mukaisesti.

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Abloy Oy, joka on osa maailman johtavaa oviympäristöratkaisujen toimittajaa, Tukholman pörssiin listattua Assa Abloy -konsernia. Abloy Oy valmistaa ja kehittää lukitusratkaisuja, ovensulkimia sekä oviautomatiikkaa. Abloy -lukitustuotteilla voi toteuttaa lähes kaikki rakennuskoh-

teiden lukitustarpeet. Abloy Oy:llä on myyntikonttoreita ja maahantuojia yli 70 maassa.

Abloy sai alkunsa konttorikonemekaanikko Emil Henrikssonin keksinnöstä. Vuonna 1907 hän sai oivalluksen lukosta, jossa käytettäisiin pyöriviä koodilevyjä. Tätä keksintöä lähdettiin kehittämään ja pari vuotta myöhemmin ensimmäisiä Abloy -lukkoja oli jo myynnissä. Laajempi tuotanto alkoi vuonna 1918 Lukkotehdas Oy:llä ja vuoden päästä idealle saatiin patentti, minkä jälkeen perustettiin yritys Ab Lukko Oy, josta Abloy -tuotenimi juontaa juurensa. Abloy Oy:llä on nykyään tehtaat Joensuussa ja Björkbodassa. (Assa Abloy 2017.)

## **2 Lean-ajattelu**

Lean käsite juontaa juurensa japanilaisen autonvalmistajayhtiön Toyotan tuotantojärjestelmästä. Se on asiakaslähtöinen prosessijohtamisen malli, joka sai alkunsa, kun toisen maailmansodan aikaan perustetun Toyota Motor Corporationin tuotantoinsinööri Taiichi Ohno sai tehtäväkseen parantaa yrityksen tuottavuutta. Tuohon aikaan Toyota eli vaikeita aikoja taloudellisesti, joten Ohnon tuli keksiä keinoja, joilla pystyttäisiin tekemään enemmän vähemmällä. (Six Sigma 2018a.)

Leanin tavoitteena on tuottaa arvoa asiakkaalle ottaen huomioon tuottajan tarpeet, mikä tarkoittaa asiakastyytyväisyyden sekä tuottajatytytyväisyyden maksimointia. Asiakastytytyväisyys tavoitetaan virtaustehokkuudella, joka tarkoittaa, että asiakas saa tuotteensa tilauksesta toimitukseen nopeasti. Tuottajatytytyväisyys taas saadaan aikaan resurssitehokkuudella eli resurssien tehokkaalla käytöllä. Tuotannossa kuluvaa aikaa tilauksesta toimitukseen kutsutaan läpimenoajaksi. Se sisältää asiakkaalle arvoa lisäävää sekä arvoa lisäämätöntä aikaa. Virtaustehokkuus tarkoittaa siis läpimenoajan ja arvoa lisäävän ajan suhdetta. Maksimoimalla virtaustehokkuus saadaan tuotannosta karsittua aikajaksoja,

joista asiakas ei ole valmis maksamaan. Täten Leanin keskeinen tavoite on lyhentää nimenomaan läpimenoaikaa. (Six Sigma 2018b.)

Toyotan tuotantojärjestelmän perustaja Taiichi Ohno sanoi Lean-tuotannosta ytimekkäästi: ”Me katsomme ainoastaan aikajanaa siitä hetkestä, kun asiakas antaa meille tilauksen, siihen pisteeseen, kun keräämme rahat. Ja me pienennämme tuota aikajanaa poistamalla lisäarvoa tuottamattoman hukan.” Täytyy kuitenkin muistaa, että Lean ei voi muuttaa tuotantosysteemin rajoja, eli niin sanotusti sen luonnonlakeja. Tämän takia tuotannon kehittäjän on syytä tuntea tuotantosysteemin dynamiikkaa ja lakeja. (Six Sigma 2018b.) Lean-ajattelulla pyritään löytämään kehityskäytännöt prosessikohtaisesti, koska jokainen prosessi on erilainen, eivätkä kaikki Lean -työkalut tai -menetelmät voi toimia jokaisessa ympäristössä (Liker & Meier 2006, 33).

## **2.1 Hukat**

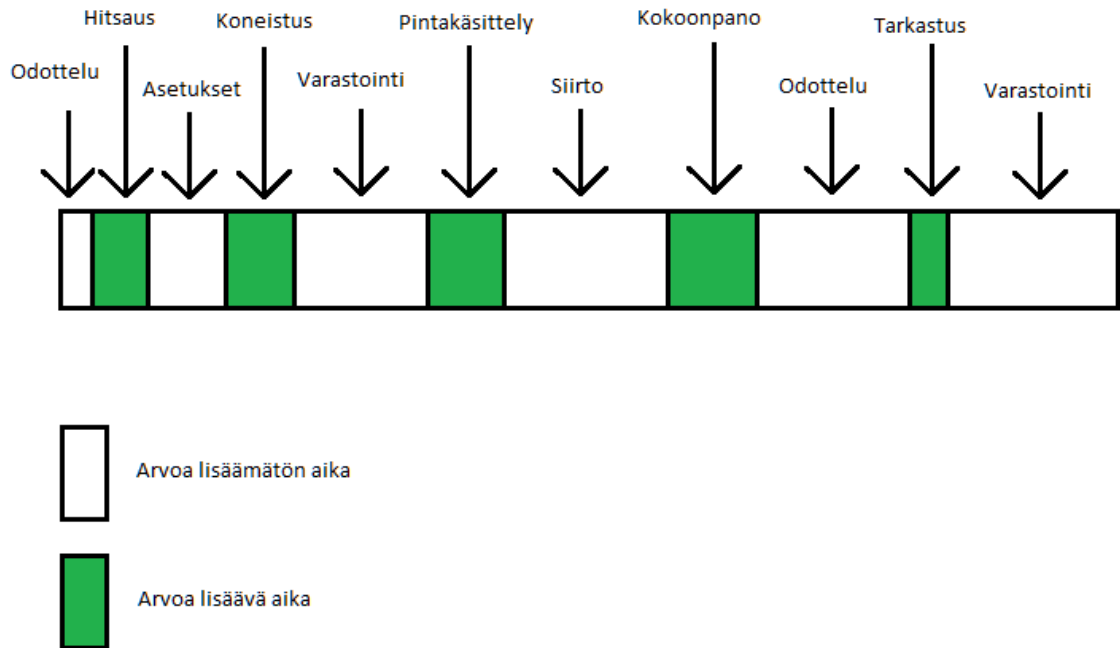
Toyota on määritellyt tuotannon kolme hukkatyyppiä, jotka ovat Muda, Mura ja Muri, eli hukka, epätasaisuus ja ylikuormitus. Hukat ovat oireita jostakin, ja niiden havaitseminen on keino nostaa toiminnan ongelmia esille. (Piirainen 2014.)

Näitä kolmea hukkaa tunnistamalla ja poistamalla pyritään kasvattamaan läpimenoa. Tavoitteena on saada minimoitua asiakkaalle arvoa lisäämättä aikaa. (Piirainen 2014.)

### **2.1.1 Muda - Seitsemän hukkaa**

Muda-hukka tarkoittaa kaikkea tekemistä, joka ei tuota asiakkaalle lisäarvoa. Toyota tunnisti aiemmin seitsemän päähukkaa, mutta hukkaa on nykyään kahdeksan, kun työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen määriteltiin myös hukaksi. Hukkaa kuvataan aikajanalla (Kuvio 1), josta voidaan havaita arvoa li-

säävään toimintaan ja arvoa lisäämättömään toimintaan käytetty aika tuotetta jalostaessa. (Liker & Meier 2006, 33–35.)



Kuvio 1. Kuvio on esimerkki tuotteen arvoa lisäävän ja arvoa lisäämättömän ajan käytön suhteesta tuotteen jalostusprosessissa. (Liker & Meier 2006.)

**Yli tuotanto** on ensimmäinen hukkamuoto, joka tarkoittaa tuotteiden valmistusta ennen tai suuremmissa määrin, kuin asiakkaalla on tarve. Tämä synnyttää myös muita kustannuksia aiheuttavia hukkia kuten ylimääräistä varastointia, ylitöylyttämisestä ja kuljetusta. Yli tuotanto saattaa aiheuttaa myös viiveitä laatuvirheiden löytämisessä sekä virheitä aiheuttavien tekijöiden löytämisessä. (Liker 2010, 29.) **Odottelu** on toinen hukkamuoto, joka esiintyy muun muassa työntekijän seurattessa automatisoitua konetta ja odottaessa seuraavaa työvaihetta, toimitusta, osaa tai työkalua. Odottelu voi johtua myös konerikosta, työn viivästyisestä tai tuotannon pullonkaulasta. (Liker & Meier 2006, 35–36.)

**Tarpeeton kuljettelu** on kolmas hukkamuoto, jossa siirretään keskeneräisiä kappaleita liian pitkiä matkoja tai tehottomasti. Ylipäätään kaikkien osien tai hyödykkeiden siirtely varastosta tai prosessista toiseen on tarpeetonta kuljetusta. **Ylikäsittely tai virheellinen käsittely** on neljäs hukkamuoto, jossa ylikäsittelyllä tarkoitetaan ylimääräisten työvaiheiden suorittamista ja laadukkaampien



tuotteiden valmistusta, kuin tarve vaatii. Virheellistä käsittelyä syntyy käytettäessä sopimattomia työkaluja, tai huonon tuotesuunnittelun vuoksi. (Liker 2010, 29.)

**Tarpeettomat varastot** ovat viides hukkamuoto, jonka aiheuttaa liian suuri raakamateriaalien, hyödykkeiden ja keskeneräisten tuotteiden varastointi. Tarpeettomat varastot aiheuttavat ylimääräistä kuljettelua, pidempää läpimenoaika, vanhentuneisuutta ja varastokustannuksia. Tarpeettoman suuret varastot aiheuttavat myös ongelmia, kuten viiveitä tuotannon virheiden paikallistamisessa, tuotannon epätasapainoa ja välineistön tehotonta käyttöä. **Tarpeeton liikkuminen** on kuudes hukkamuoto, joka tarkoittaa kaikkea turhaa liikkumista, kuten työvälineen, kappaleen tai hyödykkeen kurkottelua, etsimistä ja hakemista muualta. (Liker 2010, 29.)

**Viat** on seitsemäs hukkamuoto, joka tarkoittaa viallisten osien tuottamista tai korjaamista. Tuotteen korjaustoimenpiteet ovat tarpeetonta käsittelyä. **Työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen** on kahdeksas hukkamuoto. Tätä aiheutuu, kun työntekijää ei kuunnella eikä hänen ideoita hyödynnetä tai kun työntekijää ei ole sitoutettu olemaan mukana tuotannon kehityksessä. (Liker 2010, 29.)

### 2.1.2 Mura - Epätasapaino

Mura tarkoittaa epätasapainoa, jota voi havaita missä tahansa toiminnassa tai työsuorituksessa. Epätasapainoa syntyy tuotannon vaihtelusta, kuten esimerkiksi vaihtelevasta tuotantoaikataulusta tai tuotantomääristä. Sitä tutkimalla voidaan löytää tuotannon tehokkuutta estäviä pullonkauloja. (Piirainen 2014.)

Muran poistamiseksi on saavutettava tasainen työaikataulu, eli Heijunka. Tuotannon tasapainon saavuttaminen on elintärkeää, jotta saadaan Mudaa ja Muria eliminoitua. Tuotannon epätasaisuus vaikeuttaa tuottavuuden parantamista ja työn kehittämistä. (Liker 2010, 115.)

Taiichi Ohno (1988) kertoi tuotannon epätasaisuudesta seuraavasti:

Hitaampi, mutta johdonmukainen kilpikonna aiheuttaa vähemmän hukkaa ja on paljon toivottavampi vaihtoehto kuin vikkellä jänis, joka rynnii eteenpäin ja pysähtyy satunnaisesti torkuille. Toyotan tuotantojärjestelmä voi toteutua vain, kun kaikista työntekijöistä tulee kilpikonnia. (Liker 2010.)

### **2.1.3 Muri - Ylikuormitus**

Muri tarkoittaa ihmisten tai laitteiden ylikuormittamista. Ihmisten ylikuormitus voi vaikuttaa laatuun ja turvallisuuteen. Laitteiden ylikuormitus voi aiheuttaa laiterikkoja ja katkoksia tuotantoon. (Liker 2010, 114.)

Mura, eli tuotannon epätasaisuus aiheuttaa ylikuormitusta, eli Muria. Kuormittamisen suunnittelulla voidaan ehkäistä ylikuormitusta, mutta haasteena siinä on kysynnän vaihtelut. Ihmisten ylikuormitusta ja työstä stressaantumista voi aiheuttaa puutteellinen koulutus, määrittelemätön työskentelytapa, huonot työkalut sekä huono tietämys suoritettavan työn tehokkuudesta. (Lean Manufacturing Tools 2018.)

## **2.2 Heijunka - Työn tasapainottaminen**

Heijunka tarkoittaa tuotannon ja aikataulujen tasapainottamista. Kuten aiemmin on mainittu, sillä saadaan eliminoitua tuotannon epätasaisuutta eli Muraa. Heijunka on myös edellytys juuri oikeaan aikaan (JIT) tuottamiselle. Sen tarkoituksena on välttää turhan suuria tuoteryhmien ja tuotantomäärien eräajoja. (Leaniksi 2017.)

Perinteisesti tuotantolinja, jossa valmistetaan muutamia eri tuotteita, on suunniteltu valmistamaan tuotteita epätasaisesti sen mukaan, miten asiakkaiden kysyntää on ennustettu. Esimerkiksi tuotetta A valmistetaan maanantaista keskiviikkoon, tuotetta B keskiviikosta torstaihin ja tuotetta C torstaista perjantaihin. Tällainen tuotantotapa johtuu pitkistä asetusajoista tuotantolinjoilla tuotteiden vaihdoksien välillä. Se myös aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia, varastointia,

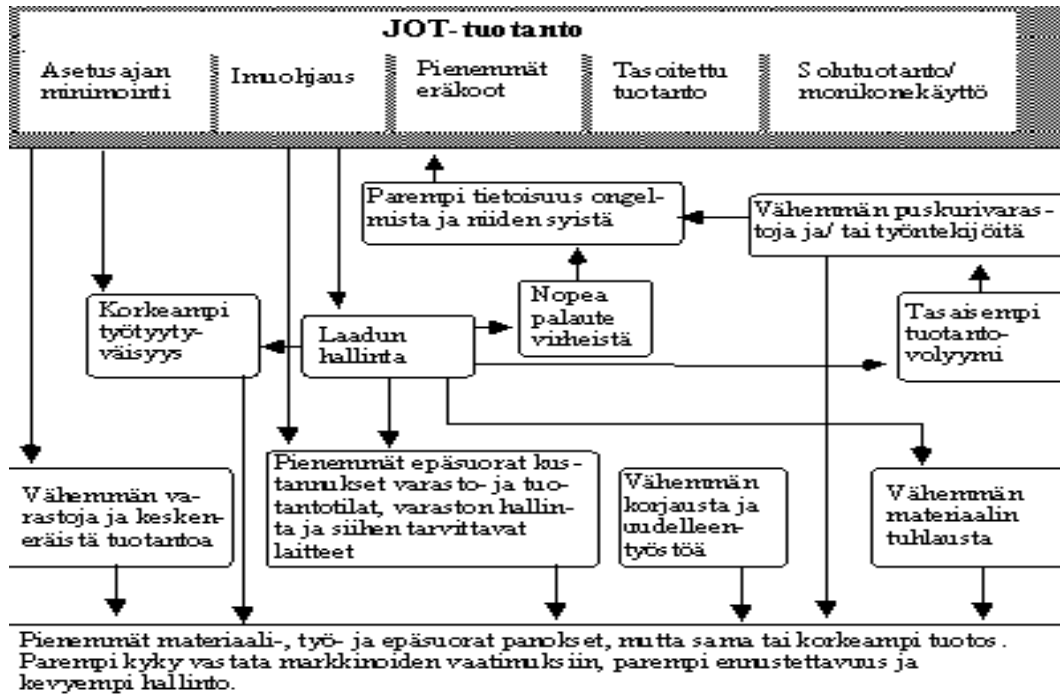
epätasaista resurssien käyttöä ja epätasaista kysyntää edeltävissä prosesseissa. (Liker 2010, 116–117.)

Tasapainotetussa Heijunka -tuotannossa valmistetaan tuotteita asiakkaan kysynnän mukaan. Tämän mahdollistaa tuotantolinjan kehittäminen niin, että voidaan valmistaa kaikkia kolmea tuotetta samalla linjalla ilman turhia työkalujen vaihtoja tai pitkiä asetusaikoja. Toisin sanoen tuotantolinjasta tehdään sekamallinen linja, jossa voidaan valmistaa juuri kysyttyjä tuotteita, oikea määrä ja oikeaan aikaan. Heijunkan etuja ovat muun muassa tuotantolinjan joustavuus kysynnän vaihdellessa, varastointitarpeen väheneminen, pienempi myymättömien tuotteiden riski, työvoiman tasaisempi käyttö ja tasaisempi kysyntä edeltävissä prosesseissa. (Liker 2010, 118–119.)

### **2.3 JIT - Juuri oikeaan aikaan**

JIT, eli just-in-time on tavoitteellinen tuotannon tila, jossa valmistetaan juuri oikea määrä tuotteita oikeaan aikaan. Suomessa juuri oikeaan aikaan saatetaan lyhentää JOT. JIT pitää sisällään periaatteita, työkaluja ja menetelmiä, joiden avulla saadaan lyhyempää läpimenoaikaa ja näin ollen voidaan valmistaa pienempiä eriä ilman varastointia. (Liker 2010, 23.)

JIT-toiminnan avulla saadaan tuotantoa paremmaksi ja yksinkertaisemmaksi muun muassa muodostamalla tuoteperheitä, minimoimalla asetusaikoja, muuttamalla ohjaus visuaaliseksi, vähentämällä varastoja ja vakioimalla osia, jotta saavutettaisiin sarjatuotannon etuja (Peltonen 1998). Keskeinen ajatus JIT-tuotannossa on imuvirtauksen luominen, jonka etuja ovat muun muassa helpompi laadunhallinta, välivarastojen poistuminen ja joustavuus kysynnän vaihdellessa. JIT-tuotanto kuulostaa epävarmalta, jos esimerkiksi työlaite hajoaa, koska varastointia ei juurikaan ole. Tämän takia kehittyi Jidoka, jonka tarkoitus on estää virheellisten tuotteiden pääsy toimitukseen, auttaa ongelmanratkaisussa ja rakentaa laatua tuotantoprosessissa. (Liker 2010.) Kuviossa 2 nähdään myös muita JIT-tuotannon etuja ja mitä niiden saavuttaminen vaatii.



Kuvio 2. Kuviossa esitetään JIT-tuotannossa vaikuttavia tekijöitä ja sitä, mihin ne vaikuttavat (Peltonen 1998).

### 3 Prosessien mittaaminen

Tässä opinnäytetyössä mittaamista käytetään määrittämään työpisteen nykytilannetta, sekä saavutettuja tuloksia kehitystöiden jälkeen. Nykytila määrittämällä saadaan myös selville tuotannon ongelmakohtia, joita voidaan lähteä kehittämään.

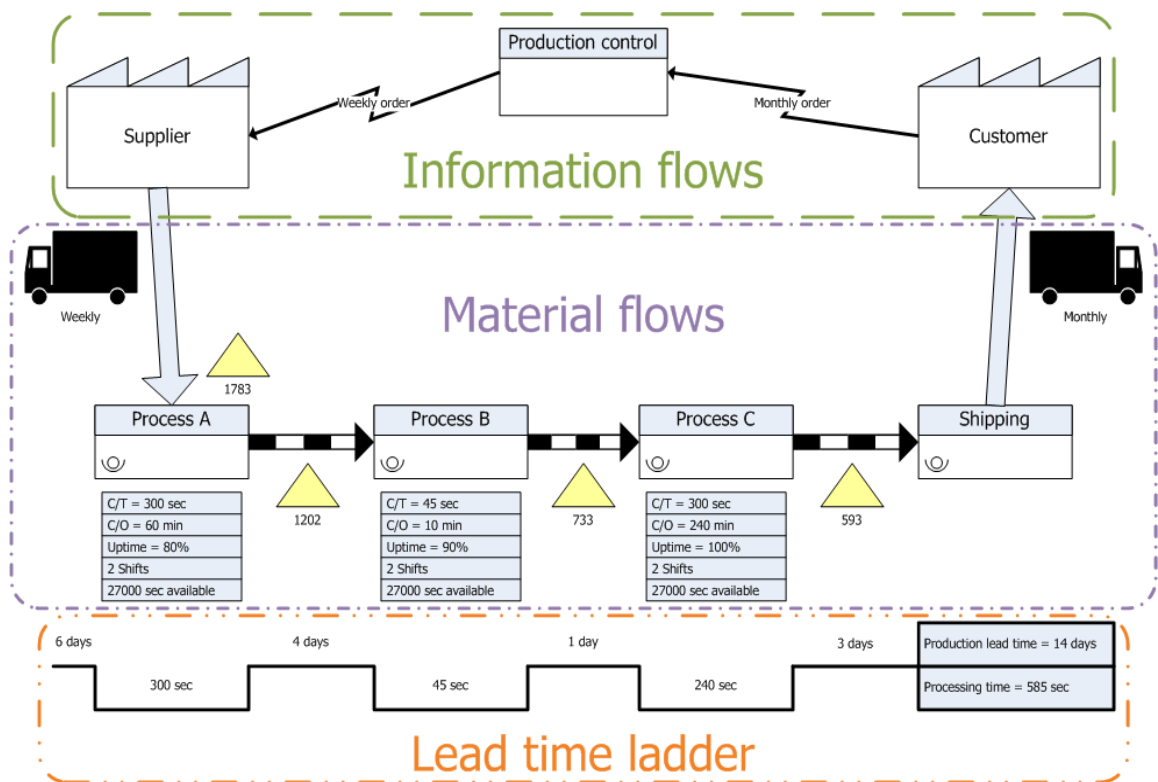
Tässä työssä nykytila määritellään arvovirtakuvauksella sekä koneiden kokonaistehokkuuden mittaamisella. Näihin käytetään Lean-työkaluja VSM ja OEE.

#### 3.1 VSM

VSM (Value Stream map) eli arvovirtakuvaus on työkalu, joka auttaa hahmotamaan prosessin kokonaisuutta. Sen tarkoitus on tuoda esille tuotantoketjun todelliset ongelmakohtat, jotta tiedetään, mihin parannuksia tulisi toteuttaa. Ar-

vovirtakuvaus osoittaa visuaalisesti, miten prosessin yksittäiset vaiheet toimivat ja kuinka niitä johdetaan. Sitä on käytetty jo 1950-luvulta alkaen Japanissa kokonaisuuden arvioinnissa, jotta vältyttäisiin turhien yksittäisten vaiheiden optimoinneilta. (Piirainen 2015.)

Arvovirtakuvauksen tekemiseen tarvitaan tietoa toiminnoista, tiedon kulusta ja asiakkaan kysynnästä. Ennen arvovirtakuvauksen tekemistä on luotava numeerinen päämäärä, jotta sen toteuttaminen konkretisoituu. Arvovirtakuvaus toteutetaan visuaalisesti niin, että kaikki ymmärtäisivät kokonaisuuden samalla tavalla, mikä taas helpottaa johtopäätösten tekemistä parannettavien kohtien osalta. (Piirainen 2015.) Arvovirtakuvauksessa tehdään ensin kuvaus nykytilasta ja sen jälkeen tulevaisuudentilasta. Se sisältää myös yksittäisten prosessien tietoja, kuten jaksoajat, vaihtoajat, toiminta-ajat, vuorojen määrät, hylkäysmäärät, henkilömäärät ja käytettävyyden. (Väisänen 2013.) Kuvio 3 havainnollistaa arvovirtakuvauksen sisältöä.



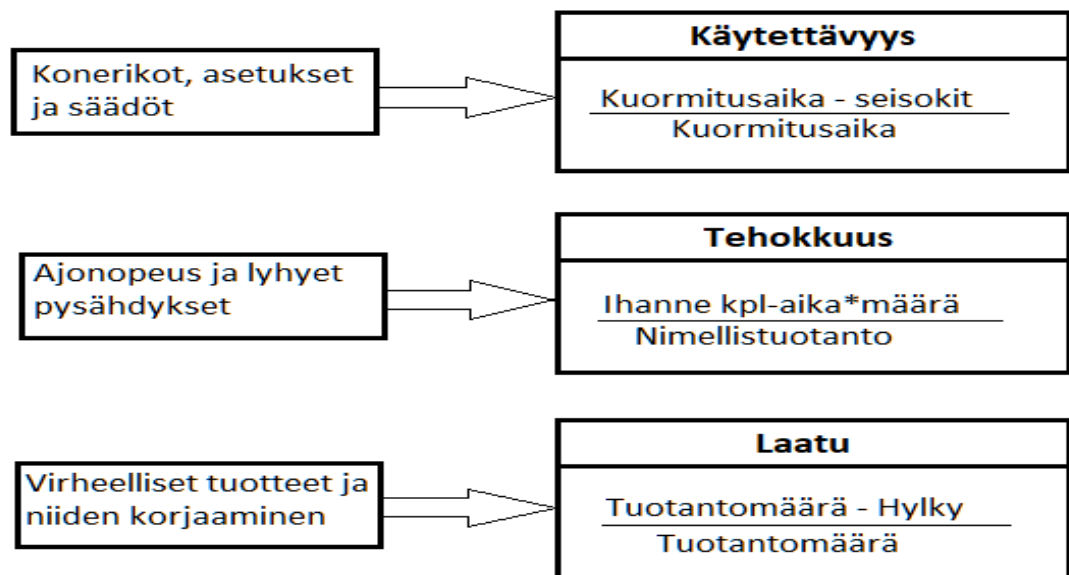
Kuvio 3. Esimerkki arvovirtakuvauksen rakenteesta (Daniel Penfield 2013).

### 3.2 OEE -luku

OEE -luvulla (Overall Equipment Efficiency) tarkoitetaan tuotantokoneiden kokonaistehokkuutta kuvaavaa lukua, joka saadaan kertomalla tuotantokoneen käytettävyys, tehokkuus ja laatu keskenään. Mittaamalla ja laskemalla OEE -luku saadaan selville kaikki koneeseen liittyvät tuhlauksen lajit, jotta nähdään, mikä estää konetta toimimasta tehokkaasti. (Villanen 2013.)

Käytettävyyteen vaikuttavat esimerkiksi laitteen häiriöt, asetusajat, työkalun rikkoontuminen ja muut ylimääräiset tauot. Tehokkuuteen vaikuttavat muun muassa alennettu nopeus ja lyhyet pysäytykset. Alennettua nopeutta saatetaan käyttää, koska suunniteltu nopeus voi aiheuttaa tuotteen ominaisuuksissa hajontaa. Lyhyillä pysäytyksillä tässä tapauksessa tarkoitetaan pysäytyksiä, joissa laite ei ole kuitenkaan rikki. Laatuun taas vaikuttavat muun muassa hylkytuotteet ja korjattavat tuotteet. (Villanen 2013.)

Yleensä koneiden häiriöistä muistetaan helpoiten kaiken toiminnan pysäyttävät häiriöt, kuten salaman aiheuttama jännitepiikki, josta koneen ohjaukorkti palaa. Tällaiset häiriöt ovat yksittäisiä, erityyisistä johtuvia häiriöitä. Merkittävämpiä työn sujuvuuden kannalta ovat kuitenkin krooniset syyt, joiden poistaminen alkaa ongelman juurisyyn selvittämisestä. (Villanen 2013.) Kuviossa 4 on esitetty OEE -luvun kolme mitattavaa kohdetta, niiden laskentatapa ja niihin vaikuttavia tekijöitä. OEE -luku saadaan laskettua kertomalla kolme päätekijää yhteen:  
$$\text{Käytettävyys} * \text{Tehokkuus} * \text{Laatu} = \text{OEE}.$$



Kuvio 4. Kuvaus kokonaistehokkuuden osa-alueisiin vaikuttavista tekijöistä ja laskentatapa. (Villanen 2013.)

## 4 Ongelmanratkaisu

Ongelmanratkaisuun löytyy paljon Lean pohjaisia menetelmiä. Tässä opinnäytetyössä käytettävät ongelmanratkaisun menetelmät on valittu ajatellen opinnäytetyön kohteena olevan työpisteen tarpeita.

Tässä työssä ongelmanratkaisuun käytetään jatkuvan parantamisen ja oppimisen menetelmää Kaizenia sekä järjestelmällisesti etenevää PDCA -sykliä. Juurisyyyn määrittämiseen käytetään 5x miksi -menetelmää.

### 4.1 Kaizen - Jatkuva parantaminen ja oppiminen

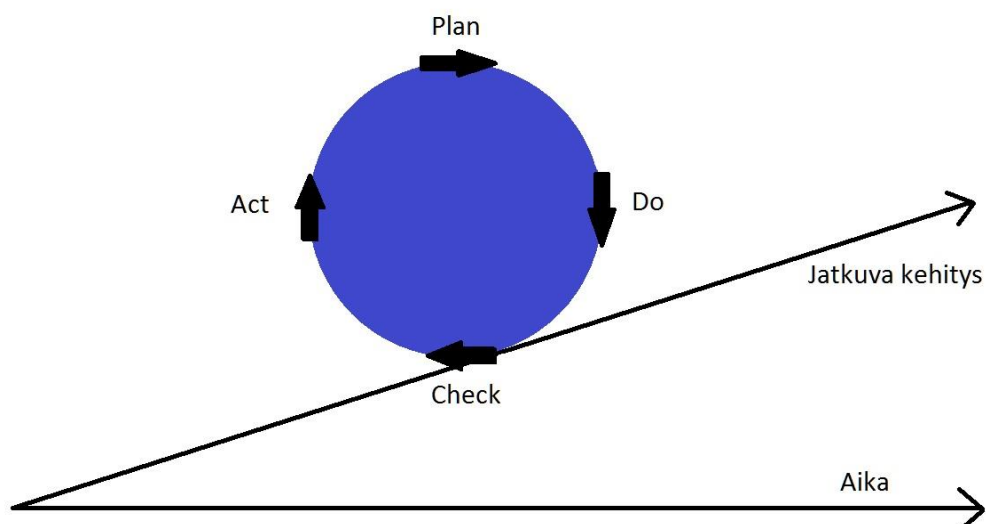
Kaizen tarkoittaa toiminnan jatkuvaa parantamista, olivatpa parannukset kuinka pieniä tai suuria tahansa, ja ongelmatilanteista oppimista. Jatkuvalle parantamisella on tarkoitus saada eliminoitua arvoa tuottamatonta hukkaa. (Liker 2010, 23.)

Kaizenin tavoitteena on opettaa työntekijöille taitoja ratkaista ongelmia ja kehittää toimintaa sekä opettaa itseohjautuvaa johtamista pienissä työryhmissä. Tämä auttaa päätöksen teon siirtymistä työntekijöille, jotka pääsevät ryhmissä keskustelemaan ja vaikuttamaan tuotannon kehitykseen. (Liker 2010, 23.)

## 4.2 PDCA

Jatkuvan parantamisen ongelmanratkaisumenetelmänä ja kehäoppimismallina toimii PDCA -malli (plan-do-check-act). Malli sisältää neljä vaihetta, jotka ovat suunnittele, toteuta, tarkasta ja toimi. Ensimmäisessä vaiheessa tunnistetaan ongelma, etsitään sille juurisyy, määritetään tavoite ja tehdään toimintasuunnitelma prosessin parantamiseksi. Toisessa vaiheessa toteutetaan muutokset ja ratkaisut. Kolmannessa vaiheessa tarkastetaan, saavutettiinkö tavoitteet, mitä voidaan vielä kehittää ja oliko juurisyyt määritetty oikein. Neljännessä vaiheessa kirjoitetaan uudet standardit, estetään ongelman uusiutuminen ja tunnistetaan jatkokehitystoimenpiteitä. (Kotiposti 2018.)

PDCA -malli on päättymätön laadun parantamisen prosessi, jossa kehittämisen vaiheet ovat kytkeytyneet toisiinsa nousten aina uudelle kehittämisen tasolle (Kotiposti 2018). Kuviossa 5 on havainnollistettu PDCA -kehän kiipeäminen jatkuvan kehittämisen janaa sykleittäin, nousten aina uudelle kehittämisen tasolle.





Kuvio 5. Kuviossa havainnollistetaan PDCA -menetelmä osana jatkuvaa parantamista. (Kotiposti 2018.)

### 4.3 Juurisyy

Juurisyyyn analysointiin voidaan käyttää 5x miksi -menetelmää, jossa ongelman ilmaantuessa kysytään viisi kertaa miksi. Tämä menetelmä on olennainen osa Kaizenia. Näin saadaan selville syy- ja seuraussuhteet ja ongelman aiheuttanut juurisyy tai päästään lähelle sitä. Jos juurisyy ei ilmene viiden miksi -kysymyksen jälkeen, kysymistä jatketaan, kunnes todellinen taustasy ilmenee. (Kohti laatua 2018.)

Kun ongelmaa lähdetään ratkaisemaan mahdollisimman syvältä juurisyyyn kautta, saadaan estettyä ongelman uusiutuminen korjaamalla sen todellinen aiheuttaja (Kohti laatua 2018). Kuviossa 6 voidaan helposti päätellä, että ongelma uusiutuu, jos korjaavia toimenpiteitä ei lähdetä suorittamaan juurisyyyn kautta.

	Ongelma	Korjaava toimenpide
Miksi?	Asiakas antaa palautetta huonosta laadusta	Lähetetään uusi tuote
Miksi?	Kone valmistaa virheellisiä tuotteita	Valmistetaan uudestaan
Miksi?	Anturi pätkii ajoittain	Vaihdetaan anturi
Miksi?	Anturi on likaantunut	Puhdistetaan anturi
Miksi?	Ehkäisevää kunnossapitoa ei suoritettu	Määrätään suorittamaan kunnossapitoa
Juurisyy	Kunnossapidon ohjeistus epäselvää	Tehdään selkeät ohjeet

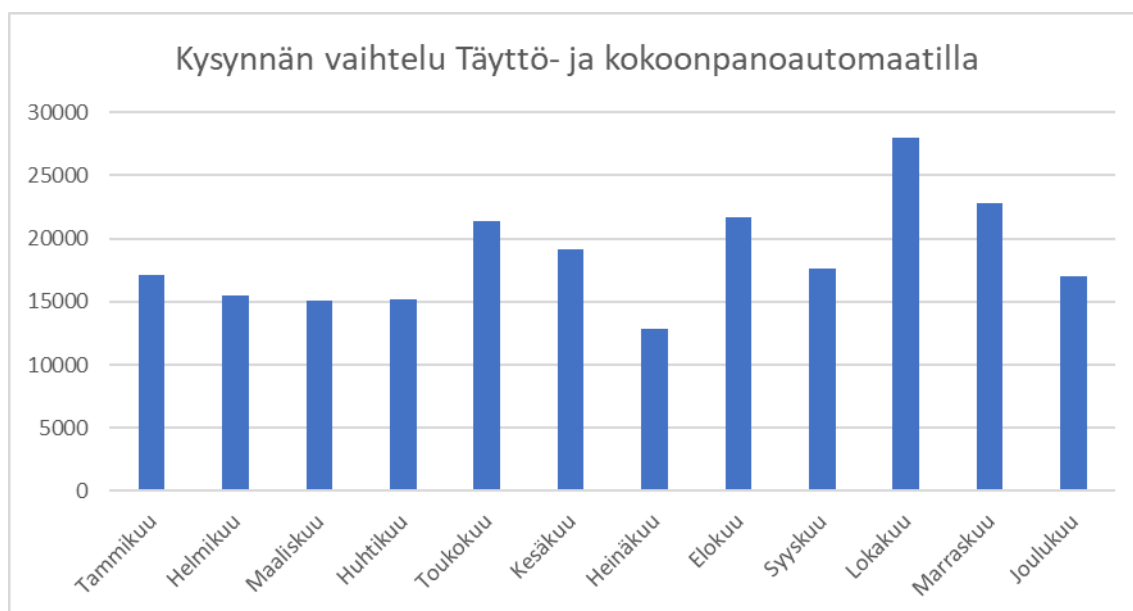
Kuvio 6. Esimerkki 5x miksi -menetelmän käyttämisestä.

## 5 Mittaaminen ja tulosten analysointi

Työn toteutus alkoi nykytilan kuvauksella, jotta nähtiin nykyinen tuotannon tila. Tämän tekemiseen käytettiin arvovirtakuvaus-menetelmää, VSM. Sen jälkeen mitattiin koneiden kokonaistehokkuutta OEE -luvulla, josta selvisi koneiden ajossa esiintyvät hävikit.

Aluksi tehtiin arvovirtakuvaus, jolla kuvataan materiaalien ja tietojen kulku prosessin kokonaisuuden hahmottamiseksi. Arvovirtakuvausta tehtäessä seurattiin tällä hetkellä eniten valmistettavaa Sento -sylinterimallia, jonka osuus täyttöautomaatin ja kokoonpanoautomaatin toiminnassa on 85 %. Arvovirtakuvauksesta (liite 2) nähdään arvoa lisäävän ajan osuuden olevan 39,4 sekuntia ja työvaiheiden väliltä syntyvän arvoa lisäämättömän ajan yhteensä 13,5 päivää tuotannon prosessien läpi kulkiessa. Huomion arvoista kuvauksessa on myös tiedon kulkeminen ja prosessien väliset aikajaksot, jotka vaikuttavat välivarastoissa olevien kappaleiden määriin aaltoilevasti.

Seuraavaksi selvitettiin kysynnän vaihtelu vuodelta 2017, jossa on otettu huomioon kaikki täyttö- ja kokoonpanoautomaatin läpi menneet tuotteet. Tämä antaa kuvan siitä, kuinka tarvittava tuottavuustaso vaihtelee kuukausittain työpisteessä. Kuviossa 7 on esitetty työpisteen kysynnän vaihtelua kuukausittain.



Kuvio 7. Pylväsdiagrammi kysynnän vaihtelusta kuukausittain työpisteellä.

Kuviosta voidaan havaita vaihtelun olevan ajoittain suurta. Esimerkiksi lokakuussa päivittäisen tarvittavan tuottavuuden tuli olla noin 1333 kappaletta, kun taas heinäkuussa noin 611 kappaletta.

Seuraavaksi mitattiin koneiden kokonaistehokkuutta. Kokonaistehokkuudet mitattiin täyttöautomaatista sekä kokoonpanoautomaatista. Niiden mittaamisessa haasteita aiheutti koneiden seisahduksien syiden toteaminen, esimerkiksi oliko kyseessä käytettävyyteen vai tehokkuuteen vaikuttava seisahdus. Käytettävyyden ja tehokkuuden väliset poikkeamat eivät kuitenkaan vaikuta kehitystyön tekemiseen, koska mitattaessa kirjattiin ylös myös kaikkien seisokkien syyt yksityiskohtaisesti. Kokonaistehokkuuden mittaamisessa otettiin huomioon tuotteiden volyymit, joten mittaustulokset rajattiin vain eniten valmistettaviin tuotteisiin.

Kokonaistehokkuutta mitattaessa huomio painottuu käytettävyyteen, koska arvovirtakuvaus osoittaa koneiden tahtiaikojen vastaavan helposti kysyntään. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että koneiden tehokkuus on riittävä vastaamaan tarvittavaan päivittäiseen tuottamiseen. Koneet tuottavat laadultaan pääsääntöisesti hyviä tuotteita.

## **5.1 Täyttöautomaatti**

Täyttöautomaatti oli ensimmäinen kokonaistehokkuuden mittauksen kohde. Täyttöautomaatti leikkaa koodilevyt aiemmassa koneessa kokoonpantavaan lukkosylinteriin ja asentaa kierronrajoittimen ja profiililevyn. Täyttöautomaatin tehokkuutta mitattaessa ilmeni aiemmassa työvaiheessa kokoonpantavan kierronrajoittimen hajoamista täyttöautomaatilla, minkä takia konetta jouduttiin pysäyttelemään sen korjaamiseksi. Tämä kuitenkin johtui kierronrajoittajien viallisista osista, jotka vaihdettiin uusiin, ja ongelma korjaantui. Tämän vuoksi kierronrajoittajien hajoamisesta aiheutuvia seisahduksia ei ole otettu huomioon mittaustuloksissa. Kuviossa 8 nähdään täyttöautomaatin kokonaistehokkuus ja sen osatekijät.

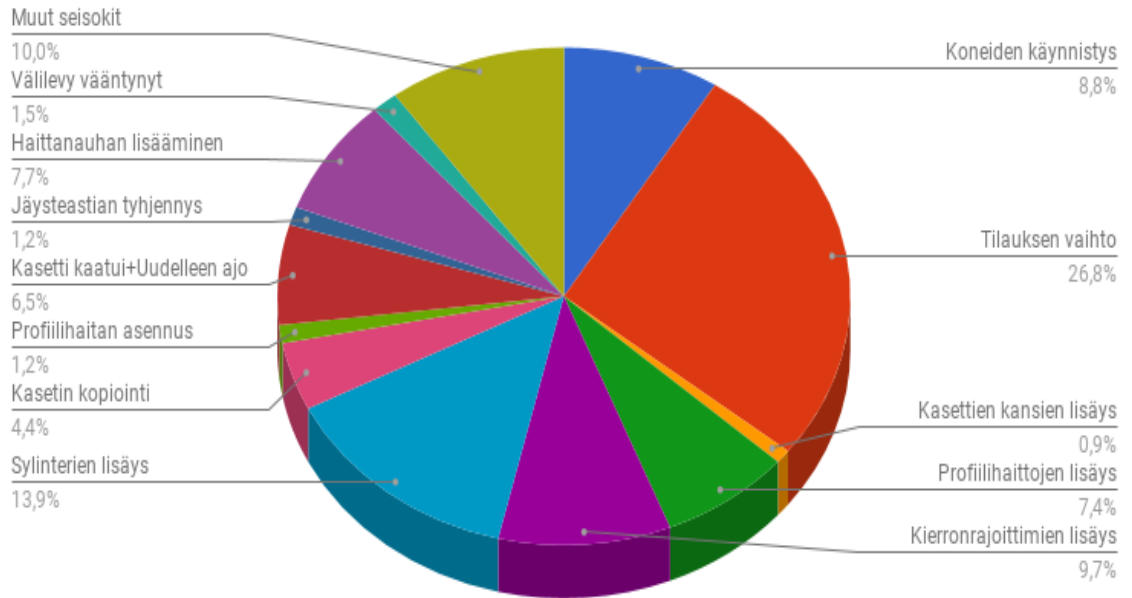
<b>Käytettävyys:</b>				
59 %				
<b>Tehokkuus:</b>		→ Kokonaistehokkuus:		38 %
65 %				
<b>Laatu:</b>				
99 %				

Kuvio 8. Täyttöautomaatin kokonaistehokkuus.

Kuten mittaustuloksista voi havaita, täyttöautomaatin käytettävyydessä ja tehokkuudessa on kehitettävää, mutta kuten aiemmin todettu, nykyinen tehokkuus riittää vastaamaan kysyntää. Käytettävyyttä parantamalla, eli seisokkeja vähentämällä, saadaan merkittävimmin parannettua koneen kokonaistehokkuutta.

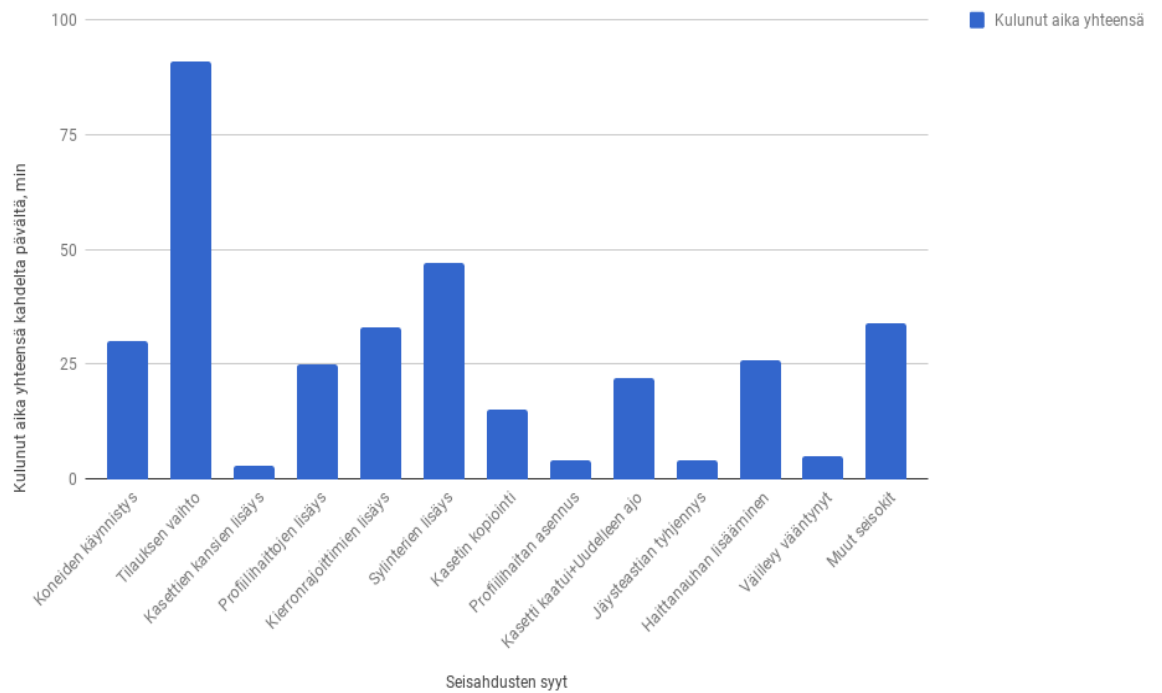
Täyttöautomaatissa tapahtuvien seisokkien syitä mitattiin yksityiskohtaisesti, jotta ongelmanratkaisua voidaan kohdentaa kriittisimpiin kohtiin. Kuvioista 9 ja 10 nähdään aiemmin mainitut seisokkien osuudet prosentuaalisesti sekä yksityiskohtaisesti seisokkeihin kuluneet ajat kahden päivän mittausjaksolta.

## Seisokkien osuudet



Kuvio 9. Ympyrädiagrammi täyttöautomaatin seisokkien osuuksista.

## Täyttö automaatin seisokit



Kuvio 10. Pylväsdiagrammi kuhunkin seisokkiin kuluneesta ajasta kahdelta päivältä.

## 5.2 Kokoonpanoautomaatti

Kokoonpanoautomaatti oli toinen kokonaistehokkuuden mittauksen kohde. Kokoonpanoautomaatti kokoaa lukkosylinterin lukkopesään tarvittavine hyödykkeineen ja yksilöi lukkopesän leimaamalla sen. Kokoonpanoautomaatissa on linja, jonka varrella on työasemia. Kokoonpantavat kappaleet liikkuvat kelkoissa näiden työasemien välillä.

Kokoonpanoautomaatin kokonaistehokkuuteen vaikuttaa eniten alentavasti sen käytettävyys, jossa on parantamisen varaa. Automaatin käytettävyyteen vaikutti eniten se, että koottavien kappaleiden valmistusta täytyi odottaa täyttöautomaatilta. Käytettävyys väheni myös siksi, että automaatin eri työasemissa tapahtui virheitä, jotka aiheuttivat seisokkeja. Kokoonpanoautomaatin tehokkuuden mittaamisessa haasteita tuotti kappaleiden liikkuminen ja valmistuminen muilla asemilla, vaikka koneesta ei tulisi valmiita kappaleita ulos. Tällainen tilanne tulee esimerkiksi jonkun aseman ollessa virhetilassa. Tämän vuoksi kokoonpanoautomaatista tehtiin myös sovellettu arvovirtakuvaus selkeyttämään sen tehokkuutta ja toimintaa. Kokoonpanoautomaatin arvovirtakuvaus on esitetty liitteessä 1. Kuviossa 11 nähdään kokoonpanoautomaatin kokonaistehokkuus ja sen osatekijät.

<b>Käytettävyys:</b>					
50 %					
<b>Tehokkuus:</b>		→ Kokonaistehokkuus:			44 %
88 %					
<b>Laatu:</b>					
99,6 %					

Kuvio 11. Kokoonpanoautomaatin kokonaistehokkuus.

Liitteessä 1 nähdään kokoonpanoautomaatin arvovirtakuvaus sekä sen asemien ilmoittamien virheiden osuudet laskettuna neljältä päivältä. Virheiden osuuksissa on otettu huomioon virheiden määrä ilman niiden korjaamiseen kuuluvaa aikaa, koska virheen korjaamiseen kuluva aika riippuu paljon siitä, millä puolella kokoonpanoautomaattia sen käyttäjä on. Virheen sattuessa automaatin käyttäjä joutuu kävelemään pysähtyneen aseman luokse saadakseen se taas toimimaan. Virheiden osuuksissa ei ole otettu huomioon materiaalipuutteista johtuvia seisokkeja, koska niihin voidaan vaikuttaa usein ennakoimalla niin, ettei se oleellisesti vaikuta automaatin käytettävyyteen. Kokoonpanoautomaatin arvovirtakuvauksesta nähdään, että kappaleen kulkiessa koneen läpi arvoa lisäävän ajan osuus on 38% ja arvoa lisäämättömän ajan osuus 62%. Tämä johtuu asemien välisistä välimatkoista.

## **6 Kehitysideat**

Kehitysideoita lähdettiin keksimään edellä havaittujen ja analysoitujen ongelmien ratkaisemiseksi. Kehitysideoita syntyi analysoimalla ongelmia sekä haastatteleamalla työpisteen kokeneita työntekijöitä.

Parannusehdotuksia kehitettiin täyttöautomaatin ja kokoonpanoautomaatin toimintaan sekä niiden tilauksien vaihtamiseen. Parannusehdotuksia syntyi myös materiaalivirtauksien kehittämiseen.

### **6.1 Täyttöautomaatti**

Täyttöautomaatin kokonaistehokkuutta analysoidessa havaittiin käytettävyydessä olevan eniten kehitettävää. Tämän vuoksi käytettävyyteen vaikuttavat osatekijät eriteltiin, joista havaittiin, että tilauksen vaihtaminen on ylivoimaisesti suurin (26,8%) käytettävyyteen negatiivisesti vaikuttava tekijä ja toiseksi suurin oli sylinterien lisääminen (13,9%). Tilauksen vaihto etenee käytännössä seuraavasti: Edellisen tilauksen loppuessa lasketaan haittanauhaa alaspäin, jotta sen yli

pääsee astumaan, kävellään noin 8 metriä koneen äänieristetyistä kopista koneelta ohjaavalle tietokoneelle, katsotaan tilauspaperista seuraava tilaus, valitaan tietokoneella uusi ajettava tilaus, kävellään takaisin tuotantokoneelle ja käynnistetään se nappeja painamalla.

Tilauksen vaihtamiseen ja sylinterien lisäämiseen kuluvien aikojen juurisyyt kaivettiin 5x miksi -menetelmällä. Kuviossa 12 nähdään tilauksen vaihtamisen ja kuviossa 13 sylinterien lisäämisen 5 kertaa miksi -analyysi.

Ongelma	Tilauksen vaihtamisessa kestää
Miksi?	Joudutaan kävelemään tietokoneelle
Miksi?	Tietokone ei ole täyttöautomaatin luona
Miksi?	Se on sijoitettu täyttöautomaatin äänieristettyjen seinien ulkopuolelle
Miksi?	On vain yksi tietokone ja sillä ohjataan myös kokoonpanoautomaattia
Miksi?	Tietokone tarvitsee tietoa molemmilta tuotantokoneilta
Juurisyys	Tietokoneen etäohjausta ei ole mahdollistettu täyttöautomaatilta

Kuvio 12. Tilauksen vaihtamiseen kuluvan ajan juurisyyn etsintään käytetty 5x miksi -menetelmä.

Ongelma	Sylinterien lisäämisessä kestää
Miksi?	Ne pääsevät loppumaan linjalta
Miksi?	Niitä ei ehditä lisäämään koneen käydessä
Miksi?	Konetta joudutaan seuraamaan
Miksi?	Siinä tapahtuu virheitä osien valmistuksessa tai asennuksessa
Miksi?	Osa koneen toiminnoista epävarmoja
Juurisyys	Osaa koneen toiminnoista ei ole suunniteltu varmatoimisiksi

Kuvio 13. Sylinterien lisäämiseen kuluvan ajan juurisyyn etsintään käytetty 5x miksi -menetelmä.



Kuten 5x miksi -menetelmästä voidaan havaita, koneen käydessä sen toimintaa seurataan, jotta voidaan estää linjalla mahdollisesti tulevat virheet, kuten kasetin kaatuminen, profiilihaitan asennuksen epäonnistumisen, kierronrajoittimen asennuksen epäonnistumisen ja vääntyneiden välilevyjen pääseminen koneen läpi seuraavaan työvaiheeseen. Näitä koneen osatoimintoja olisi syytä korjata varmatoimiksi niin, ettei automaattista konetta tarvitsisi olla jatkuvasti seuraamassa sen käydessä. Näiden ongelmien korjaaminen itsessään jo nopeuttaisi myös tilauksen vaihtoa, koska tietokoneelle voisi mennä valmiiksi tilauksen vaihtoa varten, koneen vielä käydessä. Toisin sanoen täyttöautomaatin seuraaminen vaikuttaa viidestä eniten aikaa vievästä seisokkien syistä neljään.

Sillä puolella, missä täyttöautomaattia seurataan, ei voi ohjata konetta muuten, kuin pysäyttämällä se. Tilauksen vaihtoa nopeuttaisi tietokoneen siirtäminen tai sen käyttämisen mahdollistaminen täyttöautomaatin kopin sisäpuolella, jolloin turha kävely poistuisi. Samalla tietokoneella ohjataan myös kokoonpanoautomaattia, joten sopivampi ratkaisu olisi mahdollistaa tietokoneen käyttö täyttöautomaatin luona niin, ettei itse tietokonetta siirrettäisi. Haittanauhan laskemiseen kuluva aika saataisiin eliminoitua muokkaamalla nauhan syöttöä kulkemaan alempana esimerkiksi listan alla, tai tietokoneen ohjauksen ja täyttöautomaatin käynnistyksen mahdollistaminen automaatin toiselta puolen. Tällöin tilauspaperien liikkumiseen olisi kehiteltävä ratkaisu, koska kokoonpanoautomaatin ajamisessa tarvitaan samoja tilauspapereita. Nykyään tilauspaperit säilytetään lokerossa tietokoneen luona. Tähän ongelmaan ratkaisu voisi olla esimerkiksi lokero täyttöautomaatin kopin seinässä, josta kokoonpanoautomaatin käyttäjä voisi ottaa täyttöautomaatilta valmistuneet tilaukset ajettavakseen tai paljon tilauksia sisältävän tilauspaperin tulostaminen sekä täyttöautomaatille että kokoonpanoautomaatille.

Tilausten sisältämät kappalemäärät vaihtelevat yksittäisistä kappaleista satoihin sekä tilauspaperissa olevien tilausten määrä yhdestä reiluun kymmeneen riippuen kyseisen valmistettavan päivän tilausmäärästä. Tilaukset valitaan ajettavaksi tilauspaperista, joka sisältää yleensä useita tilauksia, joista jokaisen joutuu käydä laittamassa erikseen ajoon tietokoneella. Esimerkiksi avainsolussa laitteet valmistavat kaikki tilaukset tilauspaperista ilman pysäytyksiä tai tilauksen

vaihtamista erikseen. Työntekijöitä haastatellessa selvisi, että myös täyttöautomaatilla ja kokoonpanoautomaatilla on voitu ennen ajaa kaikki tilauspaperin tilaukset ilman pysäytyksiä, mutta ohjelmiston uudistuksen jälkeen tilanne muuttui. Ohjelmistoa jouduttiin muuttamaan, koska aiempi ohjelmisto meni jumiin, eikä sillä saatu enää ohjattua tuotantokoneita. Työntekijät kokivat aiemman tavan nopeammaksi ja paremmaksi, sekä valmistettävien kappaleiden identifioinnin helpommaksi entisellä tavalla toimiessa. Tilauspaperin kaikkien tilausten ajamisen mahdollistaminen ilman jokaisen tilauksen vaihtamista erikseen, vähentäisi tilauksen vaihtamiseen kuluvaan aikaa merkittävästi sekä täyttöautomaatilla että kokoonpanoautomaatilla.

## **6.2 Kokoonpanoautomaatti**

Kokoonpanoautomaatin toiminnassa esiintyvät hukat painottuvat automaatin eri asemissa tapahtuviin pysähdyksiin. Asemissa tapahtuu pysähdyksiä johtuen esimerkiksi rajojen likaantumisesta, johtojen kosketushäiriöistä, venttiilien jumiutumisesta, sylinterien vuotamisesta, linjojen likaantumisesta, asemien välillä kulkevien kelkkojen likaantumisesta, viallisista paleteista ja niin edelleen. Näitä ongelmia aiheuttavia tekijöitä saataisiin eliminoidua kunnossapidon edistämislä. Yleensä näitä ongelmia korjataan niin, että esimerkiksi kosketushäiriöinen johto laitetaan kuminauhalla niin, että se toimii taas seuraavat pari tuntia, kunnes sitä taas joutuu säätämään tai jumiutuneelle venttiilille annetaan aamulla vähän vauhtia niin, että se lähtee toimimaan ja seuraavana aamuna sama toistuu. Näissä tilanteissa ei estetä ongelman uusiutumista, minkä takia ongelmien määrät pääsevät lisääntymään.

Käyttäjäkunnossapidon ohjeistus on kattava. Se sisältää yksityiskohtaiset ja kuvalliset ohjeet automaatin puhtauden ylläpitämiseen, öljytasojen tarkasteluun ja lisäämiseen, mustesuihkun puhdistamiseen ja kunnossapitoon sekä tarvittavien komponenttien voiteluun. Näille on myös määritetty, milloin niitä tulisi suorittaa. Kunnossapidon ohjeistuksessa kehoitetaan myös ilmoittamaan välittömästi toiminnassa esiintyvien puutteiden esiintymisestä esimiehelle tai kunnossapidolle.

Työpisteen toiminta on käytännössä hyvin itseohjautuvaa. Sen työntekijät ratkaisevat suuren osan tulevista ongelmista omatoimisesti sekä miettivät ratkaisuja yhdessä. Havaittaessa puutteita kokoonpanoautomaatin toiminnassa tulisi kuitenkin kääntyä useammin kunnossapidon ammattilaisten puoleen, jotta ongelmat saataisiin ratkaistua ilman niiden jatkuvaa uusiutumista.

Kokoonpanoautomaatin asemien työvaiheissa kuluvaa aikaa seurattaessa havaittiin selkeä pullonkaula-asema. Eniten aikaa kuluu asemassa 126, 11 sekuntia, ja toiseksi eniten asemassa 120, 6 sekuntia. Asema 126 mittaa kokoonpantavaan lukkopesään tarvittavien säätölevyjen määrää ja paksuutta, sekä asentaa ne. Tämä pullonkaula-asema hidastaa kappaleiden läpimenoaikaa ja laskee tuottavuutta. Tässä asemassa tapahtuu myös eniten virheistä aiheutuvia seisahduksia, minkä takia se on kehittämisen tarpeessa. Kokoonpanoautomaatin asemien työvaiheisiin kuluvat ajat ja virheiden osuuden on nähtävissä liitteessä 1.

### **6.3 Materiaalivirtaus**

Materiaalivirtauksissa havaittiin vaihtelua, joka vaikuttaa välivarastoissa olevien kappaleiden määriin. Kuten arvovirtakuvauksesta nähdään, esimerkiksi pesun ja osakokoonpanon välillä kappaleella kestää kuusi päivää päästä seuraavaan prosessin vaiheeseen. Tuotannonohjaus antaa koneistukselle uuden tilauksen vasta kun kappaleita on valmistunut täyttö- ja kokoonpanoautomaatilta ja varastosaldon hälyraja on saavutettu. Tällöin sylintereitä voi aika ajoin kasaantua työvaiheiden välissä oleviin välivarastoihin enemmän, kuin tarve vaatii. Koneistuksen työntekijää haastatteleamalla selvisi, että uusi työkortti voi tulla tuotannonohjaukselta vasta silloin, kun koneistuksen ja osakokoonpanon välillä oleva liukuvarasto on miltei tyhjä. Tämä johtuu epätasaisesta virtauksesta, jossa pulsimaisesti kappaleita tulee suurissa erissä työvaiheesta toiseen. Ylivarastointi aiheuttaa viiveitä tuotannon virheiden havainnollistamisessa, aiheuttaa tuotannon epätasapainoa ja pidentää kappaleiden läpimenoaikaa.

Kappaleiden kertymistä välivarastoihin saataisiin hallittua edistämällä visuaalista ohjausta eri työkoneiden välillä. Esimerkiksi automaattisen koneistuksen ja osakokoonpanon välillä on olemassa niin sanottu liukuvarasto, jossa sylintereitä tulisi ajaa lisää vasta, kun varastossa alkaa olla tilaa. Todellisuudessa kuitenkin siihen saattaa kertyä sylintereitä enemmän, kuin varastoon on tarkoitettu mahdumaan. Tämän liukuvaraston tarkoitus on vähentää ylivarastointia, sekä hallitumpi virtaus.

## **7 Kehitysehdotusten toteuttaminen**

Opinnäytetyön käytännön parannuksia ei ehditty toteuttaa ennen tämän raportin loppuun kirjoittamista, johtuen aikatauluista sekä osittain joidenkin parannusten toteuttamiseen kuluva ajasta. Parannuksia kuitenkin aloitettiin täyttöautomaatin toimintaan, tilauksien vaihtoon ja automaattien ohjaukseen.

Täyttöautomaatin sujuvaa toimintaa eniten haittaa tilauksen vaihdossa kuluva aika sekä kierronrajoittimia asentavan manipulaattorin epävarmuus. Manipulaattorin toimintaa mietittiin korvattavan robotilla, jolloin hyötyinä saavutettaisiin tarkemmat poiminta- ja poistokoordinaatit, huoltovapaampi toiminto sekä tilan vapautuminen koneen sisällä. Robotin avulla saataisiin automaatti pysähtymään mahdollisen asennusvirheen sattuessa ilman raja-antureita, jolloin koneen toimintaa ei tarvitsisi seurata. Tällöin saataisiin poistettua myös sylinterien ja kierronrajoittimien lisäämiseen kuluva aika, koska niitä voitaisiin lisätä koneen käytössä. Robotilla voitaisiin suorittaa mahdollisesti myös profiilihaittojen asentaminen.

Toinen toimeksi laitettu toteutus koskee ohjelmistoa, jolla ohjataan täyttö- ja kokoonpanoautomaattia. Ohjelmiston päivittämisellä saadaan aikaan hyötyjä tilauksen vaihtoon, sekä mahdollisesti myös visuaaliseen ohjaukseen. Päivityksessä muokattaisiin ohjelmistoa niin, että voitaisiin ajaa useamman tilauksen

sisältävä tilauspaperi kokonaisuudessaan, ilman pysähdyksiä yksittäisten tilausten välillä.

Kolmas toteutettava kehitys koskee täyttöautomaatin ohjauksen kehittämistä, jolla nopeutetaan ja helpotetaan tilauksen vaihtoa. Tämä tarkoittaa tietokoneen ohjauksen mahdollistamista täyttöautomaatin luota sekä automaatin käynnistämiseen tarvittavien nappien lisäämistä toiselle puolelle konetta, josta toimintaa voi seurata. Käynnistysnappien ansiosta ei tarvitsisi kulkea haittanauhan yli koneen toiselle puolelle käynnistämään sitä.

## 8 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli rakennuslukkoja valmistavan ja kokoonpaneavan työpisteen kehittäminen. Sain työnantajalta melko vapaat kädet lähtiessäni miettimään, mitä aion työssäni tehdä, minkä takia lähtökohdat tiedon hankkimiseen olivat hieman haastavat. Tietoa tuotannon kehittämisestä löytyy paljon ja oli haastavaa löytää juuri tähän työpisteeseen sopivat menetelmät. Opinnäytetyön tekemistä sekä tiedon hankintaa kuitenkin helpotti se, että olin työskennellyt kyseisellä työpisteellä jo aiemmin. Näin opiskeltua tietoa oli helpompi kohdistaa juuri tämän työpisteen kehittämisen vaatimuksiin.

Opinnäytetyön tekeminen opetti paljon tuotannon kehittämisestä, Lean -ajattelusta ja ongelmanratkaisusta. Opinnäytetyön johdosta kiinnostukseni tuotannon suunnittelua ja yleisesti suunnittelutyötä kohtaan lisääntyi, koska huomasin, kuinka paljon konkreettista hyötyä on mahdollista saada aikaan analyttisesti tutkimalla ja suunnittelemalla. Työtä tehdessäni myös kuvitelmani huolellisesti tehdyn suunnittelutyön tärkeydestä jatkuvasti muuttuvassa ja kehittyvässä teollisuudessa vahvistui.

Opinnäytetyötä tehdessäni olin kokopäiväisesti töissä tuotannossa, minkä vuoksi opinnäytetyö eteni pääosin sykleittäin etukäteen sovittuina päivinä, jolloin

tuotannossa ei ollut niin kiire. Tämän vuoksi opinnäytetyön raportoinnin aikataulu hieman venyi. Olen kuitenkin tyytyväinen opinnäytetyön lopputulokseen, koska sain tuotua työpisteen suurimmat ongelmakohdat esille mittaamalla ja analysoimalla toimintoja ja siksi, että parannusehdotukseni etenivät toteutukseen, jolloin saadaan aikaan käytännön hyötyjä työpisteen päivittäisessä toiminnassa.

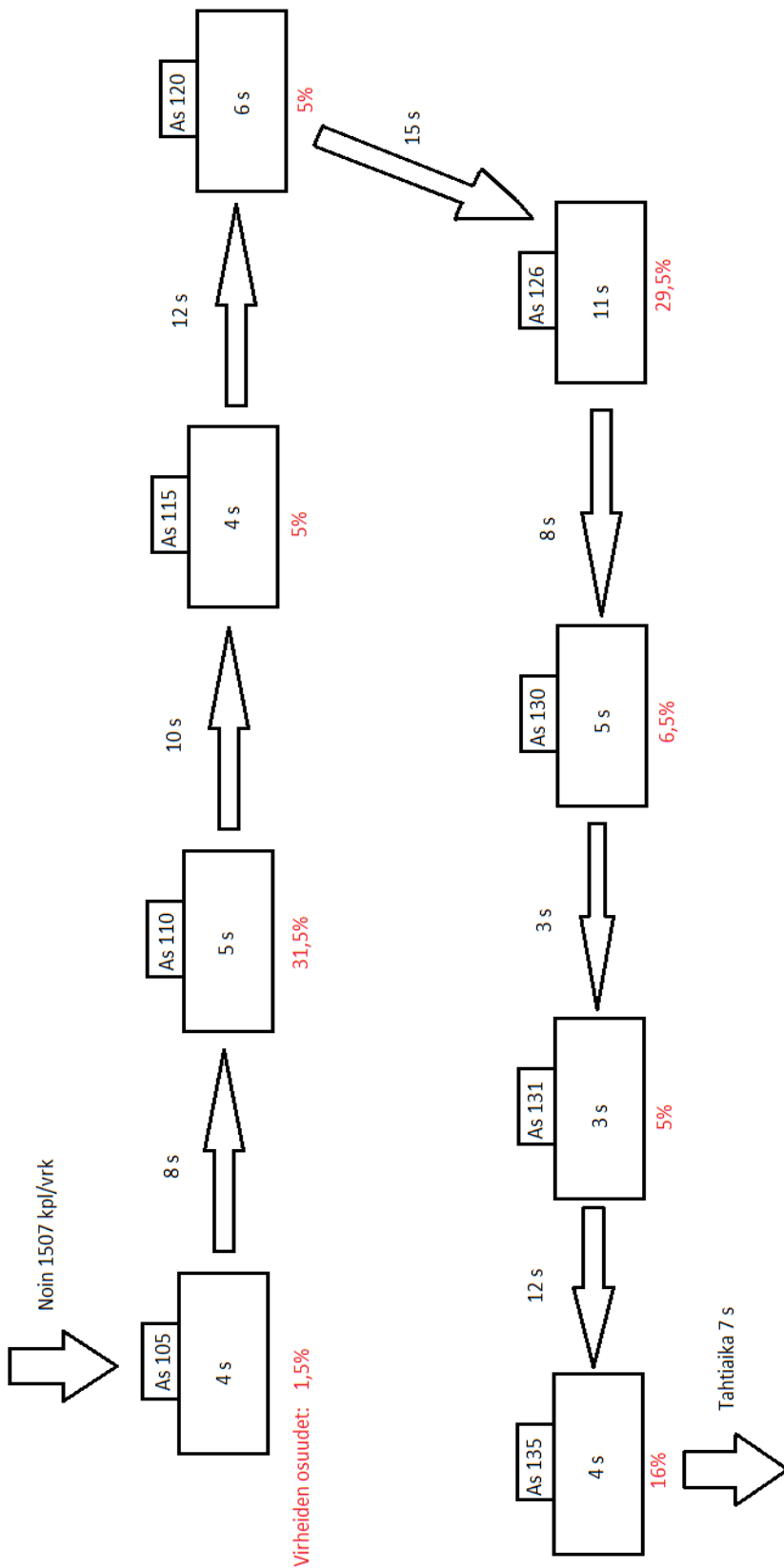
Opinnäytetyössä kaivettiin esiin ongelmia, priorisoitiin niitä sekä keksittiin niille mahdollisia ratkaisutapoja. Opinnäytetyö tuotti jatkokehitysmahdollisuuksia, kuten ratkaisujen toteutus sekä niillä saavutettujen hyötyjen mittaaminen. Niitä tietoja voisi verrata tässä opinnäytetyössä tehtyjen mittausten kanssa, jolloin käytännön työn todellinen hyöty selviäisi. Konkreettisia jatkokehitysmahdollisuuksia työpisteestä löytyy muun muassa kokoonpanoautomaatin pullonkaula-asemien kehittämisestä, opinnäytetyössä havaittujen hukkien karsimisesta entisestään sekä toimintaan liittyvistä kehitysmahdollisuuksista kuten visuaalisen ohjauksen kehittämisestä. Toisin sanoen tämä opinnäytetyö antaa mielestäni hyvän pohjan työpisteen toiminnan käytännön kehittämiseen sekä kehittämisen tuottamien hyötyjen tarkasteluun.

## Lähteet

- Assa Abloy. 2017. Tietoa meistä.  
<http://www.abloy.fi/fi/abloy/abloyfi/yritys/tietoa-meista/>. 25.3.2017.
- Kohti laatua. 2018. Viisi kertaa miksi -tekniikka. Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahasto.  
[https://kohtilaatua.fi/\\_files/200000041-8ac0d8bbc9/5xmiksi.pdf](https://kohtilaatua.fi/_files/200000041-8ac0d8bbc9/5xmiksi.pdf).  
 14.2.2018.
- Kotiposti. 2018. Laatutyökaluja. Laatuakatemia.  
<http://www.kotiposti.net/tuurala/PDCA.htm>. 14.2.2018.
- Leaniksi. 2012. Lean -sanasto.  
<http://leaniksi.fi/lean-sanasto/>. 14.3.2017.
- Lean Manufacturing Tools. 2018. Muda, Mura and Muri.  
<http://leanmanufacturingtools.org/71/muda-mura-and-muri-lean-manufacturing-wastes/>. 23.2.2018.
- Liker, J. 2010. Toyotan tapaan. Helsinki: Readme.fi.
- Liker, J., Meier, D. 2006. The Toyota Way Fieldbook. New York: McGraw-Hill Education.
- Peltonen, A. 1998. Tuottava tehdas. Opetushallitus.  
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/tehdas6.html#8>.  
 19.2.2017.
- Piirainen, A. 2014. Lean ja hukka – Muda, Mura ja Muri.  
<http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/lean-ja-hukka-muda-mura-ja-muri/>.  
 6.3.2017.
- Piirainen, A. 2015. VSM – mihin tätä käytetään?  
<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm/>. 19.12.2017.
- Six Sigma. 2018a. Leanin historiaa.  
<http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/leanin-historiaa/>. 13.2.2018.
- Six Sigma. 2018b. Tätä on Lean.  
<http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/lean/> 13.2.2018.
- Villanen, H. 2013. Tuotantokoneiden kokonaistehokkuus, OEE  
[http://www.prosessitaito.fi/Tuotantokoneiden\\_kokonaistehokkuus\\_OEE.pdf](http://www.prosessitaito.fi/Tuotantokoneiden_kokonaistehokkuus_OEE.pdf).  
 20.12.2017.
- Väisänen, J. 2013. VSM (Value Stream Mapping) – Arvovirtakuvaus.  
<http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/>.  
 19.12.2017.
- Wikipedia. 2018. Value Stream Mapping.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Value\\_stream\\_mapping](https://en.wikipedia.org/wiki/Value_stream_mapping). 15.4.2018.

Liite 1

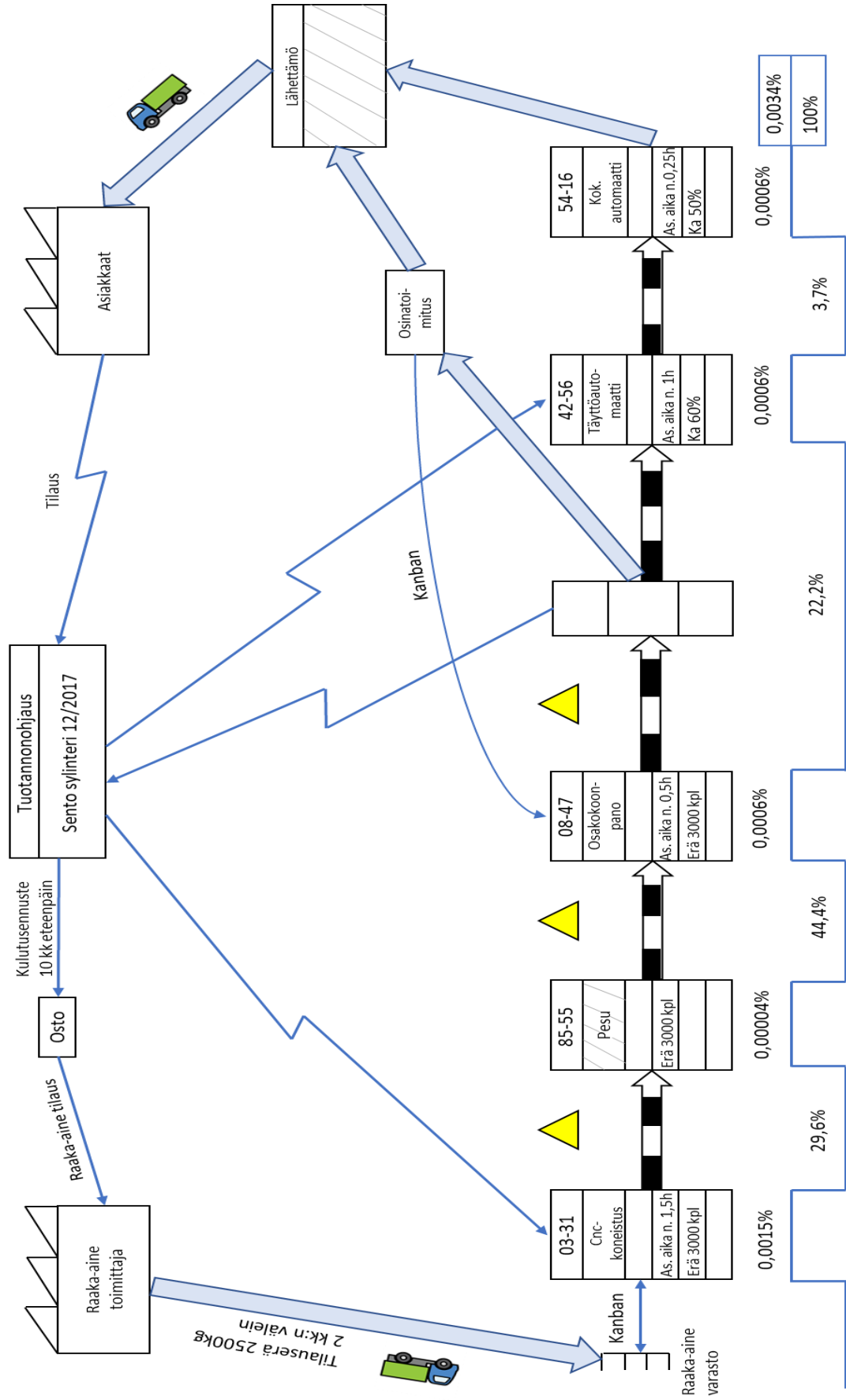
Kokoonpano-automaatin arvovirtakuvaus



Arvoa lisäävä aika 42 s (38%)  
 Ei arvoa lisäävä aika 68s (62%)



Liite 2



Kysyntä vuonna 2017 251040 kpl  
 Kysyntää vastaava tahtiaika= 996 kpl/vrk