



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# LAADUNVAIHDON OPTIMOINNISTA

## LEANIIN

Timo Savela

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2016  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Modernit tuotantojärjestelmät



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Modernit tuotantojärjestelmät

TIMO SAVELA:  
Opinnäytetyön otsikko  
Laadunvaihdon Optimoinnista Leaniin

Opinnäytetyö 86 sivua, joista liitteitä 10 sivua  
Toukokuu 2016

---

Tämän opinnäytetyön teoriaosuuden tarkoituksena on tuoda esiin Lean-ajattelun historiaa ja perusperiaatteita, avata filosofiaa eri työkalujen taustalla ja merkitystä kokonaisuuden kannalta. Tavoitteena on antaa yritykselle lähtökohdat Lean-toiminnan alullepääntämiseen ja herättää ajatuksia oman toimintansa kehittämisen mahdollisuuksista sekä lyhyemmällä että pitkällä tähtäimellä.

Työn tutkimusosan tarkoituksena on tuoda esiin prosessien nykytilaa laadunvaihtojen näkökulmasta. Pyrkimyksenä on muodostaa kokonaisnäkemys siitä, miten laadunvaihtoon kuluva aika jakaantuu eri työvaiheisiin. Lisäksi spagettikaavion avulla tuodaan visuaalisesti esiin linjaston nykyisen layoutin vaikutus työntekijän liikkumiseen vaihtotyön aikana.

Parannusehdotusten tavoitteena on tuoda esiin ratkaisuja linjaston kehittämiseen Lean-ajattelun näkökulmasta. Parannusehdotukset perustuvat työntutkimukseen SMED-metodin avulla, omaan työkokemukseen ja keskusteluihin koneenhoitajien, kunnossapitohenkilökunnan sekä johdon kanssa.

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical and Production Engineering  
Modern production systems

TIMO SAVELA  
From Changeover Optimization to Lean

Bachelor's thesis 86 pages, appendices 10 pages  
May 2016

---

The theoretical part of this thesis introduces the basic principles and history of Lean thinking and importance of the philosophy and the background of the philosophy as a whole. The aim is to give company a starting point to initiate Lean principles and evoke thoughts of the potential development on its own operations in short and long term.

The research part is to present the current state of processes from the perspective of changeover. The aim is to get overall view of the time it takes to changeover and how the time is divided between different work phases. In addition, spaghetti diagram is used to visually inspect the impact of lines layout on employees needs to move around the line when the changeover is done.

The aim of the suggestions for improvement is to propose solutions for development of line perspective of Lean thinking. Suggestions for work improvement are based on the research of the work by SMED-method and my own experience as well as discussions with the machine operators, maintenance personnel and the management.

---

Key words: lean, smed, 5s, research of work, production development

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	YRITYKSEN ESITTELY.....	7
2.1	Safeplast Oy.....	7
2.1.1	Historia ja toimiala.....	7
2.1.2	Tuotteet.....	8
3	LEAN FILOSOFIA.....	9
3.1	Toyotan tuotantosysteemistä Leaniin.....	9
3.1.1	Toyotan autotuotannon lähtökohdat.....	9
3.1.2	TPS:n kehittyminen.....	10
3.1.3	Leanin kehittyminen.....	13
3.2	Leanin peruseriaatteita.....	15
3.2.1	Määritä arvo asiakkaan näkökulmasta.....	15
3.2.2	Tunnista arvovirta kokonaisuudessaan.....	17
3.2.3	Mahdollista virtaus poistamalla hukkia.....	18
3.2.4	Anna asiakkaan kysynnän vetää prosessia.....	22
3.2.5	Paranna prosessin laatua jatkuvasti.....	28
3.3	Lean johtaminen.....	32
3.3.1	Itsensä kehittäminen.....	32
3.3.2	Muiden kehittäminen.....	33
3.3.3	Päivittäisen kaizenin tukeminen.....	34
3.3.4	Vision luominen ja tavoitteiden asettaminen.....	34
4	PROSESSIN KUVAUS.....	36
4.1.	4-linjaston layout ja prosessin toiminnot.....	36
4.1.1	Annostelijat.....	36
4.1.2	Ekstruuderit.....	36
4.1.3	Jäähdytys ja kalibrointi.....	36
4.1.4	Linjasto ja pituusmittaus.....	36
4.1.5	Kelauskone.....	37
4.1.6	Pakkaus.....	37
4.2	Laadunvaihdon työvaiheet.....	37
4.2.1	Tuotannon pysäytys.....	37
4.2.2	Osien vaihtaminen.....	37
4.2.3	Linjaston asettaminen.....	37
4.2.4	Laitteiston käynnistys.....	37
4.2.5	Laitteiston säätäminen.....	38
4.2.6	Tuotannon aloittaminen.....	38

5	LAADUNVAIHDON TYÖN TUTKIMUS.....	39
5.1	SMED – Laadunvaihdon ajankäytön jakautuminen .....	39
5.1.1	SMED – tutkimuksen toteuttaminen.....	39
5.1.2	Työvaiheisiin käytetyn ajan jakautuminen.....	41
5.1.3	Toimenpiteiden ajankäytön jakautuminen .....	43
5.2	Spagettikaavio – Laadunvaihdon liikkeen seuranta.....	45
5.2.1	Tutkimuksen toteutus .....	45
5.2.2	Spagettikaavio .....	46
6	PARANNUSEHDOTUKSET .....	47
6.1	5S .....	47
6.1.1	5S:n avulla pohjaa työskentelyn selkeyttämiselle.....	47
6.1.2	Seiri – Järjestä .....	48
6.1.3	Seiton – Suorista .....	49
6.1.4	Seiso – Siivoa.....	50
6.1.5	Seiketsu – Standardisoi .....	50
6.1.6	Shitsuke – Ylläpidä .....	51
6.2	Työn standardointi .....	52
6.2.1	Työvaiheiden standardointi .....	52
6.2.2	Standardityöohjeistuspohjan luominen .....	52
6.3	Muutosehdotukset koneille ja laitteille .....	54
6.3.1	Laadunvaihdon optimointi linjaston alkupään osalta.....	54
6.3.2	Linjaston asetusten optimointi .....	58
6.3.3	Vetopyörien säädön optimointi .....	62
6.4	Kehitysehdotusten vaikutukset tuotantoon .....	66
6.4.1	Lähtökohdan ja tavoitetilan vertailu.....	66
6.4.2	Tämän hetken tilanteen ja tavoitetilan vertailu .....	69
6.4.3	Rouhittavan tuotteen vähentyminen.....	70
7	POHDINTA.....	72
	LÄHTEET.....	74
	Liite 1. SMED-taulukko 25 – 32 mm.....	76
	Liite 2. SMED-taulukko 110 – 32 mm.....	80
	Liite 3. Standardityöohje 4-linjaston käynnistykselle .....	86

## 1 JOHDANTO

Ajatus opinnäytetyön aiheesta juontaa juurensa omaan työhistoriaani ja kokemuksiin työskentelystä eri teollisuuden alojen yrityksissä. Yhteistä kaikissa kokemuksissa on ollut ajatus siitä, miksi asioita ei tehdä paremmin, vaikka suurin osa niin johdosta kuin työntekijöistäkin on yleensä ainakin jollain tasolla sitä mieltä, että jotain pitäisi tehdä.

Lean-ajattelu antaa mielestäni konkreettiset työkalut ja yhteisen kielen yrityksen jatkuvan parantamisen kulttuurin luomiselle. Koko henkilökunnan kouluttamisen tarve korostuu uutta opeteltaessa. Muutoksessa eläminen vaatii myös selkeät roolit asioiden eteenpäinviemiseksi ja riittävästi välitavoitteita, jotta fokus säilyisi terävänä mielessä.

Vaikka Lean onkin yleensä jaettu yksittäisiin työkaluihin, ei niistä saatava hyöty ole savutettavissa ilman niiden kokonaisvaltaista käyttöönottoa. Yrityskulttuuria ei kuitenkaan muuteta kerralla. Tutustuttaessa filosofiaan Leanin yksittäisten työkalujen takana voidaan huomata, että jokainen niistä on muodostunut tarpeeseen. Yrityksen, joka haluaa lähteä tavoittelemaan kehitystä Leanin avulla, tulisi ottaa yksittäisiä työkaluja käyttöönsä tarpeen mukaan ja edetä tätä kautta askel askeleelta kohti parempaa yrityskulttuuria.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on antaa yritykselle tietoa Lean-ajattelusta ja filosofiasta sekä antaa konkreettisia ehdotuksia työtapojen ja linjaston toiminnan kehittämiseksi niin omaan, kuin muidenkin työntekijöiden vuosien työkokemukseen pohjaten. Opinnäytetyö rajataan työn tutkimuksen osalta koskemaan pääosin 4-linjaston laadunvaihtojen kehittämistä. Linjastojen ollessa kuitenkin pääosin toistensa kaltaisia viitataan tuloksissa myös parannusten laskennallisiin vaikutuksiin kaikkien linjastojen osalta.

## 2 YRITYKSEN ESITTELY

### 2.1 Safeplast Oy

Safeplast Oy valmistaa ja myy muovisia ja tekstiilisiä letkunsuojatuotteita sekä letkujen niputustuotteita eri käyttökohteisiin.

#### 2.1.1 Historia ja toimiala

Safeplast Oy on osa SNT-Group Oy:tä, jonka eri yksiköt ovat vuodesta 1948 valmista-  
neet tarvikkeita ja palveluja eri teollisuudenaloille. Suojaspiraalien valmistuksen yritys  
aloitti vuonna 1987. Safeplast Oy:stä tuli osa SNT-Group Oy:tä syksyllä 2004.

Yrityksen pääpaikka sijaitsee Tampereella. Lisäksi Safeplast Oy:llä on toinen tuotanto-  
laitos Essexissä, Kanadassa (Safeplast NA Company Ltd) ja myyntiyhtiö, Safeplast  
Shanghai Ltd, Kiinassa. Yli 85% kotimaan tuotannosta menee vientiin kaikkiin eri  
maanosiin.

Safeplastin asiakkaisiin kuuluvat maailman johtavat hydrauliiikan ja pneumatiikan jäl-  
leenmyyjät sekä merkittävät laite- ja konevalmistajat. Safeplast Oy:n suojaspiraaleja  
käytetään myös metsä-, maatalous- ja kaivoskoneiden valmistuksessa. Lisäksi yrityksen  
tuotteita voidaan käyttää letkujen suojaamiseen maansiirtokoneissa, traktoreissa, tru-  
keissa sekä pienkoneissa tai lentokoneiden maavirtakaapeleissa. ([http://www.snt-  
group.fi/safeplast/yritys/](http://www.snt-group.fi/safeplast/yritys/))

Safeplast Oy:llä on sertifioidut ISO 9001:2008 laadunhallintajärjestelmä ja ISO  
14001:2004 ympäristöjohtamisjärjestelmä. Sekä suojaspiraalien raaka-aine HD-polye-  
teeni että Safe-Sleeven polyesteri ja polypropeeni ovat ympäristölle vaaratonta materi-  
aalia. Ne eivät sisällä raskasmetalleja, joten tuotteet voidaan kierrättää. ([http://www.snt-  
group.fi/safeplast/yritys/](http://www.snt-group.fi/safeplast/yritys/))

## 2.1.2 Tuotteet

Muoviset letkunsuojaspiraalit valmistetaan HD-polyeteenistä suulakepuristamalla. Tämän tuotantomenetelmän etuna spiraalille saadaan kestävämpi rakenne ja pyöreät reunat. Yleisimmät värit ovat keltainen ja musta. Tuotannossa on tilauksesta saatavilla myös erikoisvärejä ja kahden värin yhdistelmiä.

Safe-spiraali on tehtaan ns. perustuote, joka on kehitetty suojaamaan mm. hydrauliiikka- ja pneumatiikkaletkuja hankauksilta ja iskuilta sekä helpottamaan letkujen ja kaapeleiden havainnointia, asentamista ja huoltamista. Nämä, kuten muutkin suojaspiraalit, voidaan asentaa myös jälkeempään.

Yritys panostaa suojaspiraaleissaan vahvasti tuotekehitykseen ja erikoistuotteisiin, kuten palosuojattuun spiraaliin, kulutusindikaattorina toimivaan ABRA:an ja pysyvästi antistaattiseen ASTA:n, jonka sähkönjohtavuus on perustuotetta merkittävästi parempi. Erityistekniikan avulla on mahdollista valmistaa myös kaksivärisiä spiraaleja, joiden avulla asiakasyritys voi paremmin tuoda brändiään esille markkinoilla.

Yritys toimittaa lisäksi asiakkailleen tekstiilisiä letkunsuojia ja niputustuotteita. Niputustuotteet mahdollistavat siistin asennuksen. Tekstiilisuojat lisäävät letkujen ja johtojen hankauskestävyyttä sekä parantavat työturvallisuutta suojaten työntekijää paineletkuissa esiintyviltä pistesuihkulta.

### 3 LEAN FILOSOFIA

#### 3.1 Toyotan tuotantosysteemistä Leaniin

##### 3.1.1 Toyotan autotuotannon lähtökohdat

Autotuotanto käynnistyi Japanissa hyvin erilaisissa olosuhteissa kuin Yhdysvalloissa tai Euroopassa. Autotuotannon aloittaminen paikallisilla markkinoilla oli haastavaa. Sen lisäksi, että teollisuuden muoto ja sen käyttämät menetelmät olivat entuudestaan tuntemattomia, General Motorsilla ja Fordilla oli jo tällöin kokoonpanolaitokset myös Japanissa (Wren & Greenwood. *Management Innovators: The People and Ideas that Have Shaped Modern Business* 1998, 218).

Toyota otti mallia näistä amerikkalaisista suuryrityksistä, mutta ei voinut suoraan käyttää samoja massatuotannon menetelmiä. Sen täytyi keksiä, kuinka asiat voitaisiin toteuttaa näitä kahta suurta paremmin, jotta se olisi kilpailukykyinen ilman suuruuden ekonomian tuomia etuja.

Japanissa oli jo varhain omaksuttu Taylorin ja Gilberthien tieteellisen liikkeenjohdon oppeja (Seeck: *Johtamisopit Suomessa* 2012, 68). Kulttuuriset erot ja tieteellistä liikkeenjohtoa edeltäneet työn organisoimisen tavat olivat kuitenkin muokanneet näitä oppeja siten, että esimerkiksi taylorismista oli omaksuttu lähinnä tutkiminen ja kehittäminen. Myös työ oli pysynyt väljemmin jaoteltuna työryhmien sisällä. Sen sijaan, että japanilaiset olisivat pyrkineet työn osittamiseen ja siten hävittäneet työläisten taitoja, kuten puhtaasti tieteellisessä liikkeenjohdossa, pyrkivät he rakentamaan uutta työläisten olemassa olevien taitojen päälle (Seeck 2008, 70).

Lännen esimerkkiä noudattaen Japanissa oli jo ennen toista maailmansotaa alettu kiinnittää huomiota laaduntarkkailuun. Tämä tarkoitti valmistettujen tuotteiden tarkastamista ennen lähetystä. Toisen maailmansodan jälkimainingeissa Japanissa siirryttiin muun muassa Demingin, Juranin ja myöhemmin myös Taguchin oppien saattamana tilastolliseen laadunhallintaan. Näiden laatutyökalujen avulla päästiin käsiksi prosessin vaihtelua aiheuttaviin muuttujiin ja voitiin kehittää itse prosesseja virheettömämpään suuntaan.

Prosessien parantaminen ja sitä kautta parempi laatu paransi siis sekä tuotannon kannattavuutta että tuotteiden menekkiä.

### 3.1.2 TPS:n kehittyminen

Toyota Production System:in eli TPS:n ja Toyodan perheen juuret juontavat käsin tehtyyn kehruu- ja kudontatyöhön. Yritys lähti kasvamaan Sakichi Toyodan kehitettyä höyryn avulla toimivan automaattisen kudontakoneen ja sen myötä Toyoda Spinning and Weaving Companyn vuonna 1918 ([http://www.toyota-forklifts.fi/sitecollectiondocuments/pdf%20files/about%20us/tmh%20tps%20-esite\\_web.pdf](http://www.toyota-forklifts.fi/sitecollectiondocuments/pdf%20files/about%20us/tmh%20tps%20-esite_web.pdf)). Ohjeita ja valmiita osia ei ollut käytettävissä, joten ongelmat oli ratkaistava yrityksen ja erehdyksen kautta. Tämä periaate on edelleen osana Toyotan tapaa toimia. Ongelmia ei ratkota toimistoissa, vaan ongelman äärellä.

Toinen tähän myöhemmin laajentuneeseen konseptiin Sakichi Toyodan luomista periaatteista oli Jidoka, kudontakoneen automaattinen pysähtyminen langan katketessa. Sen perusajatuksena on suunnitella linjastot ja koneet sellaisiksi, etteivät ne sido työntekijää koneen valvontaan. Tämä vapauttaa heidät tekemään muuta lisäarvoa tuottavaa työtä. Eliminoimalla tätä kautta mahdollisuuden tuottaa vahingossa viallisia tuotteita ja siitä aiheutuvia hukkia onnistui Sakichi Toyodan parantamaan huomattavasti sekä työn tuottavuutta että tehokkuutta.

Sakichi Toyodan pojan Kiichiron perustaessa 1937 Toyoda Motor Corporationin hän yhdisti nämä isältään saadut opit omaan tuotantoajatuksensa, jonka mukaan Ideaaliolosuhteet tehdä asioita syntyvät, kun koneet, laitteet ja ihmiset toimivat yhdessä tuottamatta laisinkaan hukkaa. Kehittämiensä metodien ja tekniikoiden avulla Kiichiro Toyoda loi omalta osaltaan Just-in-Timen eliminoimaan hukkaa yrityksen eri toimintojen ja prosessien välillä. Just-in-Time konseptissa pyrkimyksenä on saada jokainen prosessi tuottamaan vain sen, mitä seuraava prosessi tarvitsee ja näin luoda jatkuva virtaus.

[http://www.toyota-global.com/company/vision\\_philosophy/toyota\\_production\\_system/origin\\_of\\_the\\_toyota\\_production\\_system.html](http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/origin_of_the_toyota_production_system.html)

Toisen maailmansodan jälkeen Kiichiron nuorempi serkku Eiji Toyoda palkkasi nuoren insinöörin Taiichi Ohnon vastaamaan autotuotannon kehittämisestä. Ohno oli valmis-

tumisensa jälkeen työskennellyt aluksi Toyodan kehruu- ja kudontayrityksessä eikä hänellä ollut mitään kokemusta autonvalmistuksesta. On itse asiassa väitetty, että tämä kokemattomuus alalta oli yksi niistä ratkaisevista tekijöistä, minkä vuoksi hänen käytännönläheinen lähestymistapansa ilman ennakkoasenteita oli niin merkittävässä roolissa Just in Timen ja TPS:n kehityksessä. (Holweg. The genealogy of the Lean production 2007, 422)

Ohno ymmärsi, että suurten tuotantoerien valmistaminen johtaisi suuriin varastoihin. Tämä taas olisi sitonut arvokasta pääomaa ja vienyt varastotilaa. Ongelmana oli lisäksi massatuotannon kykenemättömyys mukauttaa tuotevalikoimaa vastaamaan kuluttajien mieltymyksiä Japanin pienillä sisämarkkinoilla. (Holweg 2007, 422)

Vierailtuaan Fordin ja General Motorsin tuotantolaitoksissa Yhdysvalloissa hän otti päätavoitteekseen hukan eliminoimisen prosessista, jotta jo aiemmin alkunsa saaneen Just-in-Time konseptin virtaus koko prosessin läpi toimisi mahdollisimman tehokkaasti. Vastatakseen paremmin asiakkaiden tilauksia Ohnon oli siis pienennettävä eräkokoja tuotannossa. Tämä taas tarkoitti, että myös työvaiheiden tarvitsemat osat piti toimittaa työpisteille pienemmissä erissä.

Estääkseen työvaiheiden välille syntyviä puskurivarastoja ja koordinoidakseen virtausta Ohno otti käyttöön Kanban- järjestelmän. (Womack, Jones, Roos. The Machine That Changed the World 1990, 62) Menetelmänsä mallin hän oli saanut amerikkalaisista supermarketeista, joissa tuotteen toimitusketju sai alkunsa asiakkaan tarpeesta. Ostaessaan tuotteet asiakas antoi merkin kauppiaille hyllyjen tarvitsemasta täydennyksestä. Kun riittävästi tuotteita oli kulunut, se oli merkki toimittajalle, joka toimitti sovitun toimituserän mukaisen täydennyksen. Tuotteita toimitettiin siis vain kysynnän mukaan.

Pienet eräkoot työvaiheiden välillä mahdollistivat Ohnon luomat Kanban- kortit. Mitään osaa ei saanut valmistaa enempää kuin kortissa määritellyn määrän. Kun määrä oli käytetty loppuun, palautui kortti edelliseen työpisteeseen ja se antoi luvan valmistaa seuraavan erän kyseistä osaa. Perinteisen ajattelun mukaan pienten eräkokojen valmistus oli epäekonomista, joten vastatakseen kasvaneeseen vaihtotarpeiden määrään Ohnon täytyi vaihtoaikojen lyhentämiseksi muokata vaihtotyössä käytettyjä käytäntöjä.

Läheisessä yhteistyössä Ohnon kanssa työskenteli myös ulkopuolisena konsulttina Toyotalle palkattu Shigeo Singo. Hänen opetuksiensa mukaan laadunvaihtoon kuluneet ajat saatiin vähenemään murto-osaan aiemmasta. Shingon menetelmää alettiin kutsua nimellä SMED, joka tuli sanoista Single Minute Exchange of Dies. Menetelmän ideana oli minimoida linjaston käydessä tapahtuvat työvaiheet ja säädöt sekä standardoida ja yksinkertaistaa itse vaihtotyöhön tarvittavat työvaiheet. Vaihtoajat, jotka aiemmin saattoivat viedä päiviä, saatiin parhaimmillaan lyhennettyä minuutteihin.

Näiden ajatusten pohjalta Ohno lähti laajentamaan konseptiaan joustavasta massatuotannosta. Hän järjesti työvaiheet soluiksi, joiden sisällä tapahtuvien työvaiheiden yhteiskestot vastasivat toisiaan. Tämän avulla oli mahdollista saada tuotanto virtaamaan tasaisesti, jolloin puskurivarastot voitiin minimoida. Näin voitiin minimoida myös puolivalmisteiden ja osien määrä tuotannossa ja siten alentaa lopulta tuotannon sitoman pääoman määrää.

Valmiiden tuotteiden ja puskurivarastojen pienentyessä korostui koneiden ja laitteiden toimintavarmuus ja valmistuneiden tuotteiden virheettömyys. Tämänkaltaisen tuotannon mahdollistamiseksi piti hylätä ajatus perinteisestä kunnossapidosta, jossa vikoja usein pyritään kiertämään korjaamalla viat mahdollisimman nopeasti. Sen sijaan Ohno ja Shingo jalostivat Jidokan antamalla laadun valvonnan työntekijöiden vastuulle. Työntekijän havaitessa ongelman työvaiheessa oli hänen tehtävänsä pysäyttää tuotanto välittömästi ja ilmoittaa asiasta eteenpäin. Menettely esti viallisten tuotteiden syntymisen ja pakotti välittömän puuttumisen ongelmaan.

Jatkuvasti pysähtyvä linjasto olisi ajanut yrityksen lopulta vararikkoon, jos samoihin ongelmiin olisi puututtu uudestaan ja uudestaan. Puuttuminen ongelmien juurisyihin nopeiden korjausten sijaan, vaikutti päinvastaisesti. Ongelmien systemaattinen selvittäminen yksi kerrallaan mahdollisti linjaston jatkuvan kehittymisen. Tämä jatkuvan parantamisen kulttuuri on mahdollistanut osaltaan Toyotan tuotantosysteemin TPS:n kehittymisen.

Jälkeenpäin katsottuna voidaan todeta, että Toyotan tuotantosysteemin kehittyminen tapahtui tarpeesta mukautua ympäristön vaatimuksiin. Toyota otti vuosien saatossa mallia erityisesti Fordin ja GM:n kaltaisilta tuotantojäteiltä, mutta sovelsi näiden käytäntöjä omiin tarpeisiinsa sopivaksi ja paransi niitä. Nykyään paremmin eriteltyjen työkalujen

keksiminen ei tapahtunut kerralla vaan ennemminkin evoluution kautta. Metodit ovat kehittyneet ja iteroituneet vuosikymmenten saatossa nykyiseen muotoonsa ja tästä syystä edellä mainittujen henkilöiden lisäksi mukana on ollut lukemattomia vaikuttajia. Tärkeimpänä lähtökohdiana on ollut omista ja muiden virheistä oppiminen sekä peräänantamaton halu jatkuvasti parantaa omaa toimintaansa.

### 3.1.3 Leanin kehittyminen

Toyota ei koskaan varsinaisesti salaillut kehittämäänsä tuotantosysteemiä, mutta sen virallinen dokumentointi koettiin vaikeaksi. Toisaalta se ei myöskään ollut tarpeellista, koska toimintatavat olivat pikkuhiljaa kasvaneet niin ytimelliseksi osaksi kaikkea Toyotan toimintaa. Vaikka TPS:n perusteet saatiin viimein dokumentoitua vuonna 1965, herätti laajempaa huomiota Japanin ulkopuolella, vasta kun ensimmäinen öljykriisi vuonna 1973 pakotti yritykset miettimään autoteollisuuden tulevaisuutta.

70-luvun lopulla japanilaisen autoteollisuuden menestys alkoi herättää huolta sekä eurooppalaisissa että yhdysvaltalaisissa autovalmistajissa. Vuosien 1980- 84 aikana Massachusetts Institute of Technology, MIT, tutki kansainvälisen autotuotannon tilaa ja tulevaisuutta ja julkaisi näiden tutkimustensa pohjalta kirjan nimeltään: *The Future of Automobile*. Kirjassaan tutkijaryhmä oli optimistinen ympäristön ja energian tuomien haasteiden voittamisen suhteen. Tulevaisuuden suurimpana haasteena ryhmä esitti Japanin autoteollisuuden ja etenkin Toyotan kehittämää uutta tuotannon suuntausta, joka oli perustavanlaatuisesti tehokkaampi tapa toimia kuin perinteinen massatuotanto. (Womack ym.1990, 4)

Tulosten esittämisen jälkeen ryhmä sai kerättyä rahoituksen eri maiden autoteollisuuden edustajilta sekä hallituksilta tutkiakseen tarkemmin japanilaisen teollisuuden nousun takana olevia syitä ja tekniikoita, jotka he myöhemmin nimesivät Lean-tuotannoksi. Ryhmä oletti tuotannon näyttelevän keskeistä osaa systeemissä, mutta ymmärsi myös että sen täytyy olla vain osa kokonaisuutta. (Womack ym. 1990, 4-5)

Ympäri maailmaa suoritetun laajan kenttätutkimuksen lopputuloksena voitiin todeta huikeita eroja tuotantotehokkuudessa, toimitusketjuissa ja tuotekehityksessä. Näiden tutkimustensa pohjalta International Motor Vehicle Program:n, IMVP, tutkimusryhmä

onnistui selittämään myös eroja massa- ja Lean-tuotannon johtamisfilosofioiden ja tekniikoiden välillä sekä operatiivisella että organisatorisella puolella. (<http://pvmi.wharton.upenn.edu/about/history/>) Tutkimus kulminoitui lopulta menestyskirjan ”The Machine That Changed the World” julkaisemiseen vuonna 1990.

Tärkeää osaa Leanin tuotantotapojen ja filosofian leviämisessä näytteli myös General Motorsin 1982 suljettu Fremontin tehdas, joka avattiin uudestaan Toyotan ja GM:n yhteisyrityksenä 1984. Yrityksen nimeksi tuli New United Motor Manufacturing, Inc. NUMMI. John Krafcik palkattiin yritykseen ensimmäisenä amerikkalaisena insinöörinä. Krafcikin kokemukset GM:llä ja NUMMI:ssa sekä Toyotan Takaokan tehtaalla saatu koulutus Toyotan systeemiin toivat paljon merkittävää tietoa hänen jätettyään tehtävänsä NUMMI:ssa ja liityttyään IMVP:n tutkimusryhmään.

Toyotan tavoitteena oli päästä Yhdysvaltojen markkinoille ja oppia toimimaan amerikkalaisten työntekijöiden ja markkinoiden kanssa. Tästä syystä he halusivat toimia partnerin kanssa. GM taas ei ollut aluksi niinkään kiinnostunut yhteistyöstä Toyotan kanssa, vaikkakin osa sen johtajista tiedosti, että Toyotalla saattaisi olla heille jotain annettavaa. Pääasiallinen syy oli todennäköisesti se, että GM tarvitsi pieniä autoja täyttääkseen valtion asettamat polttoaineluokitukset, mutta se ei itse saanut tuotantoa tämän kokoluokan autoilla kannattavaksi. (<http://www.thisamericanlife.org/radio-archives/episode/561/nummi-02015>)

GM oli sulkenut Fremontin tehtaansa 1982 saatuaan tarpeekseen ammattiliiton kanssa taistelusta ja tuotannon tehottomuudesta sekä huonosta laadusta. GM:n vastustuksesta huolimatta Toyota palkkasi ensimmäisiksi työntekijöikseen tehtaansa vanhoja työntekijöitä, jotka olivat toimineet aiemmin ammattiliiton johtajina ja vaikuttajina. Lopulta 85 % GM:n vanhoista työntekijöistä palkattiin työskentelemään uuden tuotantosysteemin mukaan. Toyotalla oltiin varmoja, että vika ei ollut niinkään ihmisissä vaan johtamistavoissa. Työntekijät eivät aluksi olisi halunneet muuttaa mitään, vaan jatkaa toimintaansa, kuten he olivat toimineet tehtaansa sulkemiseen asti. (<http://www.thisamericanlife.org/radio-archives/episode/561/nummi-2015>)

Toyota oli kuitenkin päättänyt tuoda tuotantosysteeminsä tehtaalle ja toisaalta työntekijät tarvitsivat työtä. Ensi töikseen Toyota lähetti työntekijät Japanin Takoman tehtaalle tutustumaan ja oppimaan tuotantosysteemiä. Nähtyään Toyotan tuotantotavan toimivan

käytännössä ja työskenneltyään yhdessä japanilaisten työntekijöiden kanssa he eivät lopulta pitäneetkään uusia toimintatapoja lainkaan huonoina vaan päinvastoin. Tämän avulla Toyota onnistui purkamaan tarkasti määriteltyjä työehtoja, mikä mahdollisti TPS:n toteuttamisen käytännössä. (<http://www.thisamericanlife.org/radio-archives/episode/561/nummi-2015>)

Vuoden 1986 syksyyn mennessä NUMMI:n tuotanto pystyi vastaamaan Toyotan Takakan tehtaan laatua ja oli melkein tasoissa myös sen tuottavuuden kanssa. GM:n Framinghamin tekniikaltaan vastaavaan tehtaaseen verrattuna tuottavuus oli 50 % parempi ja laadultaan NUMMI oli lähes 70 % paremmalla tasolla. (Womack ym. 1990, 83) GM:n tuotannon kehittyminen oli kuitenkin tuohon aikaan nopeaa ja se keskittyi enemmän automaation hyödyntämiseen tuotannossa. Vaikka GM oli ensimmäisiä yrityksiä, joilla olisi ollut mahdollisuus hyödyntää TPS:ää, kesti siltä lopulta yli 15 vuotta alkaa hyödyntämään Toyotan oppeja ja vielä yli 10 vuotta ottaa oppeja käyttöön. (<http://www.thisamericanlife.org/radio-archives/episode/561/nummi-2015>)

General Motorsin mentyä vararikkoon finanssikriisin aikana 2008, teki Toyota viimein päätöksen tehtaan sulkemisesta. Tehdas oli ensimmäinen, jonka Toyota oli koko 73-vuotisen historiansa aikana sjoutunut sulkemaan. 2010 tehdas valmisti viimeisen autonsa. Mielenkiintoista onkin nähdä, mitä tehtaalla on edessään, sillä samana vuonna uutisoitiin Tesla Motorsin ostaneen osan NUMMI:n tehtaasta. Myös Toyota oli mukana sijoittamassa NUMMI:n tehtaaseen ja Tesla-sähköautoon 50 miljoonaa dollaria. (<http://www.bizjournals.com/sanfrancisco/stories/2010/05/17/daily65.html>) Toyota ja Tesla Motors julkistivat myöhemmin tiedon kumppanuudesta sähköautojen kehittämisessä ja toiminnasta yhteistyössä sähköisten ajoneuvojen, osien, tuotantosysteemin sekä teknologian osalta. ([https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla\\_Factorymicrosoft](https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_Factorymicrosoft))

## **3.2 Leanin peruseriaatteita**

### **3.2.1 Määritä arvo asiakkaan näkökulmasta**

Lean filosofiassa arvoa täytyy ajatella aina asiakkaan näkökulmasta. Jokainen toiminto yrityksen sisällä joko tuottaa lisäarvoa asiakkaalle tai sitten ei. Jos asiakas ei ole valmis maksamaan jostakin ominaisuudesta, ei yrityksen luonnollisesti kannata tähän panostaa.

Tämän tiedon avulla pyritään siis panostamaan asiakkaan näkökulmasta tärkeisiin asioihin ja ohjaamaan prosessin kehitystoimintaa oikeaan suuntaan.

Jotta toiminto katsottaisiin arvoa lisääväksi toiminnaksi, tulee sen täyttää seuraavat kriteerit:

- Asiakkaan täytyy pitää sitä hyödyllisenä ja oltava valmis maksamaan siitä.
- Sen on muutettava tuotteen mallia, muotoa, toimintoa tai palvelua.
- Toiminto on suoritettava kerralla oikein.

(Flinchbaugh ym. 2006, 14)

Todellisuudessa tuotteiden ja palvelujen tuottamisessa esiintyy aina arvoa lisäämätöntä toimintaa. Tavaroiden siirtely, varastointi, odottaminen, jopa palaverit ovat asiakkaan kannalta täysin yhdentekeviä. Osa näistä on silti välttämättömiä toimintoja, jotta asiakas saa haluamansa tuotteen tai palvelun.

Hyvä keino asiakkaan näkökulman selvittämiseen on mennä paikalla ja keskustella asiakkaan kanssa siitä, mikä heille on tärkeää tuotteessa tai palvelussa. Usein näin on mahdollista löytää ratkaisuja, jotka hyödyttävät kumpaakin osapuolta. Parhaimmillaan saatetaan löytää uusia näkökulmia asiakkaan ongelmiin ja saavuttaa huomattavaa kilpailuetua tarjoamalla ratkaisuja, joita edes asiakas ei ole tullut ajatelleeksi, kilpailijoista puhumattakaan.

Sama ajattelutapa toimii myös yrityksen sisällä. Tällöin puhutaan sisäisistä ja ulkoisista asiakkaista. Esimerkiksi tuotanto on kunnossapidolle sisäinen asiakas. Tuotannon kannalta on tärkeää, että koneet ovat aina toimintakunnossa, jolloin niillä on mahdollista tuottaa parasta mahdollista laatua. Huoltoseisokit taas ovat arvoa tuottamattomia, mutta välttämättömiä toimenpiteitä, jotta edellä mainitut seikat olisivat mahdollisia. Sen sijaan yllättävien konerikkojen korjaukset, etenkin uusiutuvien vikojen, ovat pelkkää hukkaa. Ongelmien syyt tulisi selvittää kerralla tai huoltaa viat ennakoitujen huoltotoimenpiteiden kautta.

Sisäisten asiakkaiden näkökulman esiin tuomista voidaan tehostaa käyttämällä ongelmien ratkaisussa ja prosessin kehitystyössä eri ammattiryhmistä koostuvia tiimejä. Yhteistoiminta avaa keskustelua molempiin suuntiin ja kaikkien osapuolten näkemykset asiasta auttavat yleensä etsimään parempia ratkaisuja.

### 3.2.2 Tunnista arvovirta kokonaisuudessaan

Arvovirralla tarkoitetaan koko prosessin toimintojen kuvaamista tuoteryhmäkohtaisesti. Tarkoitus ei ole saada jokaista miettimään oman toimintonsa parantamista vaan oman toiminnan vaikutusta kokonaisuuteen.

Useimmat ihmiset näkevät arvovirrassa asiat, kuten laitteet, ihmiset, materiaalin ja informaation. Nämä ovat osia prosessissa, mutta eivät koko prosessi. Koko prosessi koostuu kolmesta elementistä: toiminnoista, yhteyksistä ja virtauksesta. Jokainen näistä toiminnoista voi sisältää useita ihmisiä ja työvaiheita. (Flinchbaugh, Garlino. *The Hitchhiker's Guide to Lean: Lessons from the Road* 2006, 7)

Toiminnot tarkoittavat otettuja askelia, kuten osan koneistaminen, ongelman ratkaiseminen, päätöksen tekeminen tai tilauksen vastaanottaminen. Rajauksen avulla pyritään tuomaan esiin, ettei yksittäinen ihminen tai yksittäiset koneet voi tuottaa tulosta, vaan toiminnot yhdessä tuottavat tuloksen. (Flinchbaugh ym. 2006, 8)

Yhteydet kuvaavat asiakas-toimittajaparien välisiä suhteita. Käsiteltäessä yrityksen sisäisten toimintojen yhteyksiä on syytä huomioida, että sisäinen asiakas ei ole aina oikeassa, vaan se on yhtä lailla vastuussa asiakas-toimittajasuhteen tehokkuudesta. Yrityksessä tulisi olla vain yksi tapa toimittaa sisäisen asiakkaan tarvitsema tuotos, jotta vältetään epäselvyyksiltä ja päällekkäisiltä toiminnoilta. (Flinchbaugh ym. 2006, 8)

Kolmas elementti, virtaus, kuvaa reittejä, joita pitkin materiaalit, informaatio ja ihmiset kulkevat prosessissa. Yritykset kiinnittävät usein liikaakin huomiota toimintojen arvon tuottamiseen keskittymättä niiden välillä tapahtuviin siirtymisiin ja niistä johtuviin odotusaikoihin ja muihin hukkiin.

Tutkittaessa arvovirran muodostumiseen vaikuttavia toiminnallisia tekijöitä esimerkiksi kävelemällä prosessi läpi, menee tähän aikaa usein vain tunteja. Tästä perspektiivistä prosessia tarkasteltaessa on vaikea nähdä toimintojen välissä kuluvaa aikaa. Virtausta suoraviivaistamalla ja odotusaikoja lyhentämällä on mahdollista merkittävästi lyhentää aikaa, joka kuluu tuotteen tai palvelun muodostamiseen vaadittavan kokonaisprosessin läpikäymiseen.

Kuvaaminen itsessään ei vielä kehitä prosessia eteenpäin, vaan kuvaajilla on oltava kokonaisnäkemys siitä, kuinka toimintaa pitäisi muuttaa. Ymmärtämättä prosessin kokonaisuutta voidaan yksittäistä toimintoa kehittää väärään suuntaan ja lopulta huonontaa kokonaisprosessin toimintaa.

### 3.2.3 Mahdollista virtaus poistamalla hukkia

*“All we are doing is looking at the time line, from the moment the customer gives us an order to the point when we collect the cash. And we are reducing the time line by reducing the non-value adding wastes.”* – Taiichi Ohno

Hukan poistaminen on yksi Lean-ajattelun kulmakivistä. Periaatteessa kaikki yrityksen toiminnot, jotka eivät lisää tuotteen tai palvelun arvoa asiakkaan silmissä, voidaan luokitella hukaksi. Poistamalla prosessista hukkaan kuluva aikaa voidaan tämä käyttää tuotteen arvoa lisäävään työhön sekä lyhentää tähän kuluvan prosessin läpimenoaikaa.

Kaikkea hukkaa ei kuitenkaan ole mahdollista poistaa. Tällaisia asioita ovat esimerkiksi koneiden ja laitteiden kunnossapito, laadunvaihdot linjastolla tai esimerkiksi viranomaisten vaatimukset. Nämä ovat kuitenkin välttämättömiä asioita toiminnan mahdollistamiseksi. Niihin kuluva aikaa on kuitenkin mahdollista vähentää ja jopa poistaa ottamalla käyttöön uusia tuotantomenetelmiä

Hukan käsite on Leanissa jaettu kolmeen osaan:

- Muda
- Mura
- Muri

Muda voidaan tulkita tarkoittavan mitä vain aktiviteettia tai toimintoa, joka ei tuo tuotteelle tai palvelulle lisäarvoa asiakkaan silmissä. Taiichi Ohno on määritellyt Toyotan tuotantosysteemissä hukan seitsemään kategoriaan. Viimeinen kahdeksas kohta ei alun perin ole tässä yhteydessä ollut mainittuna, sillä se sisältyy niin vahvasti Toyotan filosofian peruseriaatteisiin. Länsimaisissa versioissa tästä listasta se kuitenkin lisätään vii-

meiseksi kohdaksi. Tällä halutaan ilmeisesti alleviivata kohdan merkitystä Lean-filosofiaan vasta tutustuville henkilöille.

- Ylituotanto
- Odotus
- Kuljetus
- Yliprosessointi
- Varasto
- Liike
- Laatuongelmat
- (Ihmisten osaamisen hyödyntämättä jättäminen)

Tuottamalla valmistettavaa kappaletta ennen kuin sille on varsinaista asiakasta tai suuremmassa määrin kuin tarpeellista vaikutetaan samalla myös muiden hukkien syntyyn. Saatetaan tarvita ylimääräisiä työntekijöitä, varastoa, kuljetuskustannuksia. (Liker, Meier. Toyota way fieldbook 2006, 35) Tuottamalla vain tarvittava määrä ja oikeaan aikaan estetään, ettei prosessiin kerry mitään ylimääräistä.

Odottamisella tarkoitetaan aikaa, jolloin työntekijä ei voi tehdä tuotteelle mitään arvoa lisäävää työtä tai tuote odottaa seuraavaa toimintoa. Odotus voi johtua esimerkiksi edellisen työvaiheen ongelmista, konevikon aiheuttamasta seisakista tai tiedon odottamisesta. Usein kyse on kapasiteetin pullonkaulavaiheen aiheuttamasta ongelmasta. Mikäli prosessi toimii epätahdissa, synnyttää se välivarastoja ennen pullonkaulavaihetta, kun taas pullonkaulavaihetta seuraava työpiste joutuu odottamaan lisää työstettävää.

Ylimääräistä kuljettamista aiheuttaa esimerkiksi työvaiheiden välillä syntynyt keskenäinen työ, joka odottaa seuraavaa työvaihetta. Keskenäiset kappaleet saatetaan siirtää sivuun odottamaan pääsyä seuraavaan jalostusvaiheeseen tai jopa varastoida väliaikaisesti. Turhaa kuljetusta syntyy myös, jos tuotantopisteelle tuodaan ylimääräistä materiaalia tai työkaluja, jotka on kuljetettava takaisin vaiheen suorittamisen jälkeen.

Yliprosessointia kuvataan usein liian hyvän laadun tuottamisena lopputuotteessa. Mielestäni tällöin tarkastellaan yliprosessoinnin käsitettä väärästä suunnasta. Liian hyvää laatua voidaan sen sijaan tuottaa ennen seuraavaa työvaihetta, joka muokkaa tuotetta siten, että se täyttää joka tapauksessa samat määritelmät ilman edellisen työvaiheen vii-

meistelyä. Toisaalta lopputuote voi olla ulkopuoliselle asiakkaalle siirtyessään puoli- valmiste, jolloin ylilaaatua voidaan tuottaa, mikäli ei olla selvillä asiakkaan oman prosessin vaikutuksista lopputuotteen syntymisessä.

Prosessissa odottavat keskeneräiset tuotteet ja varastossa odottavat lopputuotteet sitovat pääomaa ja lisäävät tuotteen läpimenoa kuluvaan aikaan. Varastossa odottavan tavaran käsittely vaatii ylimääräistä kuljettamista ja käsittelyä. Käsittelyn ja kuljetuksen aikana tuote voi myös vioittua tai jopa kadota. Isoksi kasvatetut väli- ja lopputuotevarastot piilottavat prosessissa esiintyviä ongelmia, kuten pullonkaulaprosesseja tai konerikkojen aiheuttamia tuotantoviivästyksiä. Pientämällä varastoja voidaan tuoda ongelmat paremmin esiin, mutta liian pienet varastot voivat myös aiheuttaa ongelmia. Tästä syystä yrityksen tulisi pienentää varastojaan vähitellen esiin tulleita ongelmakohtia kehittäen.

Työntekijän ylimääräinen liike, kuten työkalujen etsiminen, laatikoiden pinoaminen, osien noutaminen kävelemällä, ovat kaikki hukkaa. Työpisteet tulisi järjestää siten, että kaikki työntekijän tarvitsemat välineet ja osat ovat helposti ja ergonomisesti saatavilla ja niiden käyttäminen on nopeaa ja tehokasta. Esimerkiksi pultin kiinnittämisessä arvoa lisääväksi työksi voidaan ajatella sen viimeisten kierroksien kiristäminen, jolloin se lukittuu paikoilleen. Työkalun hakeminen, asettelu ja ylimääräisten kierteiden kiristäminen ovat kaikki laskettavissa hukaksi. Tämä saattaa kuulostaa merkityksettömältä asialta, mutta tuhannet toistot tuovat lopulta isoja aikasäästöjä, puhumattakaan työn mielekkyyden paranemisen tuoman tehokkuuden vaikutuksesta.

Tuotteiden laatuvirheiden takia työntekijät joutuvat käyttämään työaikaansa niiden korjaamiseksi. Tämä taas on pois arvoa tuottavasta työstä. Pois heitettävien virheellisten tuotteiden mukana taas heitetään materiaaliin kuluneen rahan lisäksi myös sen tuottamiseen kuluneen työn ja ajan vaatima panostus. Leanissa laatu pyritään rakentamaan itse prosessiin, jolloin laaduntarkkailun vaatima aika voidaan laskea laadullisten virheiden mahdollisuuden aiheuttamaksi hukaksi.

Ihmisten osaamisen ja luovuuden hyödyntämättä jättäminen on mielestäni yksi suurimmista yritysten hukista. Perinteisessä tuotantoteollisuudessa työntekijä ajatellaan usein osana koneistoa. Leanissa taas koneilla ja ihmisillä on omat tehtävänsä. Yksikään ihminen ei ole niin nopea kuin kone, mutta mikään kone ei pysty suorittamaan niin monipuolisia työtehtäviä ja ratkaisemaan ongelmia kuten ihminen. Molemmille on paikkan-

sa. Lisäksi työntekijöillä saattaa olla työuran tai vapaa-ajan kautta hankittua osaamista, joka voisi tuottaa merkittävää lisäarvoa yritykselle. Tämä vaatii työntekijöiden osaamisen tuntemista ja etenkin heidän kouluttamistaan, jolloin hyödyt voidaan kasvattaa entistä suuremmiksi.

Muralla tarkoitetaan prosessissa esiintyvää epätasapainoa. Prosesseissa esiintyy yleensä aina epätasapainoa johtuen pullonkauloista prosesseissa, tuotannon kapasiteetin vaihteluista ja asiakastilauksien vaihtelevuudesta. Mitään näistä ei voida kokonaan poistaa, sillä esimerkiksi asiakas tilaa oman tarpeensa mukaan ja siihen on mukauduttava. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, etteikö epätasapainoon voisi vaikuttaa.

Esimerkiksi linjastossa aiheutuva vaihtelu on usein jäljitettävissä pullonkaulaprosesseihin tai toistuviin ongelmiin tuotannon laitteissa. Kysynnän muutoksiin taas voidaan reagoida tasaamalla tuotantoa vastaamaan keskimääräistä menekkiä ja keskustelemalla asiakkaiden kanssa suoraan mahdollisuuksista toimittaa esimerkiksi pienempiä eriä, jolloin heittelyt tuotantoaikataulussa saadaan kohtuullisemmiksi.

Muri kuvaa prosessin ja ihmisten ylikuormitusta. Kohteena on siis aina jokin toiminto, joka tekee valmistettavalle tuotteelle jotain. Ylikuormituksen haittana on tilanteen kestämättömyys. Jos jokin tuotannon vaihe toimii koko ajan täydellä teholla ja muut taas eivät, on työkuorma tasattu väärin ja muut prosessin vaiheet toimivat vajaateholla. Jos taas kaikki prosessin vaiheet toimivat täydellä kapasiteetilla on mahdollista, ettei pystytä vastaamaan kysynnässä tapahtuneisiin muutoksiin ja tilaisuuksia saattaa jäädä tämän takia käyttämättä. Täydellä kapasiteetilla toimivan prosessin laitteet ja ihmiset eivät myöskään voi ilman huoltoa ja palautumista toimia tällä tasolla kuin määrätyn ajan. Väsymisen ja huoltovelan lisääntyessä ei ole enää mahdollista tuottaa yhtä paljon, vaan kapasiteetti lopulta pienenee.

Hukkien tunnistamisella ei ole mahdollista suoraan tunnistaa syitä niiden muodostumiseen. Hukat kuvaavat oireita, joita niiden syyt aiheuttavat. Usein yhden hukan muodostuminen tuo esiin myös toisenlaisia hukkia. Tästä syystä on tärkeää lähteä tutkimaan oireiden aiheuttajan juurisyytä. Kun tähän päästään käsiksi, voidaan prosessista usein poistaa muitakin hukkia kuin ensimmäisenä esiintyneet. Toisaalta poistamalla hukkia syntyy usein uusia parannuskohteita. Tästä syystä Lean onkin kuvattu aina jatkuvana prosessina eikä määrääjän kestävästä projektina.

### 3.2.4 Anna asiakkaan kysynnän vetää prosessia

Prosessin tuottama arvo pyritään maksimoimaan vastaamalla asiakkaan todelliseen kysyntään jatkuvalla virralla, joka ei missään vaiheessa keskeydy. Prosessin tehokkuutta on perinteisessä tuotannossa totuttu mittaamaan sen maksimikapasiteetin mukaan. Sen mukaan prosessi toimii tehokkaimmin, kun jokainen työvaihe toimii mahdollisimman nopeasti ja myyjien tehtävä on työntää valmiita tuotteita asiakkaille siinä tahdissa kun niitä valmistuu.

Asiakkaan näkökulmasta tämä ei ole arvoa tuottavaa toimintaa, joten saadakseen tuotensa kaupaksi toimittaja voi joutua tinkimään esimerkiksi hinnasta, jolloin ylituotannon vaatima varasto saadaan siirrettyä asiakkaan tiloihin. Leanin näkökulmasta kumpikaan ei tässä tapauksessa hyödy, vaan asiakas joutuu sijoittamaan enemmän pääomaansa kiinni varastoon ja tuottaja taas saa pienemmän katteen tuotteestaan.

Prosessin sisäistä arvovirtaa tarkastelemalla voidaan huomata, että maksimikapasiteetilla toimivat työvaiheet aiheuttavat varastoja pullonkaulojen eteen, koska pullonkaulaus toiminto ei pysty toimimaan samassa tahdissa kuin edellinen työvaihe. Pullonkaulaa seuraava työvaihe taas joutuu odottamaan tekemättä mitään, koska sen kapasiteetti on edellistä suurempi. Tuotteen läpimenoaika ei siis voi nopeutua pullonkaulavaihetta nopeammaksi, vaikka muiden vaiheiden kapasiteetti tämän mahdollistaisikin.

Palvellakseen parhaiten sisäisten ja ulkoisten asiakkaiden tarpeita ja toimittakseen heille, mitä he haluavat ja milloin he haluavat, säilyttäen samalla jatkuvan virtauksen läpi arvovirtaprosessin, on yrityksen pystyttämään tasaamaan prosessin toimintoihin kuluvia aikoja ja tuotantoaikatauluja. (Sayer, Williams. *Lean for Dummies* 2007, 165) Prosessin epätasaisuudesta johtuvaa hukkaa, muraa, pyritään poistamaan heijunka-konseptin avulla.

Leanissa työvaiheiden suorittamiseen kuluva aika kutsutaan tahtiajaksi. Tavoitteena on saada prosessi jaettua yhtä pitkän ajan vaativiin työvaiheisiin. Jokaisella tahdilla valmistettava tuote siirtyy seuraavaan työvaiheeseen ja samalla prosessin lopusta syntyy valmis tuote varastoitavaksi ja myytäväksi asiakkaalle. Läpimenoaika taas kuvaa aikaa, joka tuotteella kuluu matkata kaikkien prosessin työvaiheiden lävitse.

Tahtiajan määrää pisimpään kestävä työvaihe, joten tahtiaikaa parantamalla voidaan merkittävästi vaikuttaa myös tuotteen läpimenoaikaan. Jakamalla työkuormaa pisimpään kestävältä työvaiheelta nopeampaan tahtiin kykeneviin työvaiheisiin voidaan tasata vaiheiden välisiä eroja. Vaikka työmäärä pysyy siis samana, työkuormaa jakamalla lyhennetään prosessin tahtiaikaa. Lyhentynyt tahtiaika taas vaikuttaa läpimenoon kuluvaan aikaan, mikä tarkoittaa, että samassa ajassa on mahdollista valmistaa enemmän.

Tilanteissa, joissa pullonkaulana toimii käytössä oleva laitteisto tai vaiheen hitaus, esimerkiksi maalin kuivumisen odottaminen, ennen seuraavaa työvaihetta voidaan työvaiheeseen lisätä ylimääräinen vuoro. Vuoron tehtävänä on varmistaa, että pullonkaulana oleva vaihe ei hidasta muiden työvaiheiden toimintaa. Pidemmällä tähtäimellä voidaan koneita kehittämällä, lisäämällä tai sijoittamalla kokonaan uuteen teknologiaan saada vaiheen kesto aikaan vastaamaan paremmin muiden työvaiheiden kestoja, jolloin ylimääräisestä työvuorosta voidaan luopua.

Jokaisen työvaiheen suorittamisessa esiintyy aina jonkinlaista vaihtelua, vaikka työtavat olisivat tarkasti standardoituja ja ne suoritettaisiin joka kerta samalla tavalla. Kuinka sitten varmistetaan, että työtahti pysyy jatkossakin työvaiheiden välillä samana? Tähän päästään esimerkiksi valmistamalla vain sen verran kuin prosessin seuraava vaihe tarvitsee.

Lean käyttää tässä apuna konseptia nimeltään kanban. Kanban voi olla kortti, astia, tyhjä tila, sähköinen viesti tai muu väline, joka visuaalisesti kertoo, että työvaihe on valmis ja tarvitsee lisää työstettävää. Samalla kanban signaali määrittelee, montako kappaletta kyseistä osaa tai tuotetta jokaisen vaiheen on määrä valmistaa kerrallaan.

Työpisteellä tulisi olla korkeintaan kaksi kanbania kerrallaan, työn alla oleva ja työstämistä odottava. Kun työvaihe ottaa työn alle työstämistä odottaneen kanbanin, palautuu valmistuneen tuotteen kanban edelliseen työvaiheeseen. Tämä signaali antaa luvan edelliselle työvaiheelle valmistaa seuraava erä ko. tuotetta. Jokainen työvaihe siis tilaa kanbanin avulla lisää työstettävää juuri sen verran kuin sen todellinen tarve on. Tämä estää välivarastojen syntyä tuotantoon sekä pitää virtauksen jatkuvana ja tasaisena läpi koko prosessin. Pienentämällä valmistettavien yksikköjen määrää kanbanissa voidaan myös nähdä missä työvaiheissa esiintyy eniten vaihtelua ja sitä kautta löytää uusia kehityskohteita prosessin työkuorman tasoittamiseksi.

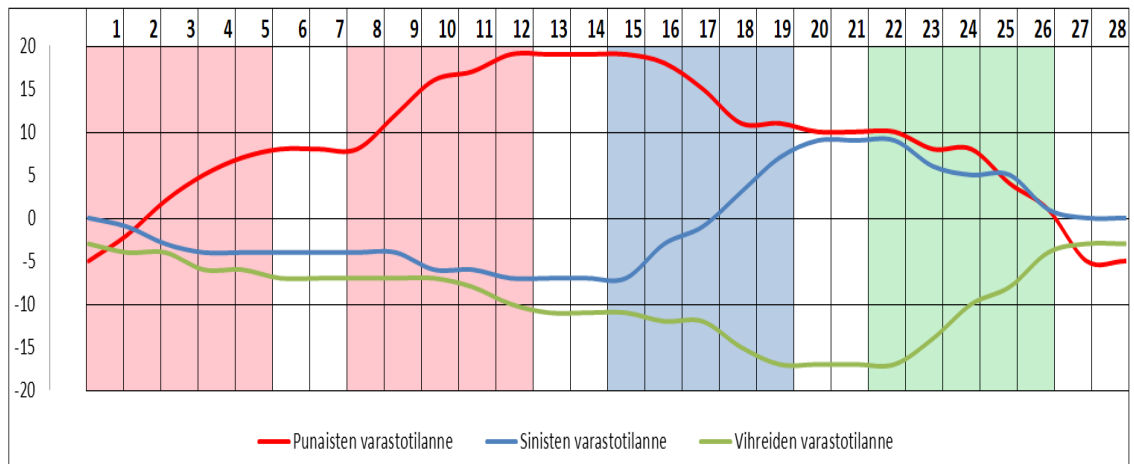
Tilanne ei yleensä kuitenkaan ole näin yksinkertainen, vaan yritys valmistaa useita eri tuotteita ja tuotevariaatioita. Tämä taas tarkoittaa laadunvaihtoja. Laadunvaihtoihin kuuluva aika ei perinteisessä tuotannossa ole ollut kovin merkittävässä osassa, sillä pitkiä vaihtoaikoja on voitu kompensoida suurentamalla tuotantoeriä. Suuret tuotantoerät kasvattavat varastoja, jotka taas sitovat pääomaa ja toimivat tuotannon puskureina haudaten tuotannossa ilmeneviä ongelmia näkymättömiin.

Yrityksen sisäisen prosessin tasoittaminen ei kuitenkaan poista sitä tosiasiaa, että ulkoisten asiakkaiden kysyntä harvoin pysyy tasaisena. Eri tuotteiden menekki voi vaihdella jopa päivittäin paljonkin. Perinteisesti yritykset pyrkivät vastaamaan kysynnän vaihteluun suurentamalla lopputuotevarastoa. Pitkät tuotantoerät kasvattavat myös varastoa, koska tuotteet eivät heti lähde asiakkaalle.

Heijunka konseptin mukaan tuotantoa pyritään tasoittamaan valmistamalla tuotteita keskimääräisen kysynnän mukaan ja pienissä erissä tietyn aikamäärään sisällä. Tätä on helpointa kuvata esimerkillä.

Oletetaan, että yritykseltä tilataan kuukausittain 80 autoa ja jokaisen valmistamiseen kuluu 2 tuntia työaika. Kuukaudessa on 4 viikkoa ja jokaisena viikkona työskennellään 5 päivää 8 tuntia päivässä. Viikonloput tuotanto on seisahduksissa. Tilausmäärät vaihtelevat päivittäin ja joinakin päivinä ei autoja tilata ollenkaan. Lisätään haastetta antamalla lisäämääreiksi, että näistä 80 autosta 40 kpl on punaisia, 20 sinisiä ja 20 vihreitä.

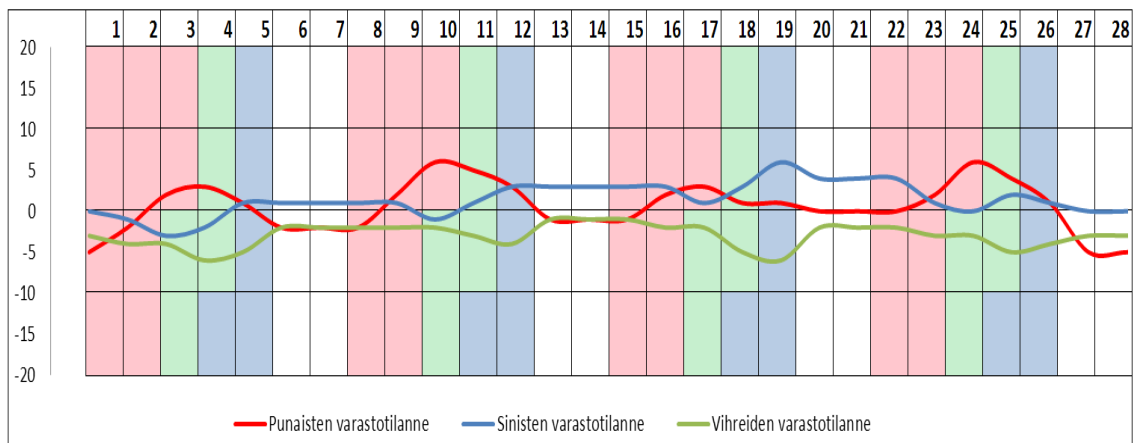
Perinteisesti vaihtoaikoja välttääkseen yritys valmistaisi autoja vain yhtä väriä kerrallaan, koska vaihtoajat ovat pitkiä ja niiden vaikutus halutaan minimoida. Ensimmäiset kymmenen päivää yritys valmistaa siis punaisia autoja. Tämän jälkeen valmistetaan 5 päivää sinisiä ja 5 päivää vihreitä autoja. Taulukossa 1 on kuvattu perinteisen tuotantoajattelun valmistusaikataulu värillisillä ruuduilla ja varastotilannetta kuvataan taulukossa näkyvillä käyrillä.



KUVIO 1 Perinteisen tuotantoajattelu vaikutukset

Kuviosta 1 voidaan todeta, että vihreän auton tilaaja voi joutua odottamaan 3 viikkoa ennen kuin yritys mahdollisesti aloittaa hänen tilaamaansa auton valmistuksen. Pitkät tuotantoerät johtavat myös punaisten autojen osalta suureen varastoon, kun taas sinisten ja vihreiden osalta on toimitusvaikeuksia.

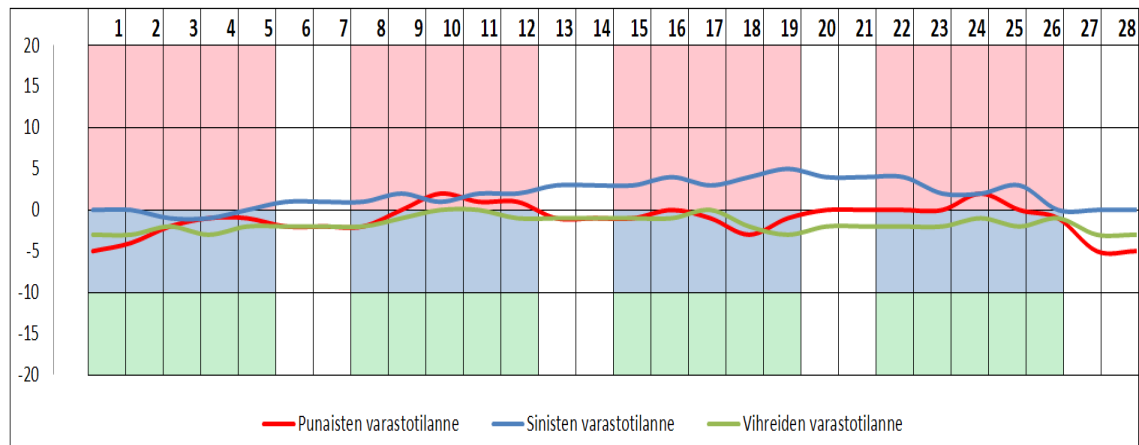
Kuviossa 2 nähdään viikoittaisen kulutuksen mukaan tasatun tuotannon edut.



KUVIO 2 Tuotannon tasoitus keskimääräisen viikoittaisen menekin mukaan

Tasaamalla tuotantoa muuttuvan kysynnän viikoittaisen keskiarvon mukaan varastot pienenevät merkittävästi. Kaikkia värejä valmistuu viikoittain, joten asiakkaan ei tarvitse odottaa muiden värien valmistumista ennen kuin hänen tilaamansa väri on taas tuotannossa. Myös varastot ovat huomattavasti pienemmät punaisten osalta ja sinistäkin autoa on saatavissa suurimman osan ajasta.

Kuviosta 3 voidaan tarkastella, minkälaiseen tulokseen päästään tasaamalla tuotantoa vieläkin lyhyemmän ajanjakson mukaan.



KUVIO 3 Tuotannon tasoitus keskimääräisen päivittäisen menekin mukaan

Varaston toiminta ei ole merkittävästi muuttunut verrattuna viikoittaiseen esimerkkiin, mutta nyt kaikkia tuotteita valmistetaan päivittäin. Varastoon kerätään tuotteita juuri sen verran kuin kukin lähetys tarvitsee. Tämän jälkeen voidaan lähettää tilaus asiakkaalle. Samaa tuotetta saadaan uudelleen lähetettäväksi seuraavalle asiakkaalle heti seuraavana päivänä.

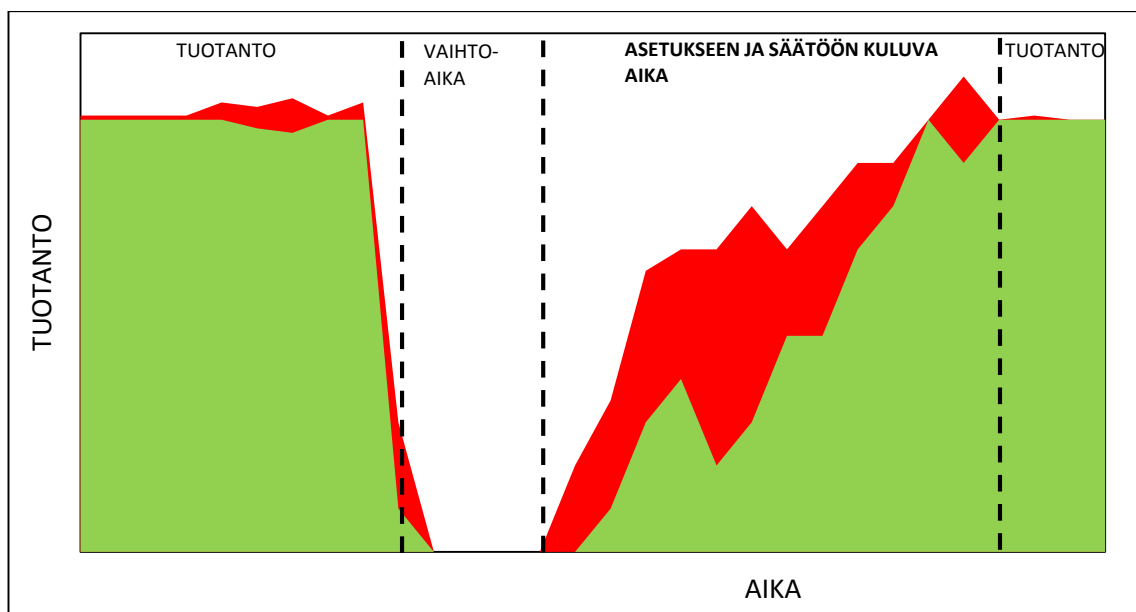
Laadunvaihtoihin kuuluva aika jätettiin tarkoituksellisesti pois edellisestä esimerkistä, sillä perinteisen tuotantoajattelun mukaisesti tuotannon tasoittaminen nostaisi työvoimakustannuksia, koska laadunvaihdot kasvaisivat ensimmäisen tuotantosunnitteluesimerkin kolmesta kuuteenkymmeneen laadunvaihtoon kuukaudessa. Lean-tuotannossa sen sijaan pyritään kehittämään prosessia jatkuvasti eteenpäin. Laadunvaihtoihin kuluvan ajan lyhentäminen on yksi avaintekijöistä Lean-filosofian menetelmiä noudatettaessa. Esimerkissä voimme nähdä tämän konseptin edut ja seuraava askel yrityksellä onkin kysyä itseltään: miten tähän päästäisiin?

Lean käyttää tähän SMED – työntutkimuksen konseptia. SMED juontaa juurensa menetelmän alkuperäiseen käyttökohteeseen Toyotan tehtaalle, jossa auton peltiosien valmistuksessa käytettyjen prässien muotin vaihtaminen vaati radikaaleja parannuksia.

SMED:in toteutus alkaa vaihtoajan puitteissa tapahtuvien toimintojen tarkalla kirjaamisella ja kellotuksella. Tämän jälkeen toiminnot erotellaan ulkoisiin, tuotannon aikaisiin

toimenpiteisiin ja sisäisiin, tuotannon pysähdyksen aikaisiin toimenpiteisiin. Minimoidulla tuotannon pysähdyksen aikaiset toiminnot siirtämällä työvaiheita mahdollisimman paljon ennen sen pysäyttämistä tapahtuvaan valmisteluun muunnetaan sisäisiä työvaiheita ulkoisiksi, jolloin tuotantoseisokki jää mahdollisimman lyhyeksi. Tämän jälkeen karsitaan kaikki ylimääräinen säätäminen standardoimalla laitteen vaihdettavien osien kohdistukset sekä työtavat. Minimoidaan myös työkalujen käyttö esimerkiksi pikalukituksilla, jolloin tuotannon uudelleen käynnistyksen jälkeinen epäkurantin tuotteen määrä on mahdollisimman pieni.

Kuviossa 4 on kuvattu visuaalisesti varsinainen vaihto-aika sekä ns. turha aika vaihdon suorittamisessa. Tästä asetukseen ja säätöön kuluvasta ajasta tulisi mahdollisuuksien mukaan pyrkiä pääsemään eroon edellä mainittujen tapojen avulla. Samalla pyritään toki optimoimaan myös varsinaista vaihto-aikaa.



KUVIO 4 Laadunvaihdon yhteydessä syntyvä hukka

Leanin ideaalitulaa voidaan kuvailla prosessilla, joka pystyy valmistamaan yhden kappaleen tuotantoerissä, vain sen minkä asiakas tarvitsee ja juuri oikeaan aikaan. Tämä ideaalitulaa on käytännössä mahdoton toteuttaa ja sitä tuleekin käyttää enemmän suuntaviitana. Kysynnän heilahtelut, taloudellinen tuotantoerätkoko sekä ihmisten ja koneiden kapasiteetin vaihtelut tuovat kokonaisuuteen muuttujia, jotka yrityksen on otettava huomioon toiminnassaan.

Lean haastaa perinteistä tuotantoajattelua myös siinä mielessä, että prosessin ei tule tuottaa aina niin paljon kuin mahdollista, vaan virtauksen pitää pystyä mukautumaan myös kysynnän vähenemiseen. Varastoja ei täytetä vain siksi, että kapasiteetti sen mahdollistaa, vaan tuotannon tahdin tulee seurata asiakkaiden kysynnän muutoksia.

Heijunka mahdollistaa yrityksen sisäisten prosessien Just-in-Time- konseptin toteuttamisen. Asiakas vetää tilauksellaan tuotteita varastosta, joka taas on merkki tuotannolle valmistaa kyseistä tuotetta myytyjen tilalle. Tuotannon toiminta taas vetää tuotantoa eteenpäin ja osien ja raaka-aineiden käyttäminen käynnistää tilauksia prosessissa ja viimein omilta toimittajilta. Myymällä tämä tuotannon tasoittamisesta koituvien hyötyjen ajatus myös omille toimittajille, voidaan konseptia laajentaa yrityksen seinien ulkopuolelle ja näin hyöty tulee olemaan molemminpuolinen.

### **3.2.5 Paranna prosessin laatua jatkuvasti**

Tärkeä osa Toyotan tuotantosysteemiä ja Leanin tarkoitusta on laadun rakentaminen osaksi prosessia ja kulttuuri, joka pysähtyy ratkaisemaan ongelmat niiden ilmetessä. Lean ei tähtää lyhyen aikavälin pikaparannuksiin, vaan pyrkii kehittymään jatkuvasti pienin askelin. Idea on looginen. Ongelmien ilmetessä pysähdytään tarkastelemaan tilannetta, selvitetään ongelman juurisyyt ja korjataan ongelman aiheuttaja siten, ettei se enää uudestaan ilmene. (Liker ym. 2006, 193)

Massatuotannon näkökulmasta prosessin pysäyttäminen ongelman ratkaisemiseksi on vaikea mieltää oikeutetuksi, sillä ihmiset ovat tottuneet ajatukseen, että tuotannon on pyörittävä ja tavoitteisiin on päästävä. Prosessissa esiintyvät laatuongelmat korjataan usein ylimääräisellä työllä vasta sen käytyä läpi koko prosessin. Toimitusajat on silti yritettävä pitää, joten lopputuotevarastojen kokoa on kasvatettava puskuroimaan prosessissa aiheutuvia ongelmia.

Edes Toyota ei halua pysäyttää prosessia, sillä tämä alentaa hetkellisesti tuotannon kannattavuutta. Jos Toyotakin suorittaisi korjaukset mahdollisimman nopeasti pysähtymättä tutkimaan ja selvittämään ongelman perimmäisiä aiheuttajia, voisivat seuraukset olla kohtalokkaita. (Liker ym. 2006, 193)

Toyota panostaa työntekijöidensä koulutukseen ja lähtee siitä ajatuksesta, että jokainen ihminen on oman osa-alueensa asiantuntija. Yhdistämällä automatisoituja prosesseja ihmisen ongelmanratkaisukykyyn sekä ennaltaehkäisemällä virheiden syntymistä poka-yoken avulla Toyota jakaa laadunvalvonnan vastuun jokaisen työntekijän tehtäväksi.

Poka-yoke voi olla mikä vain apuväline tai mekanismi itse prosessin toiminnoissa, mikä estää virheiden tapahtumisen ennakkoon. Poka-yokea on esimerkiksi jonkin kokoonpanoon kuuluvan osan suunnitteleminen siten, että se sopii paikoilleen vain yhdellä tavalla ja tekee väärin asentamisen mahdottomaksi. Toinen esimerkki poka-yokesta on hissien ovien kohdalla oleva valokenno, joka estää ovia sulkeutumasta niin kauan kuin ihminen tai jokin muu objekti on ovien välissä.

Kokonaisuudessaan näiden yhdistelmästä muodostuvaa konseptia kutsutaan nimellä jidoka. Sen avulla voidaan yhdistää laitteiden mekaanisesti rakennettu laadunvarmistusysteemi ja ihmislähtöinen ongelmien havaitseminen. Laitteet suunnitellaan tekemään sekä ihmisestä että laitteistosta johtuvat virheet mahdottomiksi. Jos näistä huolimatta ongelmia ilmenee, laitteisto pysähtyy automaattisesti ja hälyttää ihmisen paikalle. Tämä vapauttaa työntekijät välittömästi koneiden toiminnan tarkkailulta ja antaa mahdollisuuden monipuolisempaan osaamisensa hyödyntämiseen.

Mikäli työntekijä havaitsee tai edes epäilee laatuongelmia prosessissa, on hän velvollinen tuomaan ongelman esille ja jopa pysäyttämään tuotantopisteen toiminnan andon signaalin avulla, kunnes ongelma saadaan ratkaistua.

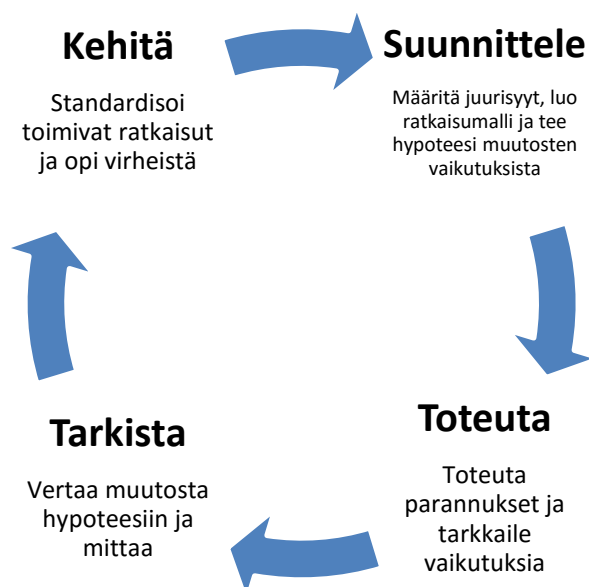
Andon signaali voi olla mikä vain keino, jonka avulla työntekijä voi visuaalisesti tuoda esiin havaitsemansa ongelman. Toyota on historiallisesti käyttänyt tässä andon narua. Kun työntekijä vetää andon narusta, äänimerkki ja andon-taululle syttyvä valo ilmoittavat, missä ongelma sijaitsee. Työpisteen tuotantotiimin vetäjä tulee välittömästi auttamaan ongelman ratkaisussa. Mikäli ongelmaa ei saada lyhyessä ajassa ratkaistua, pysähtyy työpisteen toiminta kokonaan. Ongelmanratkaisun kestäessä riittävän pitkään se voi lopulta pysäyttää koko linjaston.

Tämä estää ongelmien siirtymisen prosessissa eteenpäin ja luo painetta tarttua ongelmiin heti niiden ilmaantuessa sekä estää niiden toistuva ilmeneminen. Ilman välitöntä ongelmiin puuttumista ja poka-yokea, virheiden ennaltaehkäisyä, prosessin ongelmat saavat aikaan tuotannossa jatkuvaa vaihtelua, jolloin Just-in-Time- ja heijunka-

konseptien toteuttaminen on käytännössä mahdotonta. Toiminta antaa lisäksi tärkeää tietoa siitä, mitkä osat prosessista vaativat usein huomiota. Tämä taas ohjaa keskittämään enemmän voimavaroja kyseisen työpisteen toimintojen tai laitteistojen kehittämiseen.

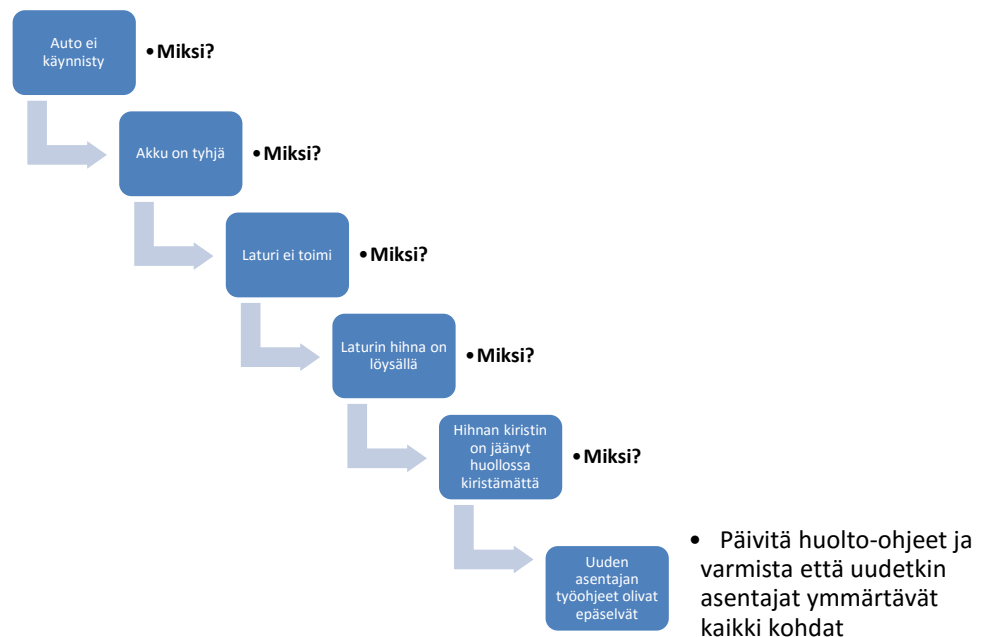
Toyotan jatkuvan parantamisen konseptia kutsutaan nimellä kaizen. Jatkuvalla parantamisella tarkoitetaan kaikkien prosessien ja toimintojen päivittäistä kehittämistä kaikilla yrityksen tasoilla. (Rother. Toyota kata 2010, 12) Se kulkee käsi kädessä toisen Toyotan tuotantofilosofian pääpilarin kanssa, joka on ihmisten kunnioittaminen. Ihmisten osallistaminen prosessin parantamiseen antaa mahdollisuuden vaikuttaa oman työnsä kehittämiseen ja valjastaa yrityksen käyttöön koko henkilökuntansa asiantuntemuksen. Ja mikä vielä tärkeämpää, se luo pohjan jatkuvasti oppivalle organisaatiolle. Tällaisen ilmapiirin luominen, joka ei vain hyväksy muutoksia vaan aktiivisesti etsii keinoja kehittyä, ei ole mahdollista ilman todellista ihmisten kunnioittamisen ilmapiiriä, jossa ongelmien esiintuominen koetaan aina mahdollisuutena päästä eteenpäin tai oppia uutta.

Jotta voitaisiin olla varmoja, että parannukset kohdistuvat oikeisiin asioihin ja niistä saadut opit olisivat toistettavissa, tulee ratkaisun olla systemaattista. Alkutilanteen ymmärtämisen ja ongelman selvittämisen lisäksi muutoksen vaikutukset tulee pystyä määrittämään. Ongelman ratkaisu- ja kehitystyökaluja on olemassa useita, mutta kehitysprosessin runko noudattaa aina Demingin ympyränäkin tunnetun PDCA-syklin mukaisia vaihteita (kuvassa 5). PDCA tulee sanoista Plan-Do-Check-Act.



KUVIO 5 PDCA-sykli

PDCA konseptin kuvaus on syystä yleensä aseteltu ympyrän muotoon. Tarkoitus on kuvata toiminnan jatkuvuutta ja edetä kierros kierrokselta iteroiden kohti sen hetkistä parasta mahdollista ratkaisua. Suunnitteluvaiheessa määritetään tarkasti nykytila pureutumalla ongelmakohdan juurisyihin. Tässä voidaan käyttää apuna esimerkiksi ”viisi kertaa miksi” metodia. Konseptin tavoitteena on esittää riittävän monta tarkentavaa kysymystä havaitusta ongelmasta, jotta päästään käsiksi ongelmaan juurisyihin (Kuva 6).



KUVIO 6 Viisi kertaa miksi esimerkki

Juurisyyn selvittämisen jälkeen pureudutaan ongelmakohtiin ja päätetään, miten ne ratkaistaan. Lopuksi määritellään tulevaisuuden tavoitetilata, joka halutaan saavuttaa. Toteutusvaiheessa pannaan täytäntöön suunnitellut muutokset ja tarkkaillaan, mitä vaikutuksia niillä on prosessin toimintaan. Tarkistuskohdassa verrataan uutta nykytilaa ja aiemmin laadittua tavoitetilaa sekä todennetaan mittaamalla muutosten vaikutukset. Viimeisen kohdan tarkoituksena on joko vakiinnuttaa parannukset tai uudet toimintatavat ja standardoida ne osaksi prosessia tai palata takaisin edelliseen, tutkia mikä meni vikaan ja käynnistää uusi kehityssykli.

Esimerkiksi laadunvaihdossa suoritettavien työvaiheiden ja tapojen tulisi olla jokaisen työntekijän kohdalla samanlainen. Muutoin vaarana on, että yhden työntekijän mielipiteen kautta implementoitu parannus saattaa jopa huonontaa toisen työntekijän suoritusta. Standardoimisella ei kuitenkaan tarkoiteta, että toimintatapa olisi kiveen hakattu. Työtapojen tulee perustua varsinaisen työn tekijöiden yhteiseen sopimukseen sen hetki-

sestä parhaasta tavasta toimia. Standardin tulee olla dynaaminen ja kehittyä jatkuvasti, kun parannuksia otetaan käyttöön.

Lean pyrkii parantamaan prosessia kokonaisuutena. 5S on yksi Leanin peruspilareista, joka selkiyttää prosessia ja sen ympäristöä luoden selkeän pohjan toteuttaa parannuksia. Metodien avulla pyritään luomaan puhdas ja järjestelmällinen työpaikka, jolloin työskentely on yksinkertaisempaa ja tehokasta. Kyse ei siis ole vain siivoamisen organisoimisesta pelkän siisteyden vuoksi, vaan siisti ja järjestyksessä oleva työpiste vähentää tarvetta etsiä tavaroita ja tuo näkyvämmiin esiin prosessissa esiintyvät poikkeamat.

Konseptin nimi juontaa juurensa viiteen japaninkieliseen s-alkuiseen sanaan; seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke, vapaasti suomennettuna; järjestä, suorista, siivoa, standardisoi, ylläpidä. Edellä mainittujen lisäksi joukkoon lisätään toisinaan vielä kuudes asia, turvallisuus. Oletuksena turvallisuus kuitenkin paranee noudattamalla viittä ensimmäistä kohtaa.

Lean-filosofian mukainen tuotanto perustuu siis jatkuvaan ongelmanratkaisuun ja kehitykseen, joka taas pohjautuu muun muassa edellä mainittujen työkalujen yhteisvaikutukseen; prosessin jatkuvaan parantamiseen ja kulttuurin luomiseen. Laatu pyritään rakentamaan osaksi itse prosessia, jolloin vältytään tuotteiden jälkitarkastukselta ja korjauksilta.

Ongelmat ovat aina ongelmia itse prosessissa tai toimintatavoissa ja ne halutaan nostaa mahdollisimman nopeasti esille ja niistä pyritään oppimaan jatkuvasti uutta. Tästä syystä yrityksen tärkein voimavara ovat ihmiset, joiden osaamista tulee kehittää ja jotka tulee haastaa miettimään ratkaisuja oman osaamisalueensa kehityskohteista yhdessä ja toteuttamaan niitä.

### **3.3 Lean johtaminen**

#### **3.3.1 Itsensä kehittäminen**

Toyotan mukaan johtamisen ensimmäinen aste on oman kehittymisensä johtaminen. Ihmiset, jotka aktiivisesti etsivät tapoja kehittää itseään ja osaamistaan ovat Toyotan

näkemyksen mukaan muita potentiaalisempia johtajia. Johtajien ja potentiaalisten johtajien itsensä kehittäminen ei kuitenkaan tapahdu itsestään, vaan heille on luotava siihen mahdollisuuksia ja asetettava oikeanlaisia haasteita ja ohjattava oikeaan suuntaan. (Liker, Convis. The Toyota way to Lean leadership 2012, 57)

Lean-kulttuuri nojaa jatkuvaan parantamiseen ja kehittämiseen myös ihmisissä. Johtajan tulee pystyä toimimaan tässä esimerkkinä työntekijöilleen. Yritys ei voi kehittyä, elleivät johtajat ja työntekijät kehity sen mukana. Tämä vaatii kykyä pitkäjänteisesti kehittää organisaatiota oppivaksi ja mukautuvaksi systeemiksi.

### 3.3.2 Muiden kehittäminen

Johtamisen toinen aste on toisten opettaminen ja kehittäminen. Opettaminen onkin usein paras keino myös itse oppia lisää prosessista ja työntekijöidensä tarpeista. Toyota odottaa kaikkien johtajiensa aktiivisesti osallistavan muita ongelmanratkaisuun valmentamalla ja kehittämällä jokaista työntekijäänsä. Johtamisen onnistumista voidaan määrittää sillä, mitä hänen harjoittamansa ihmiset ovat saavuttaneet. (Liker ym. 2012, 58)

Prosessissa esiintyvät ongelmat antavat mahdollisuuden oppia ja opettaa. Hyvä johtaja ei tee nopeita johtopäätöksiä ja siirry suoraan ratkaisuihin, vaan pysähtyy ensin tarkastelemaan tilannetta ja kysymään: miksi? Ongelmat tulee ratkaista aina Gembassa, siellä missä ongelma on ilmennyt, ja yhteistyössä työntekijän kanssa. Tämä säilyttää vastuun ongelman ratkaisemisesta työntekijällä. Johtajan tehtävä on haastaa työntekijää löytämään oikea ratkaisu esittämällä oikeita kysymyksiä ja auttaa pääsemään kiinni juurisyihin. Tämän jälkeen hänen tulee mahdollistaa parannusten välitön toteuttaminen. Yhteistyö auttaa molempia oppimaan prosessista ja ongelmanratkaisusta sekä sitouttaa ihmiset oman työnkuvansa oikeanlaiseen parantamiseen.

Pitkäjänteisen organisaatiokohtaisten ongelmanratkaisutapojen opettamisen tavoitteena on saada ihmiset sisäistämään keinot jatkuvan parantamisen toteuttamiseen ja tehdä lopulta johtajasta ”tarpeeton”. Tämä vaatii päivittäistä valmennusta ja paneutumista prosessiin ja ihmisiin. Kaizen toimintaa voidaan verrata lihakseen, joka surkastuu, jos sitä harjoitetaan vain harvoin, mutta vahvistuu jatkuvasti, kun sitä käytetään päivittäin.

### 3.3.3 Päivittäisen kaizenin tukeminen

Päivittäin tapahtuvan jatkuvan parantamisen tukeminen ja mahdollistaminen siirtää fokusta yksilön johtamisesta kokonaisvaltaiseen prosessin kehittämiseen. Johtajan tehtävänä on varmistaa, että prosessin kehittäminen kohdistuu oikeisiin asioihin ja suuntaa askeleet kohti yrityksen pitkän tähtäimen tavoitetilaa. (Liker ym. 2012, 58)

Johtajien tulee huolehtia, että heidän tiiminsä on kykenevä sekä päivittäiseen huoltavaan ja korjaavaan kaizeniin, joka varmistaa, että prosessit säilyttävät nykytilan standardien mukaisen tehokkuutensa, että parannuksia toteuttavaan kaizen-toimintaan, joka nostaa jokaisen prosessin tilan tulevaisuudessa entistä korkeammalle tasolle tai varmistaa nykytilan säilymisen. Päivittäinen toiminta ei kuitenkaan tarkoita ylhäältä alaspäin johdettua toimintaa, vaan ohjattua asioiden mahdollistamista ja ihmisten valmentamista sekä rohkaisemista nostamaan asiat esille alhaalta ylöspäin. (Liker ym. 2012, 58)

Päivittäisen kaizen-toiminnan lisäksi etenkin alkutaipaleella ylhäältä alaspäin johdetut kaizen tapahtumat ovat hyvä keino opettaa ongelmanratkaisua ja luoda pohjaa päivittäisen parantamisen kulttuurille. Kaizen tapahtumaan on tärkeää saada mukaan ihmisiä prosessin eri osa-alueilta ylintä johtoa myöten, jolloin yhteistyössä voidaan ottaa huomioon muutosten vaikutukset prosessin eri vaiheissa ja eri näkökulmien kautta oppia katsomaan asioita uudella tavalla. Johdon osallistuminen helpottaa myös mahdollisia investointeja vaativien toimenpiteiden nopean hyväksyttämisen ja osoittaa, että koko yrityksen henkilöstö kokee toiminnan tärkeäksi.

### 3.3.4 Vision luominen ja tavoitteiden asettaminen

Pitkän tähtäimen tavoitetila tai ”True North”, kuten Toyota tätä kutsuu, kuvaa yrityksen strategista visiota, jota kohti yritys kehittää itseään. Toyota on määritellyt pitkän tähtäimen tavoitetilakseen neljä kohtaa:

- Nolla virhettä
- 100 % lisättyä arvoa
- Yhden kappaleen jatkuva virtaus kysyntään vastaten
- Varmuus työstä ja työpaikasta (Rother 2010, 44)

Tavoitetilan tarkoitus on kuvata ideaalitulannetta välittämättä siitä, kuinka realistinen se on toteuttaa nykytilanteessa ja tämän hetkiselällä teknologialla. Tärkeintä on, että yrityksen koko henkilökunta ymmärtää sen merkityksen ja on sitoutunut sen tavoittelemiseen.

Lyhyemmän tähtäimen tavoitteiden sen sijaan on oltava realistisia ja tarkoin määriteltyjä, mutta viietävä yritystä tämän ideaalitulann vision mukaiseen suuntaan. Tällä varmistetaan, että kaikki yrityksen tavoitteet ovat linjassa toisiensa kanssa ja kuljettavat yritystä tavoiteltuun suuntaan.

Lyhyen tähtäimen tavoitteiden saavuttamiseksi tehtävät toimenpiteet suunnitellaan joko toteuttamaan asetettujen välitavoitteiden saavuttamista tai korjaamaan prosessia ja varmistamaan, että nykytilasta ei taannuta takaisin. Prosessia eteenpäin vieviä parannuksia tehtäessä PDCA-syklin hypoteesin tulisi aina peilata myös ideaalitulann ja varmistaa, että toimenpiteiden suorittaminen vie asioita oikeaan suuntaan.

Johtamisen toimintojen on tuettava tätä tavoitetta ja varmistettava, että koko henkilöstö ymmärtää ideaalitulann merkityksen prosessille, joka on pilkottava selkeästi välitavoitteiden avulla käytännönläheisiksi suorituksiksi. Professori Koichi Shimizu esittääkin tutkimuksessaan, *Reorienting Kaizen Activities at Toyota 2004*, että huolimatta Toyotan Kaizen toiminnan toteuttamisen vastuun jakaantumisesta koko organisaation leveydelle lähes 90 % toiminnan tuomista eduista realisoituu johdon ja insinöörien toiminnan kautta. (s 3) Tuotannon työntekijöiden 10 %:n avulla saadaan oman työnsä parhaat asiantuntijat sitoutettua mukaan parantamiseen ja näin kehittymään mahdollisesti jossain vaiheessa esimerkiksi tiimijohtajiksi opettamaan muita ja ideoimaan näitä 90 prosenttia, joilla suurin osa kustannusten alenemisesta ja tuottavuuden paranemisesta saavutetaan.

Toyotan johto on säilyttänyt kosketuksensa gembaan, missä arvo asiakkaan näkökulmasta todellisuudessa muodostuu. Johtajat kasvavat tehtäviinsä pikkuhiljaa ja jalostavat vuosien saatossa kerättyä osaamista muiden opettamiseen, arvon lisäämiseen asiakkaan näkökulmasta ja sitä kautta yrityksen kehittämiseen kohti ideaalitulann.

## **4 PROSESSIN KUVAUS**

### **4.1. 4-linjaston layout ja prosessin toiminnot**

Tämä osio on salattu.



Kuva 1 Linjaston layout

#### **4.1.1 Annostelijat**

Tämä osio on salattu.

#### **4.1.2 Ekstruuderit**

Tämä osio on salattu.

#### **4.1.3 Jäähdytys ja kalibrointi**

Tämä osio on salattu.

#### **4.1.4 Linjasto ja pituusmittaus**

Tämä osio on salattu.

#### **4.1.5 Kelauskone**

Tämä osio on salattu.

#### **4.1.6 Pakkaus**

Tämä osio on salattu.

### **4.2 Laadunvaihdon työvaiheet**

Tämä osio on salattu.

#### **4.2.1 Tuotannon pysäytys**

Tämä osio on salattu.

#### **4.2.2 Osien vaihtaminen**

Tämä osio on salattu.

#### **4.2.3 Linjaston asettaminen**

Tämä osio on salattu.

#### **4.2.4 Laitteiston käynnistys**

Tämä osio on salattu.

#### **4.2.5 Laitteiston säätäminen**

Tämä osio on salattu.

#### **4.2.6 Tuotannon aloittaminen**

Tämä osio on salattu.

## 5 LAADUNVAIHDON TYÖN TUTKIMUS

### 5.1 SMED – Laadunvaihdon ajankäytön jakautuminen

#### 5.1.1 SMED – tutkimuksen toteuttaminen

SMED-menetelmän avulla määritettiin tämänhetkisen toimintatavan mukaisen laadunvaihdon eri työvaiheisiin ja toimintoihin kulunut aika. Tiedon keräämisen pohjana käytettiin kahta eri laadunvaihdosta kuvattua videota, 25 mm halkaisijasta 40 mm halkaisijaan ja 110 mm halkaisijasta 32 mm halkaisijaan.

Tallenteet katsottiin jälkikäteen ja kaikki tapahtumat sekä niiden tapahtuma-ajat tallenteen toistoajan perusteella kirjattiin Excel-ohjelman avulla kahteen erilliseen taulukkoon. Tämän jälkeen laskettiin tapahtuma-aikojen perusteella toimenpiteisiin kulunut aika ja ryhmiteltiin toiminnot viiteen eri kategoriaan:

A – asetus

M – mittaus

L – liike

O – odotus

E – etsintä

Asetuksella tarkoitetaan osien kiinnittämistä, irrotusta tai laitteiden säätämistä. Mittaus on tässä tapauksessa työntö- tai rullamitan avulla tapahtuvaa tuotteen piirteiden tarkistusta tai laitteen osien kohdistamista. Lähinnä kyseessä on tuotteen mittojen tarkistaminen, minkä avulla työntekijä kokemuksensa perusteella hakee laitteiston säädöt oikeaan kohtaan.

Liikkuminen kuvaa tarvetta kävellä eri puolille linjastoa suorittamaan laitteiden asetusta tai mittaamaan. Odotus koostuu säätöjen vaikutusten odottamisesta, jotta voidaan suorittaa uusi mittaus, joka kertoo työntekijälle, onko hän suorittanut oikeita korjaavia toimenpiteitä vai kokeillaanko toista keinoa. Etsintään kuluva aika muodostui pääosin työkalujen etsinnästä niiden puutteen tai sekaisen ympäristön vuoksi.

Tämän jälkeen toiminnot eroteltiin vielä kahteen eri kategoriaan:

S – sisäiset vaihtotyöt

U – ulkoiset vaihtotyöt

Sisäisten vaihtotöiden kategoriaan kuuluvat kaikki toiminnot, jotka suoritetaan edellisen tuotantoerän viimeisen ja seuraavan tuotantoerän ensimmäisen laatustandardit täyttävän tuotteen välillä kuluvana aikana. Ulkoisen vaihtotyön kategoriaan taas kuuluvat ne toiminnot, jotka voidaan suorittaa koneen tuotantoajan aikana. Tällaisiksi toiminnoiksi voidaan laskea esimerkiksi työkalujen tuominen tai vaihdettavien koneenosien tuominen valmiiksi suorituspaikalle.

Taulukoidun ja kategorisoidun tiedon pohjalta luotiin erilaisia kaaviokuvia visualisoimaan ja helpottamaan kerätyn tiedon käsittelyä. Tällaisia kaaviokuvia olivat esimerkiksi pylväsdiagrammit, jotka toivat selkeästi vertailtavaksi eri kategorioihin ja työvaiheisiin kuluvan ajan.

Tulosten tarkastelun jälkeen suoritettiin pohdintaa siitä, mihin linjaston kehittämisen pääpainopisteet tulisi kohdistaa. Tavoitteena oli pyrkiä eliminoimaan mahdollisimman monta työntutkimuksen aikana kirjattua työvaihetta joko toimintatapamuutoksilla tai laitteiston kehitysideoiden kautta. Jäljelle jääneistä työvaiheista pyrittiin vielä siirtämään mahdollisimman monta kohtaa suoritettavaksi joko ennen tai jälkeen tuotantoajan. Lähtökohtaisesti ideointi tapahtui tuotannon henkilöstön kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta, mutta asioita käytiin lävitse myös työnjohdon ja kunnossapidon kanssa.

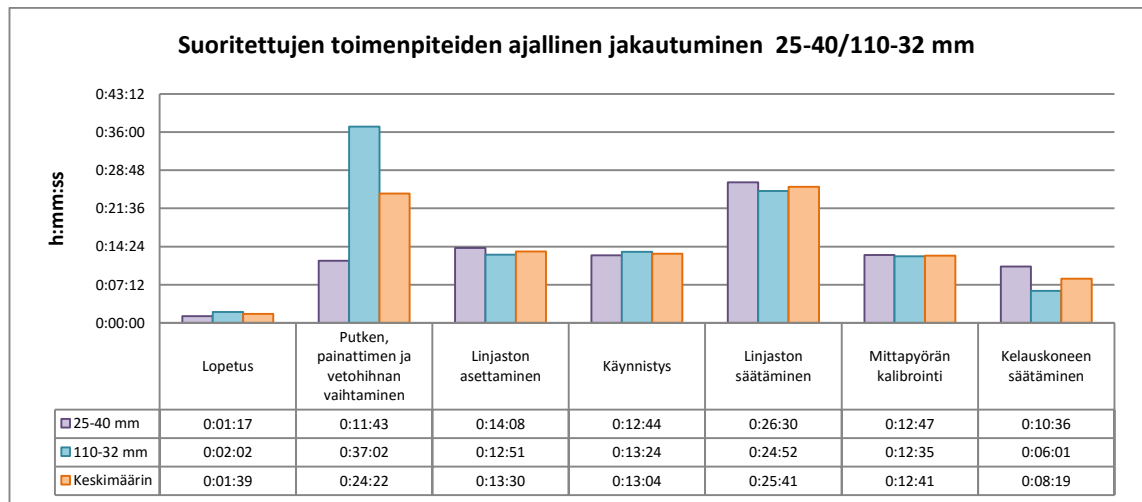
Tämän jälkeen arvioitiin parannusten vaikutukset poistamalla alkuperäisistä työntutkimuksen taulukoista ne kohdat, jotka oletettiin olevan mahdollista eliminoida parannusten avulla. Näiden muutosten perusteella luotiin uudet kaaviokuvat ajan käytön uudesta jakaantumisesta ja vertailevat taulukot ennen ja jälkeen tilanteista.

Kerätyn tiedon pohjalta suoritettiin laskelmia ajan säästymisestä ja sen merkityksestä yrityksen tuotantokapasiteetin kannalta. Lopuksi arvioitiin vielä parannustoimenpiteiden rahallista hyötyä yritykselle.

## 5.1.2 Työvaiheisiin käytetyn ajan jakautuminen

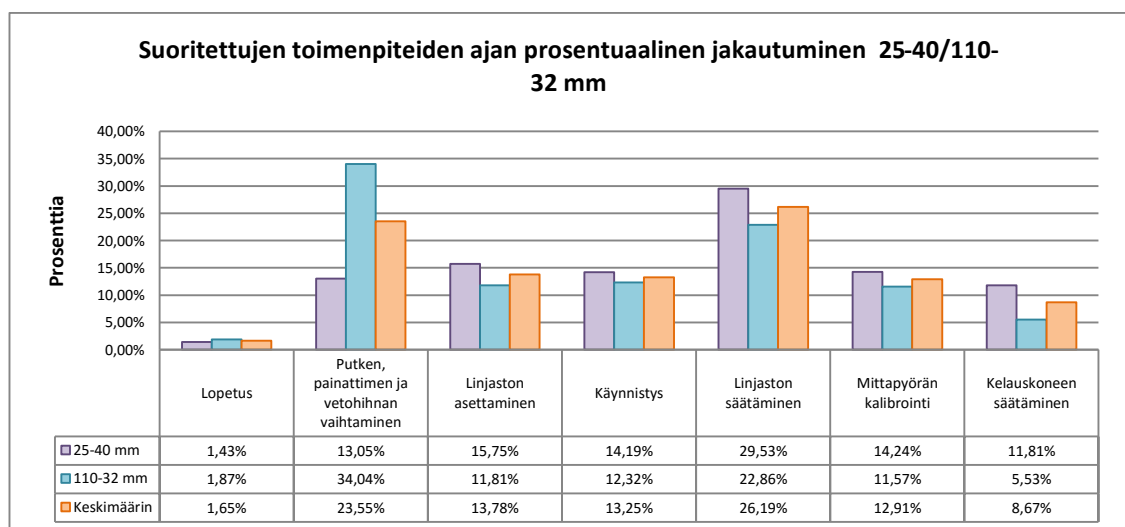
Seuraavat kaaviokuvat on luotu liitteiden 1 ja 2 taulukoiden pohjalta. Tulosten tarkempi tarkastelu on mahdollista perehtymällä näihin taulukoihin.

Taulukosta 1 voidaan tarkastella työvaiheisiin kuluneen ajan jakautumista eri työvaiheiden välillä.



Taulukko 1 Työvaiheisiin kuluneen ajan jakautuminen

Taulukosta 2 voidaan tarkastella työvaiheisiin kuluneen ajan prosentuaalista jakaumaa laadunvaihdon aikana.



Taulukko 2 Työvaiheisiin kuluneen ajan prosentuaalinen jakautuminen

Keskimäärin tarkasteltuna suurin osa ajasta, yli 26 %, kului linjaston säätämiseen. Linjaston säätäminen tapahtuu vasta käynnistyksen jälkeen, joten tämän säätämisen aikana ajettu tuote on epäkuranttia ja menee rouhintaan. Oikeiden säätöjen etsimiseen kulunut aika on suoraan verrannollinen koneenhoitajan kokemukseen. Tästä huolimatta laadunvaihtojen välillä tapahtuu vaihtelua, sillä kyseessä on monen osatekijän summasta muodostuva kokonaisuus. Lisäksi koneenhoitajan on käveltävä pitkän linjaston eri puolille suorittamaan säätöjä ja odotettava jokaisen muutoksen vaikutusta, jotta se voidaan mitata työntömitalla itse tuotteesta.

Seuraavaksi aikaa vievin työvaihe johon aikaa kului keskimäärin lähes 24 %, oli linjaston alkupäässä suoritettava putken, painattimen ja vetohihnan vaihtaminen. Tutkittujen laadunvaihtojen ajankäyttö selittyy 110 – 32 mm laadunvaihdon yhteydessä vaihdetulla ekstruuderin päätysuulakkeen vaihtamisella. Tätä työvaihetta ei suoriteta joka kerta, mutta tarkastelun kannalta 25 – 40 mm ja 110 – 32 mm keskimääräinen aika antaa riittävän tarkan kuvan tämän työvaiheen vaikutuksista vaihtoaikoihin yleisesti.

Linjaston asetusajan keskimääräinen n. 14 % osuus kokonaisajasta muodostuu suurimmaksi osaksi linjaston osien irrottamisesta ja uudelleenkiinnittämisestä sekä liikkumisesta pitkän linjaston eri puolille suorittamaan näitä toimenpiteitä. Tähän käytetty aika mahdollistaa kuitenkin vasta linjaston käynnistämisen. Mikäli koneenhoitajan arvio ei osu kerralla kohdalleen, joudutaan ainakin osa työstä tekemään vielä toiseen kertaan. Vaikka koneenhoitaja arvioisi kokemuksellaan linjaston osien paikat oikeaan kohtaan, voidaan vetopyörrien säädöt hakea tarkasti kohdalleen vasta käynnistyksen jälkeen.

Käynnistykseen kuluva n. 13 % keskimääräisestä kokonaisajasta muodostuu pääosin oikeiden säätöjen etsimisestä ekstruuderin ja linjaston käynnistyksen jälkeen. Säätöjen etsimisen ajan tuote on siis epäkuranttia ja menee rouhintaan tai roskiin. Itse käynnistämiseen ei aikaa kulu muutamaa minuuttia kauempaa, joten suurin merkitys käynnistykseen kuluvan ajan muodostumisessa on koneenhoitajan kokemuksella kalibrointiputken, painattimen ja vetohihnan asettamisen yhteydessä tehtäviltä alustavilta säädöiltä.

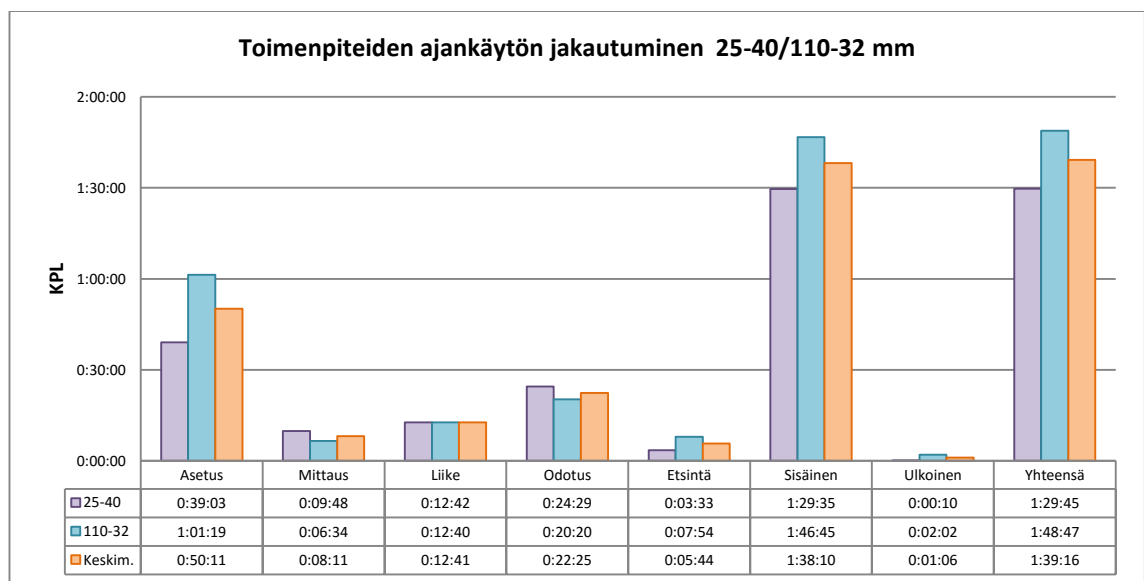
Mittapyörän kalibrointiin kuluva keskimääräinen aika, n. 13 % muodostuu enimmäkseen odottamisesta. Itse korjauskertoimen syöttäminen ohjaustaululle on nopea toimenpide, mutta sen vaikutusta joudutaan odottamaan, kunnes tuote saavuttaa 6 metrin mittan, jolloin nähdään, osuiko muutos oikeaan. Sama voidaan joutua toistamaan useita

kertoja, jotta mitta saadaan kohdalleen. Kalibrointi tehdään myös tuotannon aikana, mikäli tuotteen mitat muuttuvat esimerkiksi uudelleen käynnistyksen jälkeen.

Kelauskoneen säätöihin aikaa kuluu keskimäärin n. 8,5 % kokonaisajasta. Kierrosnopeuden asettaminen ohjeen mukaiseksi on nopea toimenpide, mutta eri käynnistyskertojen välillä joudutaan nopeus mukauttamaan tuotteen mittoja vastaavaksi. Kelauskasetin jarru ja sivuttaisliike joudutaan säätämään vasta mitoillaan olevaa tuotetta kelatessa, koska säädöt ovat tarkkoja ja tehdään koneenhoitajan kokemukseen perustuvan tuntu-  
man mukaan. Tuote täyttää laatuksiteerit vasta näidenkin säätöjen ollessa kohdallaan.

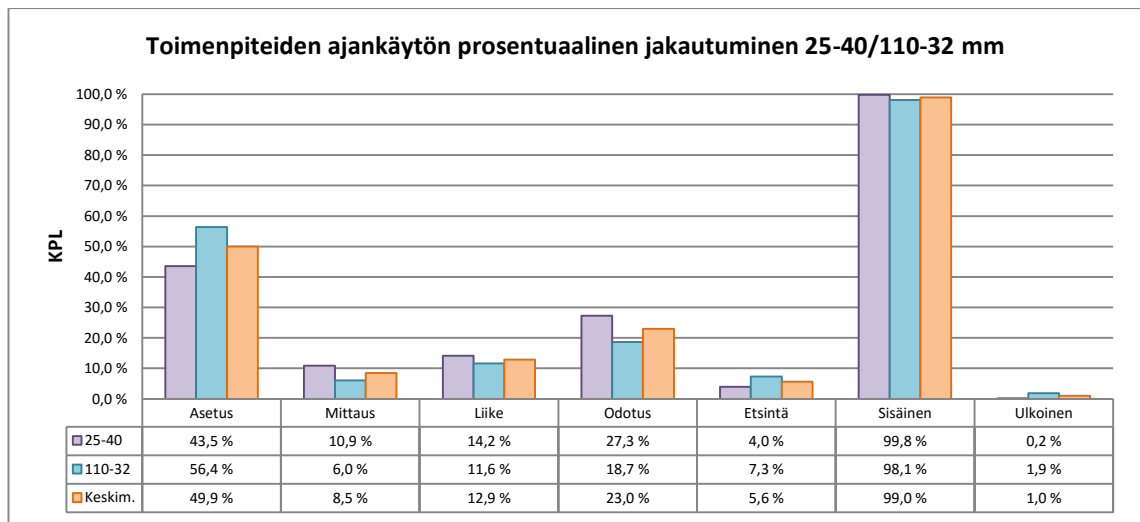
### 5.1.3 Toimenpiteiden ajankäytön jakautuminen

Taulukosta 1 voidaan tarkastella laadunvaihdon ajankäytön jakautumista eri kategorioiden välillä. Kuvan oikeassa reunassa nähdään myös toimintojen jakautuminen sisäisten ja ulkoisten vaihtotöiden mukaan sekä kokonaisaika.



Taulukko 3 Toimintokategorioiden ajallinen jakauma

Taulukosta 4 nähdään vastaavien tietojen prosentuaalinen osuus suhteessa laadunvaihtojen kokonaisaikaan.



Taulukko 4 Toimintokategorioiden prosentuaalinen jakauma

Tulosten mukaan varsinaista asetustyötä suoritetaan keskimäärin alle 50 % laadunvaihtoon kuluva ajasta. Tutkittujen laadunvaihtojen yli 13 %:n ero muodostui päätysuulakkeen vaihtamiseen kuluneesta ajasta. 25 – 40 mm laadunvaihdossa ei päätysuulaketta ole tarvetta vaihtaa.

Säätöjen vaikutusten tarkistamiseen tuotteesta mittaamalla käytettiin keskimäärin lähes 8 % kokonaisajasta. Mittausajan yli kaksinkertaisen eron muodostumiseen ei tutkimuksen perusteella voida osoittaa suoraa syytä. 110 – 32 mm laadunvaihdon olisin odottanut olevan suurempi kuin 25 – 40 mm, koska suurempi ero halkaisijassa tarkoittaa yleensä enemmän säätämistä. Tästä voidaan tehdä johtopäätös, että linjaston säätäminen on kokemuksesta kertyneen ammattitaidon lisäksi kiinni myös sattumasta. Säätöjä ja liikkuvia osia on linjastossa niin paljon, että oikeiden säätöjen löytäminen koko linjaston mitalle on toisinaan haastavaa.

Eri toimintojen, kuten säätöjen ja asetustöiden, välillä tarvittavaan liikkumiseen aikaa kului keskimäärin 13 % laadunvaihdon kokonaisajasta. Linjaston lähes kahdenkymmenen metrin pituus sekä ympäristössä toisinaan siirtämistä odottavien tuotteiden ja ylimääräisten esineiden kiertäminen aiheuttaa pitkiä siirtymiä eri toimintojen välillä.

Odotusaika koostui pääosin säätöjen vaikutusten odottamisesta ollen yli 23 % kokonaisajasta. Odottamisaika muodostui mittapyörän ja linjaston säätöjen vaikutusten odottamisesta. Mittapyörän korjauskertoimen muuttamisen jälkeen on odotettava, kunnes spiraalin pää saavuttaa linjastolla kuuden metrin merkin. Tämän jälkeen korjauskerrointa tar-

kastetaan suuntaan tai toiseen tarpeen mukaan. Kertoimen tarkistamiseen voidaan käyttää myös lyhyempää mitta, mutta mittavirheen suhteellinen osuus on pienempi käytettäessä pidempää verrokkipituutta.

Linjaston säädöistä vain ekstruuderin kierrosluku, linjaston pääkäyttönopeus, kelauskoneen kierrosnopeus ja annostelijan lisäainemäärät ovat ohjeistuksen kautta asetettavissa ennen käynnistystä. Kaikki muut linjaston säädöt toteutetaan alustavasti kokemuksen perusteella ja lopullisesti koneen käydessä itse tuotteesta silmämäärin sekä mittaamalla ja tuntuman mukaan säätöjä muuttaen. Tuotteelta kestää aina jonkin aikaa mukautua säätöjen vaikutuksiin, joten vaikutuksia joudutaan aina odottamaan.

Työkalujen tai osien etsintään kului keskimäärin lähes 6% kokonaisajasta. Työkalut kulkeutuivat usein toisten linjastojen työkalulaatikostoille, jotka sisälsivät lisäksi vaihtelavan määrän ylimääräisiä työkaluja ja koneenosia. Sekava työympäristö aiheutti myös juuri käytössä olleiden työkalujen häviämistä heti niiden käsistä laskemisen jälkeen.

## **5.2 Spagettikaavio – Laadunvaihdon liikkeen seuranta**

### **5.2.1 Tutkimuksen toteutus**

Spagettikaavion piirtämisellä kuvataan tarkemmin liikettä työntekijän työskennellessä. Tässä tapauksessa spagettikaavion piirtäminen yhdistettiin SMED-tutkimukseen ja sen avulla pyrittiin visualisoimaan, mihin laadunvaihdossa kuvattu liike linjastolla kohdistuu.

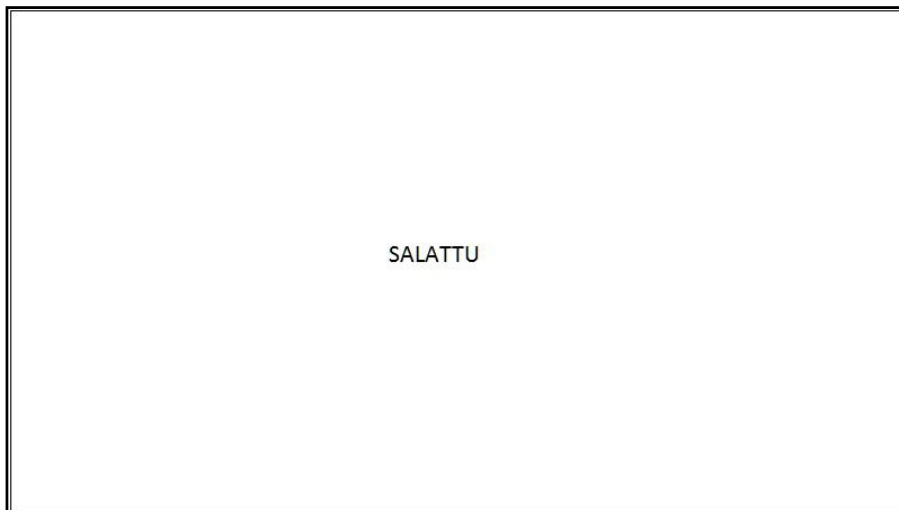
Spagettikaavion luomisessa käytettiin pohjana samoja videotallenteita kuin SMED-tutkimuksessa. Pohjana käytettiin paperille tulostettua layout-kuvaa linjastosta. Tämän kuvan päälle piirrettiin lyijykynällä viivaa, joka seurasi työntekijän liikkumista laadunvaihdon aikana linjaston ympärillä.

Piirtämisen jälkeen spagettikaaviosta voitiin tutkia mihin kohtiin layouttia viivoja oli kertynyt eniten. Tämä kuvaa suoraan sitä, mihin kohtaan linjastoa kohdistui suurin osa työntekijän tarpeesta liikkua. Piirretty spagettikaavio valokuvattiin ja siirrettiin sitä kautta digitaaliseen muotoon tietokoneelle tallennettavaksi.

### 5.2.2 Spagettikaavio

Kuvan 2 spagettikaaviosta voidaan todeta, että kappalemääräisesti eniten liikkeitä tapahtuu työkalulaatikoston ja jäähdytysaltaan välissä. Tämä oli odotettavissa, sillä tässä toteutetaan merkittävin osa vaihtotyöstä sekä työkalujen noutaminen ja etsintä. Myös ohjaustaulut ekstruudereille, linjastolle ja paineensäädöille sijaitsevat jäähdytysaltaan ympäristössä.

Tämän tilan on siis oltava selkeä ja järjestyksessä, jotta työskentely alueella olisi tehokasta ja nopeaa. Tarvittavat toimenpiteet osien vaihtamiseksi tulisi minimoida ja säätämisen tarvetta vähentää, jolloin voitaisiin karsia myös liikettä alueella.



Kuva 2 Spagettikaavio 110 mm - 32 mm laadunvaihdosta

Linjaston takaosaan joudutaan myös liikkumaan useita kertoja laadunvaihdon aikana. Linjaston noin kahdenkymmenen metrin pituus tekee tästä liikkumisesta erityisen merkityksellisen vaihtoajan kannalta. Laadunvaihdon aikana työntekijälle saattaa kertyä yhteensä satoja metrejä kävelyä ympäri linjastoa.

Liikkuminen linjaston ympärillä on seurausta asetettavien osien ja säätöjen sijainnista linjastolla. Periaatteessa asetustyön vuoksi työntekijän olisi poikettava vain yhden keran jokaisella spagettikaaviossa näkyvällä tihentymällä, joten voidaan olettaa, että suurin osa liikkeestä johtuu siis joko säätämisen tai mittaamisen tarpeesta. Karsimalla näiden toimintojen tarvetta vähenee myös liikkumiseen kuluva aika.

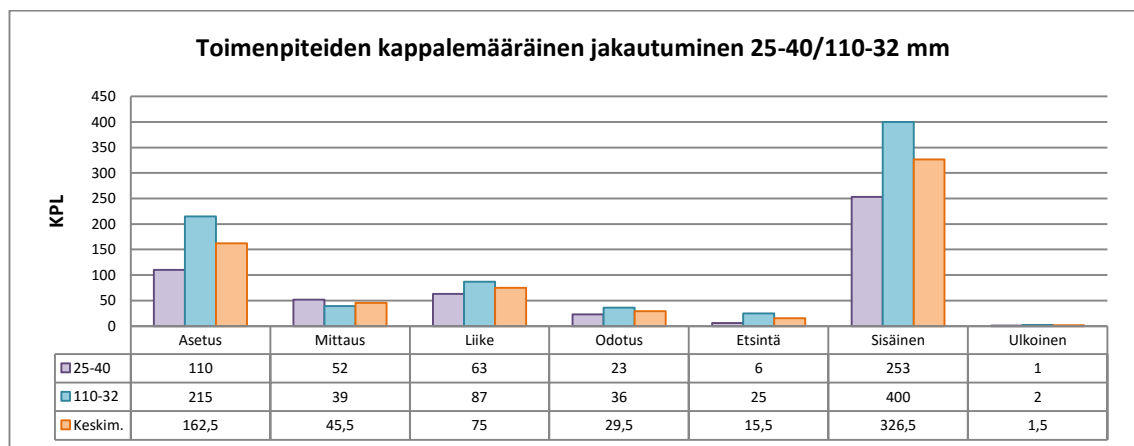
## 6 PARANNUSEHDOTUKSET

### 6.1 5S

#### 6.1.1 5S:n avulla pohjaa työskentelyn selkeyttämiselle

Safeplastin tuotantotiloihin on vuosien saatossa kertynyt jonkin verran ylimääräisiä tavaroita, koneen osia ja työkaluja, joille ei ole varsinaista käyttöä. Lean-filosofian peruspilareihin kuuluvan 5S-menetelmän avulla yrityksen on mahdollista vapauttaa lattiatilaa ja nopeuttaa työskentelyä, sillä tässä tapauksessa vähemmän on enemmän.

Taulukosta 5 voidaan tarkastella työntutkimuksessa esiintyneiden toimintojen määrällistä jakaumaa.



Taulukko 5 Toimintojen kappalemääräinen jakautuminen kategorioittain.

5S:n kannalta merkityksellisiä asioita ovat lähinnä liike ja etsintä. 25 – 40 mm laadunvaihdossa jouduttiin kuusi kertaa etsimään yksittäistä työkalua, laitteen osaa tms. tavaraa ja 110 – 32 mm laadunvaihdossa etsintää suoritettiin 25 kertaa, keskimäärin siis 15,5 etsintää per laadunvaihto. Kuten kuvasta 3 voidaan nähdä, ei työkalujen löytäminen täydestä laatikosta ole helppoa. Jopa työkalun pöydälle laskeminen saattaisi johtaa työkalun häviämiseen hetkeksi.

Suuri vaihtelu tarkoittaa, että toisinaan työkalut ovat paremmin saatavilla ja ympäristö on siistimmässä kunnossa. Kyseessä on silti merkittävä määrä etsintää, joka tämä vai-



Tämä toteutetaan punaisten lappujen avulla. Työntekijät merkaavat tarpeettomiksi kokemansa tavarat näillä lapuilla. Lappuihin kirjataan työntekijän nimikirjaimet sekä syy, miksi kyseinen esine on tarpeeton. Tämän jälkeen tarpeettomille tavaroille luodaan alue, jolle työntekijät voivat tuoda tarpeettomaksi kokemansa tavarat. Merkatut tavarat pidetään esillä tässä paikassa kaksi viikkoa.

Tämän kahden viikon aikana kuka vain voi hakea tavaran uudelleen käyttöön, mikäli kokee sen tarpeelliseksi. Jos esine on sovitun ajanjakson jälkeen edelleen laputettuna, siirretään se pois tuotantotiloista sovituksi ajaksi odottamaan selvitystä siitä, onko se tarkoitus hävittää, uudelleen käyttää vai kenties myydä. Tänäkin aikana tavara on mahdollista ottaa uudelleen käyttöön, mutta tässä tapauksessa käydään jo hieman tarkemmin läpi, mikä sen merkitys on tuotannon kannalta.

Harvoin käytettäville tavaroille voidaan luoda erillinen varasto, josta ne voidaan tarpeen mukaan noutaa käyttöön. Harvoin käytetyt työkalut voidaan siirtää esimerkiksi erilliselle huoltopisteelle ja linjastolle jätetään käyttöön ainoastaan laadunvaihdossa vaaditut työkalut. Pienempi työkalumäärä helpottaa oikean työkalun löytymistä.

### **6.1.3 Seiton – Suorista**

Kun ylimääräiset asiat ja esineet on poistettu tuotantotiloista, järjestetään loput selkeästi omille paikoilleen. Jokaiselle tavaralle on ensimmäisenä luotava paikka, jotta jokainen sen käyttäjä tietää mistä se tarvittaessa on löydettävissä ja mihin se tulee käytön jälkeen palauttaa.

Tähän tarkoitukseen voidaan käyttää esimerkiksi varjokuvia tai vaahtomuovipehmusteesta muotoiltua työkalulaatikon pohjaa, jossa on vain tarpeellisille tavaroille paikat. Poistetaan siis mahdollisuus kerryttää työpisteille ylimääräisiä esineitä jatkossa.

Tietylle koneelle kuuluvat työkalut on syytä eritellä esimerkiksi väreillä. Tällöin vältytään siltä mahdollisuudelta, että kadonnut työkalu korvataan toisen koneen vastaavalla. Mikäli tästä huolimatta työntekijä tarvitsee toiselta koneelta työkalua, kulkeutuu se helpommin takaisin omalle paikalleen.

Suoristaminen koskee myös työpisteen tasojen ja laatikostojen asettelua. Työpiste järjestetään siten, että työskentely on mahdollisimman tehokasta ja siivoaminen helppoa. Suunnittelussa tulee huomioida myös työergonomia, sillä ergonomisempi työskentelytapa on usein myös nopeampi ja säästää siten sekä työntekijää että työskentelyyn kuluva-aikaa.

#### **6.1.4 Seiso – Siivoa**

Tämä on usein 5S:n väärin ymmärretyin metodi. Siivoamisen tarkoitus ei ole vain saada paikkoja näyttämään hyvältä, vaan tarkoituksena on helpottaa työskentelyä ja tuoda ongelmat, kuten öljyvuodot tai metalliosien hankautuminen paremmin näkyville. Puhtaalla työskentelytilalla on myös psykologinen vaikutus. Puhtaan lattian roskaaminen tuntuu pahemmalta kuin jo valmiiksi sotkuisen. Tätä vaikutelmaa voidaan tehostaa käyttämällä pinnoissa vaaleita värejä.

Toisinaan siistitty ympäristö saattaa tuoda esille paikkoja, jotka ovat päivittäin siivoamisen tarpeessa. Tällöin on syytä kiinnittää huomiota sotkun aiheuttajaan, etsiä syy ja poistaa aiheuttaja. Tämä kuuluu Leanin perusajatuksiin eli ratkaistaan juurisyy, jolloin voidaan välttyä turhalta työltä.

Alkusiivouksessa tuotantotilat siivotaan kerralla kuntoon. Tämä lähtötilanne dokumentoidaan valokuvoin, joita voidaan käyttää myöhemmin työpisteillä kuvaamassa tavoitettua eli miltä työpisteen tulisi näyttää joka päivä tästä eteenpäin. Alkusiivous suoritetaan usein koko henkilökunnan voimin yhteisesti järjestettävänä kaizen-tapahtumana. Johdon osallistuminen työskentelyyn rinnan tuotannon työntekijöiden kanssa osoittaa, että myös he ovat sitoutuneita uuteen toimintatapaan ja ylhäältä alaspäin johtamisen sijaan johtavat toimintaa esimerkillään.

#### **6.1.5 Seiketsu – Standardisoi**

Kun asiat tehdään aina samalla tavalla, on poikkeavuuksien toteaminen helpompaa, sillä muuttujia voidaan rajata pois. Esimerkiksi työtasot on helppo tuoda takaisin samoille paikoille, kun niiden sijainnit on ensin teipeillä merkattu. Myös rouhittavaksi menevän

tuotteen keräämiseen käytettävät puulavat voitaisiin maalata linjastokohtaisin värein ja merkata niiden paikat lattiamerkkauksin. Yhteisesti sopien selvitetään kaikille tavaroille joku lähtökohtainen paikka, jossa niitä aletaan säilyttää. Jos paikka osoittautuu toimivaksi, lisätään lattiamerkinnät.

Samoin standardisoidaan myös työtehtävät, joita suoritetaan 5S:n ylläpitämiseksi. Tehtävien tasainen jakautuminen ja kierrättäminen parantavat todennäköisyyttä, että ylläpitovaiheessa saadaan asiat pysymään kunnossa. Hyväksi havaitut ja standardoidut työtavat on helpompi opettaa myös uusille työntekijöille, jolloin työskentelystä tulee nopeammin myös tehokkaampaa. Ohjeet kirjataan selkeästi näkyviin työpisteille, jolloin niiden suorittamista ei tarvitse erikseen muistella.

#### **6.1.6 Shitsuke – Ylläpidä**

Muutosten pysyminen on yleensä vaikein osa prosessia. Tämän eteen on nähtävä vaivaa ja toimintaa on 5S:n avulla kehitettävä myös jatkossa. Standardisoinnilla tarkoitetaan toimintatapojen ottamista käyttöön yhteisesti, mutta niiden ei tule olla kiveen hakattuja sääntöjä, vaan aina etsitään parempaa tai yksinkertaisempaa tapaa toimia.

Käytännössä asia voidaan hoitaa määrittämällä tarkat alueet ja tehtävät jokaiselle työpisteelle. Nämä alueet on oltava työajan päättyessä siistejä ja kaikkien työkalujen on löydettävä niille osoitetuilta paikoilta. Seuraava työntekijä pääsee aloittamaan työnsä ilman ylimääräistä siivoamista eikä työkaluja tarvitse hakea muiden jäljiltä. Lisäksi voidaan myös määrittää tarkemmin viikoittaiset siivoustehtävät.

Kun muutokset on otettu käyttöön, on tehtävä selväksi, että näin on tarkoitus toimia myös jatkossa ja valvottava tätä käytännössä. Valvontaa voidaan suorittaa esimerkiksi koneenhoitajien toimesta tapahtuvana omavalvontana. Tämän lisäksi valvontaa voidaan ohjata myös ylemmän johdon tehtäväksi, jolloin kaikkien näkemys vallitsevasta tilasta säilyy toisiaan vastaavana.

## **6.2 Työn standardointi**

### **6.2.1 Työvaiheiden standardointi**

Koneenhoitajilla on vuosien saatossa kertynyt paljon tietoa eri linjastojen ominaisuuksista ja parhaista työtavoista hoitaa työnsä mahdollisimman helposti ja tehokkaasti. Pääosin koneenhoitajat työskentelevät samoja käytäntöjä noudattaen, mutta yrityksessä seurattujen vaihtoaikojen keskiarvot vaihtelevat työntekijäkohtaisesti paljonkin. Osa työntekijöistä on siis löytänyt käyttöönsä parempia työskentelytapoja suorittaa tehtäviään kuin toiset. Toisaalta hitaammallakin suorittajalla saattaa tästä huolimatta olla keinoja, joiden avulla jokin toinen osa työstä on helpommin ja nopeammin suoritettavissa vaikka kokonaisuika olisi pidempi.

Työn standardoinnin tavoitteena on näiden parhaaksi havaittujen työskentelytapojen jakaminen ja standardin kehittyminen paremmaksi sitä mukaa kun työvälineet ja työskentelytavat kehittyvät. Parhaiden toimintatapojen jakamisella voidaan merkittävästi lyhentää vaihtoaikoja sekä tasata vaihtelua eri työntekijöiden työskentelyssä. Vaihtelun tasoittaminen taas parantaa työsuorituksiin kuluvan ajan ennustettavuutta.

Toyotan mukaan standardisoitu työ toimii Kaizenin perustana. Ilman standardoitua tapaa tehdä työtä ei voi olla evoluutiotakaan, sillä tarkasti mitattava vertailukohta puuttuu (Toyota Way fieldbook, 124). Parantamalla standardia aina laitteiston tai työtapojen muutosten jälkeen saadaan vakioitua uudet tavat toimia ja vanhaan työtapaan palaaminen on siten epätodennäköisempää.

Toyotan käyttämät yksinkertaiset SOP (Standard Operation Procedure)-työohjeet vaativat kuitenkin tiettyä vakautta prosessissa. Työtehtävien on esimerkiksi oltava riittävän yksinkertaistettuja, käytettyjen laitteiden toimintavarmoja ja laatuongelmien harvinaisia. (Toyota Way fieldbook, 125).

### **6.2.2 Standardityöohjeistuspohjan luominen**

Safeplastin lähtötilanteessa yksinkertaisten SOP-työohjeiden tekeminen ei olisi ollut vielä järkevää, sillä työvaiheet sisältävät liiaksi muuttujia. Tästä syystä työohjeiden läh-

tökohtaksi otettiin hieman tarkemmin työvaiheita kuvaileva ja runsaasti kuvia sisältävä ohjeistus. Ajatuksena oli, että kokeneempien työntekijöiden kohdalla käytössä on lähinnä hakemisto, jossa eri työvaiheet ja niiden suoritusjärjestys ovat selkeästi yhden sivun pituisena listana. Uudet työhönsä jo opastetut työntekijät taas saattavat kaivata hieman tarkempaa kuvausta työvaiheesta, jolloin kääntämällä hakemiston mukaiselle sivulle löytyvät kuvalliset ohjeet suorituksesta.

Työohjeiden tekeminen aloitettiin 4-linjaston tuotannon käynnistyksestä. Aluksi kirjasin ylös ensimmäisen version käynnistysohjeesta omien työskentelytapojeni perusteella. Tämän jälkeen kävin keskusteluja eri työvuorojen ihmisten kanssa heidän tavoistaan toimia. Näiden yhdistelmästä muodostuneet työskentelytavat kirjoitettiin edellisessä kappaleessa mainitun mukaiseksi työohjeeksi. Lopuksi työohje esiteltiin suurimmalle osalle koneenhoitajista henkilökohtaisesti ja loput saivat jättää kommenttinsa taukotilan pöydälle luettavaksi jätettyyn versioon.

Näiden muutosehdotusten pohjalta tehtiin vielä uusi versio, joka jätettiin taas kaikkien koneenhoitajien hyväksyttäväksi ja tehtiin viimeiset korjaukset ennen lopullista versiota. Työohjeen loppuun lisättiin tyhjä sivu ohjeen parannusehdotuksille ja kerättiin lista yleisimmin esiintyvistä ongelmatilanteista käynnistyksessä sekä ratkaisuvaihtoehtoja niiden selvittämiseen.

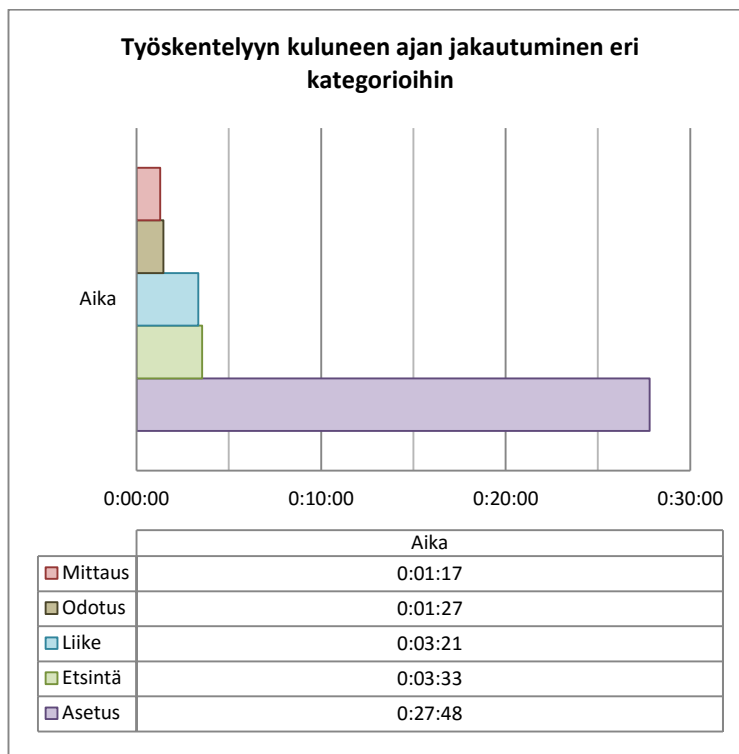
Valmis käynnistysohje on luettavissa liitteessä 3. Samaa pohjaa käyttäen valmisteltiin ohjeistus myös muista laadunvaihdon työvaiheista. Näitä ei liitetty tämän opinnäytetyön oheen, koska työohjeiden pohjalta on tarkoitus myöhemmin luoda linjastokohtaisen tabletin avulla toteutettu sähköinen versio ohjeistuksesta, joka koostuu lyhyistä videoklipeistä. Kirjalliset versiot työohjeista tulevat toimimaan sähköisen version käsikirjoituksena ja tämänhetkisen toiminnan standardina, joihin toimintaa voidaan verrata, mikäli lähdetään toteuttamaan esimerkiksi tässä opinnäytetyössä esiteltyjä parannuksia.

## 6.3 Muutosehdotukset koneille ja laitteille

### 6.3.1 Laadunvaihdon optimointi linjaston alkupään osalta

Kalibrointiputken, painattimen, vetohihnan sekä kalibrointiputkella sijaitsevien vetopyörien asetustyöstä, säätämisestä, käynnistyksestä sekä näihin liittyvistä välillisistä toiminnoista koostuu lähes 38 % kokonaisvaihtoajasta. Ajallisesti tämä tarkoittaa yli 36 minuuttia työntutkimuksessa käytettyjen laadunvaihtojen keskimääräisestä ajankäytöstä. Vaihtotyön aikana koneenhoitaja arvioi ensin alustavat paikat osille ja varsinainen säätäminen tapahtuu vasta käynnistyksen yhteydessä. Nämä työvaiheet käsitellään tässä rinnakkain, koska vaikutukset kohdistuvat molempiin työvaiheisiin.

Taulukosta 6 voidaan tarkastella eri kategorioihin kuuluvan työn jakautumista kalibrointiputken, painattimen, vetohihnan sekä kalibrointiputkella sijaitsevien vetopyörien osalta.



Taulukko 6 Putken, painattimen ja vetohihnan vaihto sekä käynnistys

Lähtökohtaisesti molemmat työvaiheet sisältävät irrotuksen ja kiinnittämisen lisäksi paljon säätämistä. Osa tapahtuu ennen käynnistystä koneenhoitajan arvion mukaan ja osa käynnistyksen yhteydessä tuotetta tarkkaillen ja mitaten. Käynnistyksen optimiti-

lannetta voidaan verrata normaaliin käynnistykseen kesken tuotantoerän ajamisen, jolloin asetukset ovat jo kohdallaan ja käynnistys vie parhaimmillaan vain muutaman minuutin.

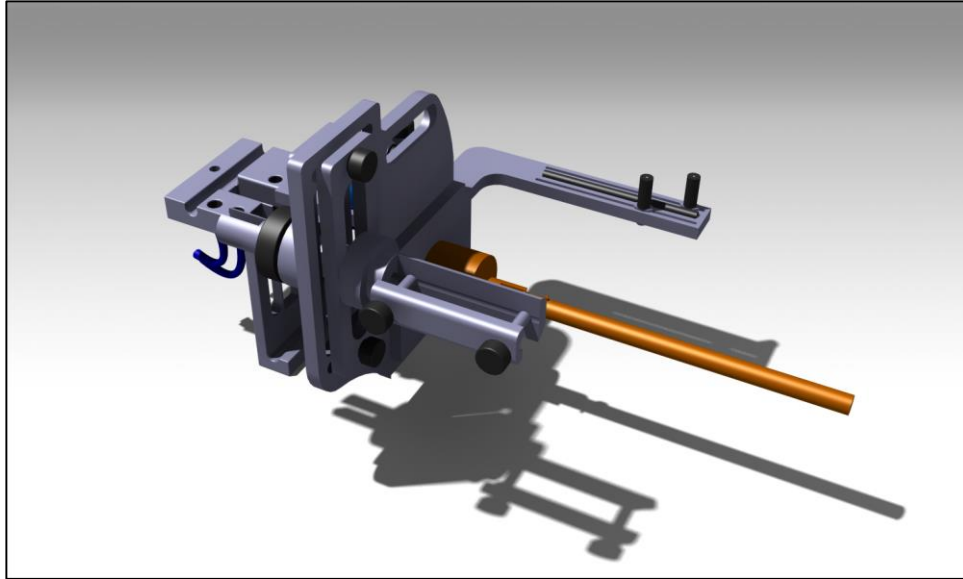
Säätöjen tulisi siis olla toistettavissa halkaisijakohtaisesti myös jokaisen laadunvaihdon jälkeisellä käynnistyksellä. Koska liikkuvia osia on paljon, ei kaikkia säätöjä ole järkevää lyödä kerralla lukkoon, mutta vakioimalla osa säädöistä voidaan merkittävästi vähentää erilaisten kombinaatioiden vaihtoehtoja. Jatkossa tulisi aktiivisesti etsiä lisää vakioitavia säätöjä, jolloin vaihto-aika, tuotantonopeus ja tuotteen laatu ovat sisäänrakennettuna itse prosessiin eivätkä koneenhoitajan kokemuksen ja mielipiteen varassa.

Mitta-asteikot ja koneen osiin merkatut paikat vaatisivat joka tapauksessa aikaa työkentelyyn ja kaikki osat vaatisivat edelleen yhtä paljon asetus-aikaa, vaikkakin säätämiseen kuluva aika saattaisi vähentyä. Tästä syystä on järkevää integroida osa säädöistä siirrettäväksi osaksi osien vaihtamisen yhteyteen. Laadunvaihdon yhteydessä osien alustavia säätöjä ei tarvitse tehdä tuntumalla eikä myöskään säätää käynnistykseen yhteydessä. Loput jäljelle jäävät säädöt voidaan helposti mukauttaa näiden perussäätöjen mukaisiksi.

Parannusehdotukseni on yhdistää halkaisijakohtaisesti kalibrointiputki, painatin, painattimen paineensäädin, jäähdytysveden virtauksensäätö sekä vetohihnan takimmaisat ohjauksellat yhdeksi liikuteltavaksi paketiksi. Painattimen paineilmasylinteriä ei ole järkevää sijoittaa jokaiseen pakettiin erikseen. Se on syytä uudelleen suunnitella jäähdytysaltaaseen jäävään osaan siten, että sen voima on välitettävissä paketin mukana siirtyvälle painattimen kääntömekanismille.

Koska siirrettävien säätöjen mahdollistaminen vaatii joka tapauksessa muutoksia, on järkevää optimoida myös paketin irrotus ja kiinnitys, jolloin säätöön kuluvan ajan lisäksi poistuu myös osien vaihtamiseen ja työkalujen hakemiseen ja käyttämiseen tarvittava aika.

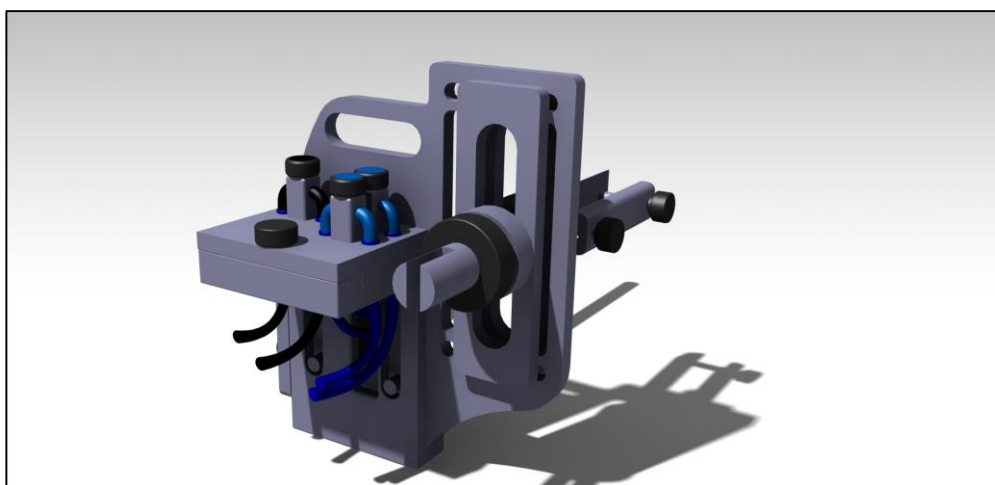
Opinnäytetyöhön käytettävän ajan ollessa rajallinen, ei tarkempi suunnittelu osille ole ollut mahdollista. Pelkkään tekstiin nojaava kuvaus puolestaan jättää liikaa tulkinnan varaan. Seuraavissa CAD-kuvien pohjalta renderoiduissa malleissa pyritään havainnollistamaan esimerkinomaisesti kuinka säätöjen siirrettävyys olisi mahdollista toteuttaa.



Kuva 4 Siirrettävät säädöt etuoikealta

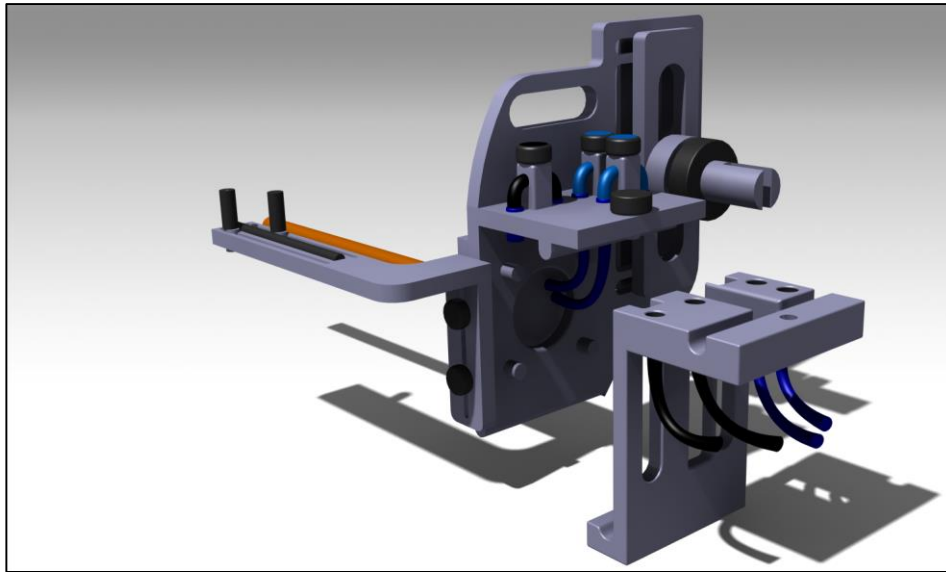
Kuvassa 4 nähdään painattimen varren kiinnityksen lukitusruuvit sekä painattimen varren eteen/taakse liikkeen lukitusruuvit. Painatin lukitaan paikoilleen uraan ja kiristetään liikkumattomaksi kahden pinnan väliin. Painattimen akselin pystysuuntaisen uran omaava kappale liikkuu urissa eteen ja taakse. Ylhäällä ja alhaalla sijaitsevista ruuveista kiristämällä saadaan lukittua painattimen etäisyys kalibrointiputkesta.

Takana sijaitsevat vetohihnan ohjausrullat liikkuvat omissa urissaan ja kiristetään alapuolelta paikoilleen. Kuvassa 5 voidaan lisäksi nähdä paketin takaosaan sijoittuvat kaksi päällekkäistä vetohihnan ohjurin korkeussäädön lukitsevaa ruuvia.



Kuva 5 Siirrettävät säädöt takaa

Kuvassa 6 näkyvän painattimen akselin päätyhahlo on tarkoitus liittää paineilmasylinterin vastinkappaleeseen. Sylinterin paikkaa ei tässä yhteydessä tarkemmin lähdetty suunnittelemaan. Hahlosto seuraavana akselilla on kiristysrenkas, joka lukitsee akselin korkeussäädön urassa haluttuun kohtaan. Kuvan mukainen kiristys lukitsisi myös akselin pyörimisen, mutta kuvan on tarkoitus olla vain suuntaa antava. Kiristys voidaan säilyttää yksinkertaisena toteuttamalla akselin laakerointi polkupyörän napalaakerointia vastaavasti.



Kuva 6 Siirrettävät säädöt takaa

Kuvassa 6 nähdään yksi mahdollinen tapa toteuttaa lukitus ilman työkaluja. Kuvassa lähimpänä sijaitsee nykyiseen rakenteeseen kiinnitettävä taustalevy, jossa alapuolella mustat paineilman tulo- ja menoletkut sekä kaksi sinistä jäähdytysveden tuloa. Siirrettävässä osassa näkyvän mustan venttiilin avulla säädetään painattimen sylinterille menevä paine. Sinisillä merkatuista venttiileistä säädetään veden virtaus. Siirrettävien venttiileiden avulla vältetään arvojen säätäminen linjaston käynnistämisen jälkeen.

Siirrettävä osa kiinnittyy nostamalla paketti paikoilleen uriinsa. Paikoillaan pysyminen varmistetaan vielä siirrettävän osan takimmaisena näkyvän kiristysruuvien avulla. Samalla lukittuvat myös paineilma ja vesiliitännät venttiileihinsä. Kuvassa 6 voidaan tarkastella kiinteää ja siirrettävää osaa toisiinsa liitettynä.

Muutokset kalibroitiputken, painattimen, vetohihnan, paineilman ja jäähdytysveden säädöille:

- Kalibroitiputki, painatin, vetohihnan takimmainen ohjuri, veden virtauksen säätö ja painattimen paineen säätö kiinni samaan siirrettävään pakettiin.
- Painattimen paineilmasylinterin paikka suunnitellaan uusiksi altaaseen kiinteästi jäävään osaan.
- Siirrettävän paketin kiinnitys tulee tapahtua ilman työkaluja pikalukituksella.

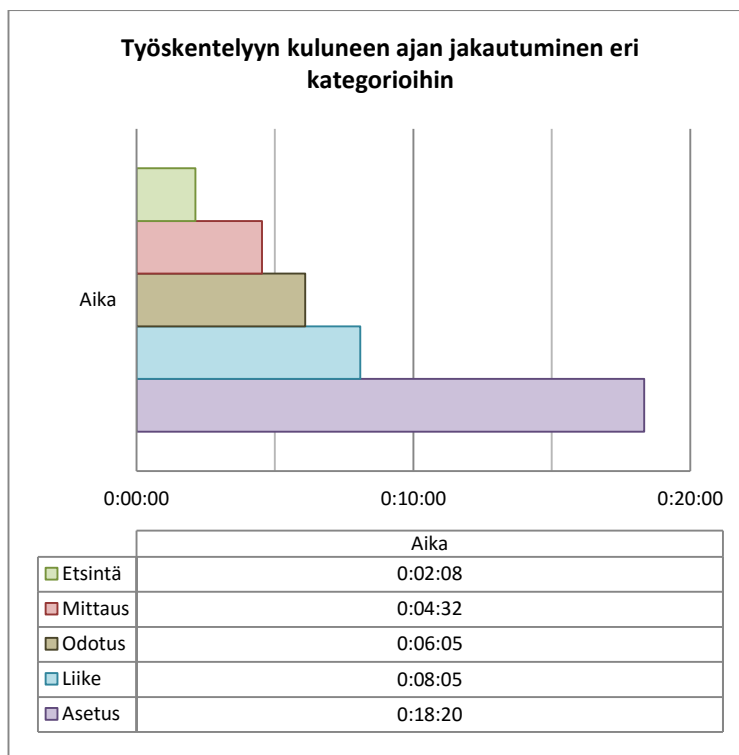
Hyödyt:

- Eliminoidaan suurin osa tässä paikassa tehtävistä säädöistä, koska ne ovat jo valmiina, kun osat nostetaan paikoilleen.
- Jäljelle jää vielä toistaiseksi vetohihnan eturullan säätö, vetohihnan kiristimen siirto ja kalibroitiputken kohdistus.
- Vähennetään työkalujen käyttötarvetta ja eliminoidaan irrotukseen ja kiinnitykseen kuluva aika lähes kokonaan.

### **6.3.2 Linjaston asetusten optimointi**

Linjaston alustavien asetusten tekeminen ja lopullisten säätöjen hakeminen käynnistyksen jälkeen vei lähes 40% tutkittujen laadunvaihtojen keskimääräisestä kokonaisajasta. Ajaksi muutettuna tämä tarkoittaa lähes 40 minuuttia. Alustavien säätöjen ollessa vain koneenhoitajan arvio ei voida olla varmoja, kuinka paljon itse säätäminen käynnistyksen jälkeen vie aikaa vielä tämän lisäksi ennen kuin säädöt ovat kohdillaan. Nämä työvaiheet käsitellään tässä rinnakkain, koska vaikutukset kohdistuvat molempiin työvaiheisiin.

Taulukosta 7 voidaan tarkastella linjaston asetusten ja säätämisen kokonaisuudessaan käyttämän ajan jakautumista.



Taulukko 7 Linjaston asettamiseen ja säätämiseen kuluvan ajan jakautuminen

Eniten aikaa kuluu osien irrottamiseen, siirtämiseen ja kiinnittämiseen sekä tästä johtuvaan liikkumiseen linjaston ympäri. Tämä on seurausta pitkästä linjastosta ja kuusiokoloruuvien avulla tapahtuvasta kiinnitystyöstä.

Linjaston päällä kulkevat 6 metriä pitkät telat on koottu kahdesta toisiinsa yhdistetystä 3m pitkästä telasta. Etummainen tela ei ole liikuteltavissa, sillä kiinnikkeet sijaitsevat etupeltien alla. Telojen välistä etäisyyttä voidaan säätää siirtämällä takimmaista telaa avaamalla ensin kuusiokoloruuvit linjaston molemmista päistä sekä keskeltä. Sama toistetaan myös kokotelan mittaiselle takatuella, joka estää spiraalia putoamasta linjaston taakse. Myös profiili, jossa heittoläppien mekanismi on kiinni, siirretään samalla tavalla. Ennen leikkuria sijaitseva linjaston osa on muuten vastaavasti toteutettu, mutta lyhyet telat ja takatuki ovat kiinnitettynä vain päistään ja heittoläppiä ei ole.

Linjaston leveyden muuttaminen halkaisijan vaihtuessa tarkoittaa siis 6 metriä pitkän taemman telan osalta 13 kuusiokoloruuvien avaamista ja kiristämistä eri puolilla linjastoa, jotta koneen takaosan telat saadaan siirrettyä alustaviin säätöihin ja mahdollisesti vielä uudestaan, jos koneenhoitajan arvio oikeasta paikasta ei osu kerralla oikeaan.

Telojen on myös oltava tarkasti suorassa ja samassa linjassa ennen leikkuria sijaitsevaan telapariin, jotta spiraali kulkee suorassa linjassa ja telojen laakerit sekä sähkömoottorien hammashihnat pysyvät ehjänä. Takatuki ja heittoläppien alustana toimiva pitkä metalliprofiili on myös siirrettävä samalle etäisyydelle takatelasta joka kerta kun sitä liikutetaan.

Koska vain toinen teloista on liikkuva, siirtyy myös telojen keskikohta ja sitä myöten spiraalin kulkema reitti aina kun leveyttä säädetään. Tästä syystä myös koko linjaston matkalla olevat 4 vetopyörää on käytävä siirtämässä, jotta ne osuvat spiraalin päälle. Leikkuri ei ole siirrettävissä, joten spiraali ei myöskään kulje sen keskikohdan kautta kuin yhdellä leveydellä. Lasermerkkainta käytettäessä tulee myös sen merkkäuspää kohdistaa joka kerta uudelleen telojen keskikohtaan niitä siirrettäessä.

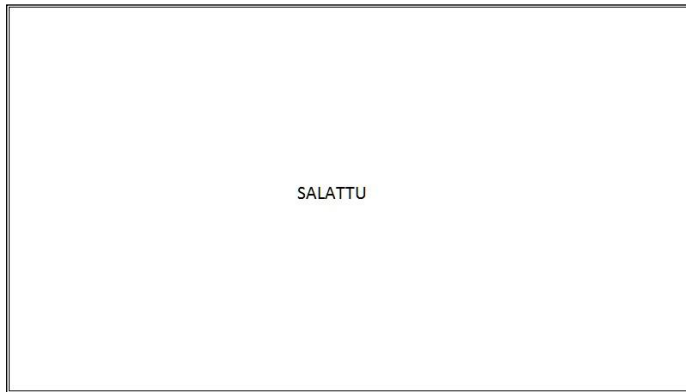
Nämä edellä mainitut osat: takimmaiseta telat, takatuki ja heittoläppien kiinnitysprofiili tulisi siis kiinnittää yhdeksi paketiksi kuten kuvassa 7. Osat liikkuvat joka tapauksessa samassa tahdissa ja yhdistämällä ne yhdeksi liikkuvaksi osaksi vältytään useiden ruuvien avaamiselta ja säädöt saadaan näiden osien osalta vakioitua eikä niihin siten tarvitse enää vaihtojen ohessa kajota.

Telapaketti nostetaan lisäksi lineaarijohtimien päälle, jolloin kokonaisuus liukuu kevyemmin eikä pääse kääntymään vinoon linjastolla. Samalla saadaan jäykistettyä myös kahdesta 3 metrin osasta kootun 6 metriä pitkän telan rakenne ja estetään näiden kääntyminen kulmaan toisiinsa nähden.



Kuva 7 Takimmainen tela, takatuki ja heittoläpät samassa rungossa.

Kuvissa 7 ja 8 nähdään, kuinka linjaston etupuolella olevaa peltiä on siirretty linjaston kehikon keskikohdasta katsoen ulommaksi ja etummaiseen telaan on lisätty jatkopelti. Tämän avulla myös etummaista telaa on mahdollisuus liikuttaa ja molempien telojen siirtyessä yhtä aikaa saadaan keskikohta säilymään samassa paikassa. Tällä tavoin vältetään kaikkien neljän vetopyörän sekä lasermerkkaimen siirtämiseltä jokaisen koonvaihdon yhteydessä.



Kuva 8 Telojen liike

Linjaston kaikki osat pysyvät näin linjaston suuntaisina ja liukuvat vaivatta lineaarijohdeiden päällä. Leveyden säätämistä voidaan vielä yksinkertaistaa käyttämällä keskittävää lineaariyksikköä, kuten esim. Hepcomotion PSD80 Double Acting Closed Unit (<http://www.mekanex.se/wp-content/uploads/psd80.pdf>). Kyseisen lineaariyksikön luisetit liikkuvat vastakkaisiin suuntiin ja ruuvikäyttöiseen siirtomekanismiin voidaan helposti yhdistää myös askelmoottori, jolloin linjaston leveys on mahdollista säätää yhdestä paikasta eikä turhaan liikkumiseen kuluu aikaa enää lainkaan.

Näillä muutoksilla voidaan siis poistaa käytännössä kokonaan linjaston leveyden säätämisestä seisokin aikaiseen asettamiseen ja käynnistyksen jälkeiseen säätämiseen kuluva aika eli keskimääräisen laadunvaihdon aika lyhenisi 40 %. Samoin vähennetään koneenhoitajan kokemuksen merkitystä linjaston säätämisessä ja voidaan asettaa linjaston kaikki osat aina halkaisijakohtaisesti samalla tavalla. Lisäksi estetään telojen säätäminen vinoon, joten voidaan olettaa myös linjaston huoltovapauden nousevan uudelle tasolle.

Muokataan linjastoa seuraavasti:

- Molempien telojen on liikuttava koko pituudeltaan.
- Takimmaisen telan mukana liikkuvat myös takatuki ja heittoläpät.
- Etummainen ja takimmainen tela liikkuvat eri suuntiin.
- Lisätään etummaiseen telan liikkuvaan pakettiin 6 m pitkä profiili jäykistämään rakenne ja saranoitu lisäpelti.
- Käytetään keskittäviä lineaariyksiköitä ja toteutetaan säätö yhdestä linjaston kohdasta.

Hyödyt:

- Eliminoidaan mahdollisuus säätää teloja vinoon.
- Eliminoidaan työkalujen käyttö ja telojen uudelleenkohdistus.
- Eliminoidaan vetopyörien keskityksen tarve.
- Eliminoidaan asettamiseen tarvittava liike.

### 6.3.3 Vetopyörien säädön optimointi

Vetopyörien osalta ongelmana on, että säätöjä ei voida toistaa. Tällä on suurin merkitys linjaston säätöön kuluvalle ajalle ja ongelmille ajon aikana, koska vetopyörät määrittelevät yhdessä telojen pyörimisnopeuden kanssa spiraalin halkaisijan. Vetopyörien spiraalin pintaan siirtämä pyöritysvoima riippuu vetopyörää alaspäin painavan sylinterin paineesta. Tuotteen lopullinen pyörimisnopeus taas muodostuu sekä alapuolella pyörivän telan, että yläpuolella vaikuttavan vetopyörän nopeudesta ja kulmasta.

Lähtökohtaisesti tuotteen halkaisija on jäähdytysaltaassa, linjastolla ja kelauskoneessa sama, joten sen pyörimisnopeus on myös jokaisessa linjaston kohdassa sama. Tästä syystä kyseessä on varsin yksinkertainen, vaikkakin monen pyörivän osan, aikaansaama jatkumo. Kaikkien linjaston osien pyöriessä samaan tahtiin ja kaikkien vetopyörien vaikuttaessa spiraaliin samalla paineella sekä samassa kulmassa on tuote koko matkaltaan samassa halkaisijassa. Ongelma ei siis ole jokaisen yksittäisen osan pyörimisnopeuden säätämisessä, vaan niiden toiminnan yhdenmukaiseksi säätämisen mahdottomuudessa.

Vetopyörien sylinterien paineensäätö on tällä hetkellä säädettävissä paineensäätimestä vetopyöräkohtaisesti ja säätöjen vaikutus on luettavissa analogisesta painemittarista, joka sijaitsee itse säätimessä. Paineen epätarkka säätäminen aiheuttaa vaihtelua vetopyörien kyvyssä siirtää pyörimistä spiraalin pintaan.

Vetopyörän sylinterin paineen säätö tulisi olla tarkasti säädettävissä ja säätöjen toistettavissa, jolloin niitä ei tarvitsisi etsiä jokaisen laadunvaihdon jälkeen kokeilemalla sopivaksi. Paras tapa ongelman ratkaisemiseksi olisi käyttää paineensäätöä, joka tapahtuu syöttämällä haluttu arvo laitteelle. Toinen ja todennäköisesti edullisempi keino on käyttää digitaalista näyttöä paineen asettamiseen, jolloin näytön arvo on eksakti toisin kuin analogisessa mittarissa. Tästä on jo hyviä kokemuksia kelauskoneen jarrun säätämisessä.

Vetopyörien ja telojen pyörimisnopeus on säädettävissä tällä hetkellä ohjaustaululla näkyviä suhdelukuja muuttamalla. Nämä säätävät vetopyörien ja telojen pyörimisnopeutta suhteessa sähkömoottorin pyörimisnopeuteen. Koneenhoitaja säätää käytännössä vetopyörien kierroslukua joko nopeammaksi tai hitaammaksi arvioimansa määrän. Tämän jälkeen hänen on odotettava muutosten vaikutusta, käveltävä ko. vetopyörän luokse mittaamaan tuotteen halkaisija, käveltävä takaisin ohjaustaululle ja arvioitava uudelleen, paljonko ja mihin suuntaan suhdelukua on muokattava.

Kuten aiemmin mainittiin, spiraalin halkaisija ja siten myös pyörimisnopeus on koko linjaston matkalla vakio. Tästä syystä linjaston pyörivien osien kierrosnopeuden suhdeluvun sijaan tulisi säätää pyörivien osien kehänopeutta. Tällöin säätöarvon lukema vastaa säädettävää arvoa, jolloin eri koneenosien nopeudet ovat mahdollista suhteuttaa toisiinsa. Säätöarvon ollessa esimerkiksi 10 mm/s voidaan se toistaa koneen jokaisessa pyörivässä osassa, jolloin arvot voidaan helposti säätää aluksi toisiaan vastaaviksi ja sen jälkeen optimoida tarkemmin korjaamaan luistosta johtuvaa virhettä. Koska vetopyörien sylinterien paine on tässä vaiheessa jo vakioitu, tarkoittaa se myös, että vetopyörien säädöt ovat nyt toistettavissa halkaisijakohtaisesti vain arvot logiikkaan syöttämällä.

Säätöarvon muokkaaminen voidaan toteuttaa esimerkiksi lisäämällä logiikan tällä hetkellä näyttävää säätöarvoa siten, että lukeman muodostuminen huomioi pyörivän osan halkaisijan. Pyörivillä osilla tarkoitetaan tässä yhteydessä vetopyöriä, teloja sekä linjas-

ton pääkäyttönopeutta, joka kertoo vetohihnaa pyörittävän sähkömoottorin uritetun pyörän kierrosnopeudesta.

Halkaisijan syöttäminen voi olla järkevää jättää ainakin vetopyörien osalta näytöltä muokattavaksi, jolloin tarvittaessa voidaan huomioida myös vetopyörien kulumisen. Mikäli ilmenee tarvetta saada jossain vaiheessa tarkempi arvo vetopyörien todellisesta kehänopeudesta, esimerkiksi kulumisen aiheuttaman jatkuvan muutoksen vuoksi, voidaan anturitieto tuoda myös suoraan logiikkaan mittaamalla vetopyörää vasten asetetun metallikiekon pyörimistä pulssianturin avulla.

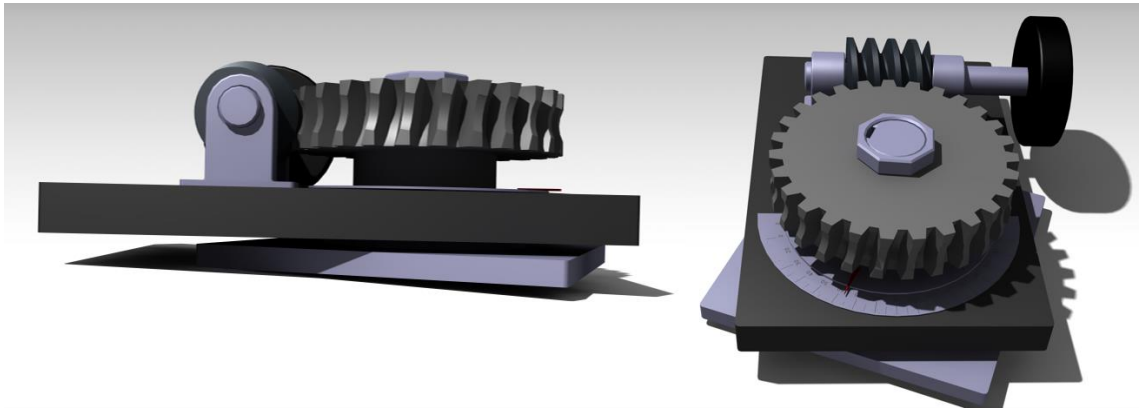
Viimeinen vetopyörän toimintaan vaikuttava säätö on kulman säätö. Tämän avulla määritetään, kuinka suuri osa vetopyörän pyörimisnopeudesta vaikuttaa tuotteen halkaisijaan ja kuinka suuri osa kuljettaa tuotetta linjastolla eteenpäin. Vetopyörän kulman oikean arvon säätämiseen vaikuttaa myös sylinterin paine sekä pyörimisnopeus. Eri yhdistelmien avulla voidaan löytää useita toimivia kombinaatioita. Koska tässä vaiheessa vetopyörien sylinterien paine ja pyörimisnopeus on vakioitu, on myös kulmalle löydettävissä vain yksi oikea säätö ja sama kulma on toistettavissa jokaisen vetopyörän kohdalla.

Tämänhetkinen säätömekanismi vaihtelee eri koneilla, mutta yhteistä niille on, että tarkkaa säätöä niillä on mahdotonta tehdä eivätkä säädöt ole toistettavissa. Epätarkkuus muodostuu väljyydestä vetopyörän kulman säätömekanismeissa ja vetopyöräpaketin kääntöakselin mekanismeissa. Väljyys on mahdollista poistaa kiristämällä tämän akselin kiinnittävä mutteri, mutta kulmaa ei tällöin voida enää säätää. Väljyys säädöissä aiheuttaa sen, että vetopyörä ei pysy asetuksissaan ja viimeistään seuraavalla käynnistyskeralla asetuksia täytyy tarkistaa ja usein kesken tuotannonkin.

Vetopyöräpaketin heiluminen voidaan ratkaista laakeroimalla akseli, jonka varassa kääntyminen tapahtuu. Ilman laakerointia osia ei voida kiristää tiukasti paikoilleen ilman niiden lukittumista toisiinsa. Varsinaiseen kulmaan säätämiseen on kokeiltu nyt kolmea eri versiota, mutta missään näistä säätöä ei ole saatu välyksettömäksi.

Yksi vaihtoehto mahdolliseksi toteutustavaksi voisi olla toteuttaa säätö kierukkapyörän ja -ruuvien avulla kuten kuvassa 9. Kierukkapyörän ja -ruuvien tarkka sovittaminen mahdollistaa akselille lukitun pyörän avulla kulman muuttamisen kierukkaruuvia pyörittä-

mällä. Tällä mekanismilla on myös helppo toteuttaa mitta-asteikko vetopyörän pintaan, jolloin kulma on tarkasti säädettävissä ja toistettavissa.



Kuva 9 Vetopyörän kulman säätö mekanismi ja mitta-asteikko

Vetopyörän siirtyminen telojen keskikohdasta tarkoittaa, että käytännössä jokainen aste kulmansäädössä siirtää vetopyörää pois linjaston telojen keskikohdasta. Mitä lähempänä toisiaan telat ovat säädettynä, sitä useammin vetopyörän poikkivarren kiinnitykset on avattava ja siirrettävä pyörä takaisin keskelle. Käytännössä siis lähes joka, kerta kun pyörän kulmaa muutetaan mikäli halutaan vetopyörän olevan optimikohdassa spiraalin keskellä. Tämä johtuu siitä, että kulman säädön pyörimisakseli ei sijaitse keskellä vetopyöräpakettia. Edellä mainittu tapa toteuttaa vetopyörän kulman säätäminen helpottaa myös vetopyöräpaketin sijoittamista akselin keskikohtaan (Kuva 9) ja mahdollistaa välyksettömän kulman säädön toteuttamisen.

Muokataan vetopyöriä seuraavasti:

- Paineen säätö syöttämällä arvo tai digitaalinen painemittari.
- Kaikkien linjaston pyörivien osien säätöarvoksi ohjaustaululle kehänopeus.
- Kehänopeuden korjauksena voidaan käyttää halkaisijan muokkausta.
- (Tarvittaessa mahdollisuus jatkokehittää lisäämällä pulssianturi mittaamaan vetopyörien todellista kehänopeutta.)
- Vetopyöräpaketin kulman säädön pyörimisakselille laakeri.
- Kulmansäätö välyksettömäksi.
- Asteikko vetopyörän kulman säädöille.
- Kulman säädön pyörimisakseli vetopyöräpaketin keskikohtaan.

Hyödyt:

- Mahdollistaa paineen säätöarvojen toistettavuuden.
- Mahdollistaa pyörivien osien säädön toistettavuuden ja mahdollistaa paremmat säädöt koko linjastolle.
- Mahdollistaa tarvittaessa vetopyörien kulumisen kompensoinnin tai osamuutokset.
- Mahdollistaa tarvittaessa vetopyörien kulumisen reaaliaikaisen korjauksen.
- Eliminoi vetopyöräpaketin heilumisen.
- Mahdollistaa säätöjen toistettavuuden sekä estää niiden muuttumisen kesken ajon.
- Eliminoi tarpeen liikuttaa koko vetopyörää telojen keskikohtaan.

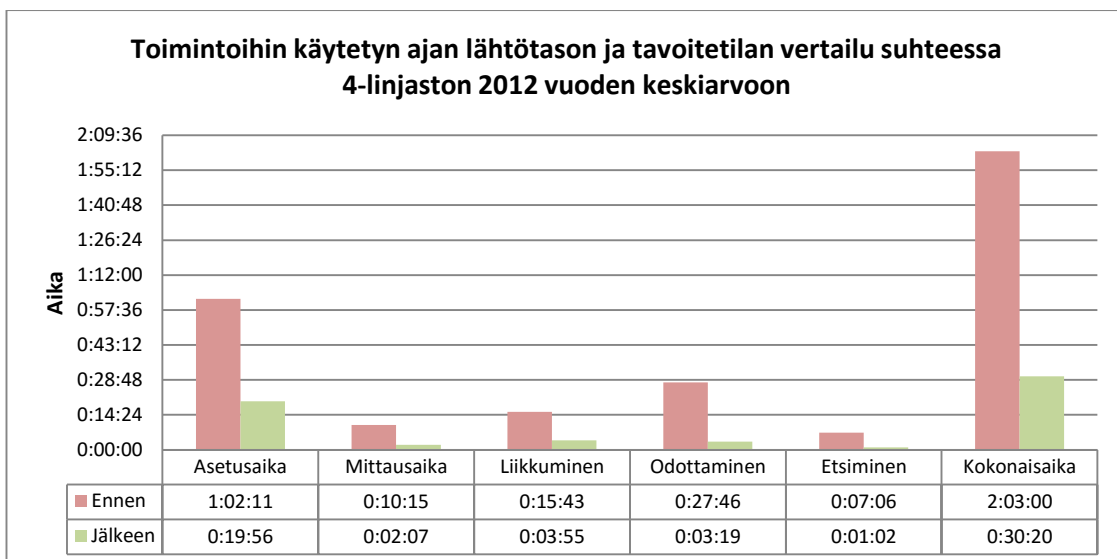
## **6.4 Kehitysehdotusten vaikutukset tuotantoon**

### **6.4.1 Lähtökohdan ja tavoitetilan vertailu**

Yhteenvedossa esitellään esitettyjen parannusehdotusten vaikutukset vaihtoaikaan. Vaikutusten ajallinen vaikutus laskettiin suoraan työntutkimuksen pohjalta luodun taulukon pohjalta poistaen aikalaskelmista ne rivit, joihin parannusehdotusten avulla on tarkoitus vaikuttaa.

Alkuperäiset työntutkimuksen tulokset mitattiin 2012 - 2013 vuosien vaihteessa. Koska opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa keskimääräisiä vaihtoajoja, esitellään oletetut muutokset suhteuttamalla työntutkimuksessa saadut tulokset keskimääräisiin vaihtoi-  
koihin, jolloin voidaan tarkastella muutosten kokonaisvaikutuksia yleisemmällä tasolla.

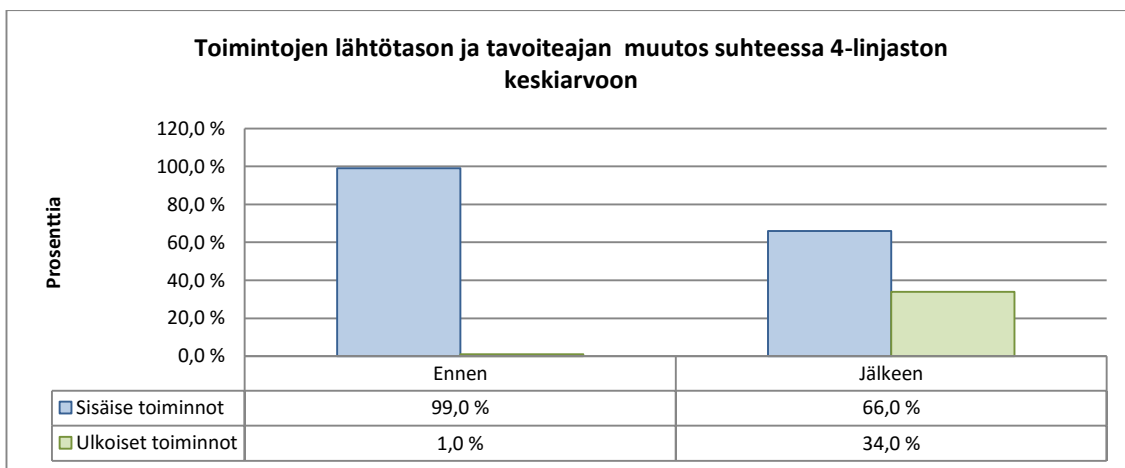
Taulukosta 8 voidaan tarkastella ehdotettujen kehityskohteiden vaikutusta 4-linjaston keskimääräisiin vaihtoi-  
koihin. Suurin parannus minuuteissa laskettuna on saavutettavissa asetustyöhön kuluva ajassa. Työkalujen tarpeen vähentäminen ja moneen kertaan siirrettävien osien merkitys on vaihtoajan kannalta merkittävin tekijä.



Taulukko 8 Parannusehdotusten vaikutus suhteutettuna 4-linjaston keskimääräiseen vaihtoaikaan

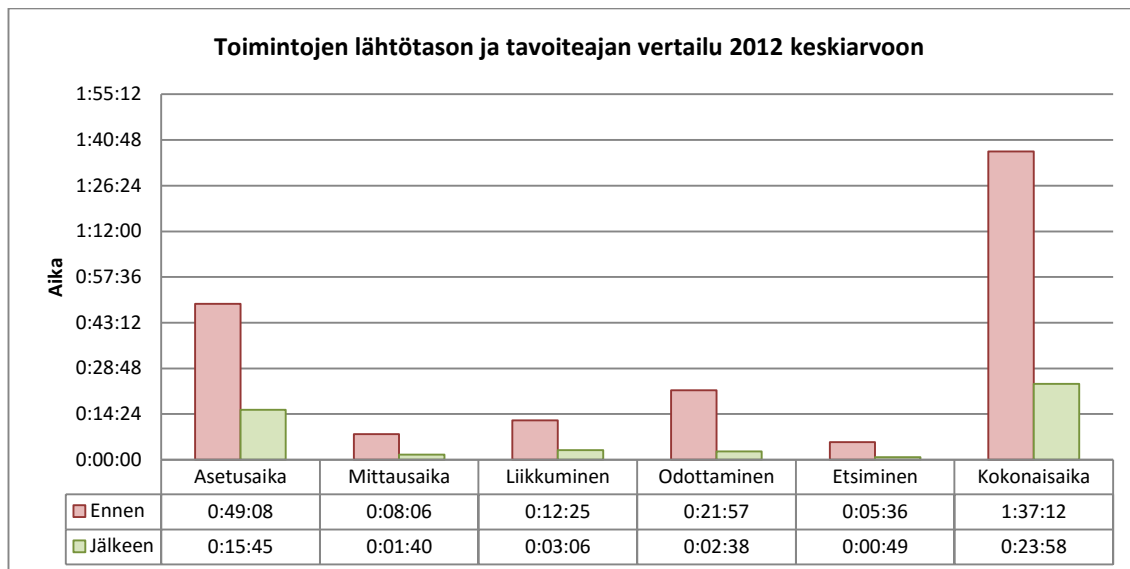
Asetustyö vaikuttaa myös muiden toimintojen ajankäyttöön, sillä jonkin osan siirtäminen tarkoittaa, että työkalu on aina ensin etsittävä ja haettava. Tämän jälkeen työntekijän on käveltävä suorittamaan säätö ja käveltävä takaisin sekä odotettava muutosten vaikutuksia ennen tuotteen mittaamista vaikutusten tarkistamiseksi.

Taulukosta 9 voidaan tarkastella kehityskohteiden vaikutusta vaihtoajan jakautumiseen ulkoisten ja sisäisten toimenpiteiden välillä. Tästä nähdään, että aiemmin vaihtoon käytettävä aika oli lähes kokonaan pois tuotantoajasta. Uudet työskentelytavat ja kehittynyt linjasto mahdollistavat vaihdon suorittamisen kolmasosaksi tuotantoajan aikana. Tämä tarkoittaa, että taulukossa 9 mainitun laadunvaihdon tavoiteaika pysäyttäisi tuotannon vain noin 20 minuutiksi, sillä 34% vaihtotyöstä voidaan suorittaa tuotantoajan aikana.



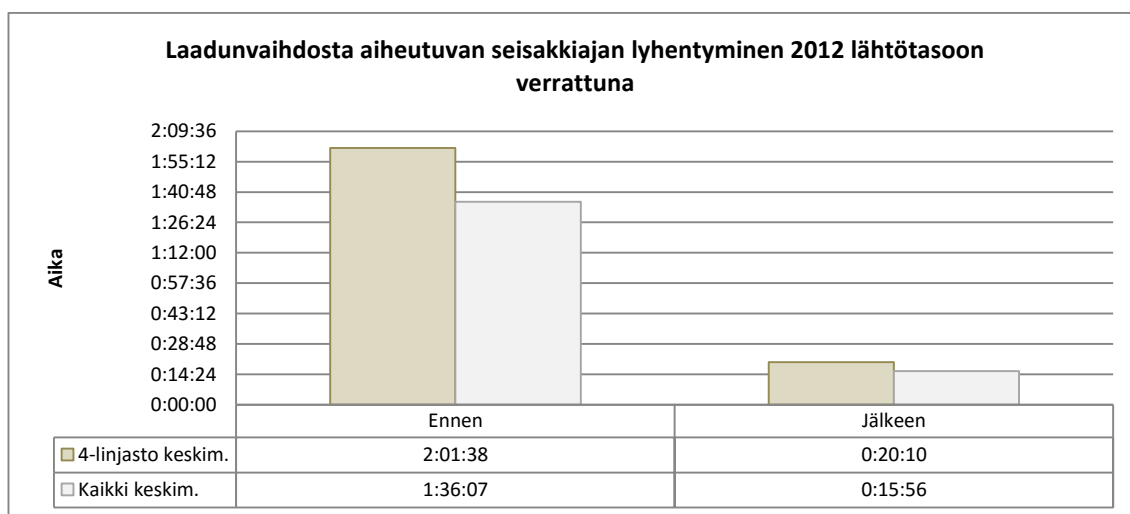
Taulukko 9 Toimintojen jakautuminen ulkoisiin ja sisäisiin toimintoihin

Taulukosta 10 voidaan tarkastella ehdotettujen kehityskohteiden vaikutusta kaikkien linjastojen keskimääräiseen vaihtoaikaan. Samoin kuin 4-linjastolla, asetusajan kohdalla on saavutettavissa suurimmat ajansäästöt. Kaikkien linjastojen keskimääräiseen vaihto-aikaan suhteutettuna tämä tarkoittaisi n. 24 minuutin keskimääräistä vaihtoaikaa.



Taulukko 10 Parannusehdotusten vaikutus suhteutettuna kaikkien linjastojen keskiarvoiseen vaihto-aikaan

Taulukosta 11 voidaan tarkastella kehityskohteiden ja työvaiheiden ulkoistamisen vaikutusta tuotannon seisakkiaikoihin. Laadunvaihdon kokonaisaika ”ennen”-kohdassa on n. 1% suurempi ja n. 34% suurempi kuin tässä taulukossa mainittu seisakkiaika. Taulukossa 11 kuvattu parannus kuvaa siis varsinaiseen tuotannon pysäyttämiseen kuluva aikaa poisluettuna valmistelu jne. tuotantoajan aikana tehtävään vaihtotyöhön.



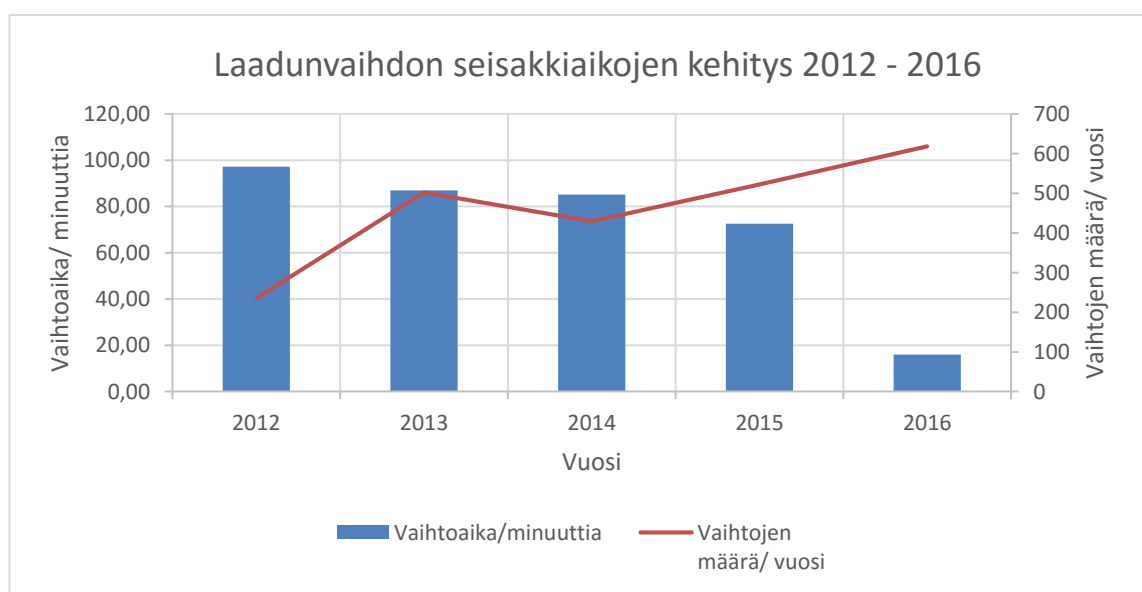
Taulukko 11 Seisakkiajan lyhentymisen vaihdon yhteydessä

#### 6.4.2 Tämän hetken tilanteen ja tavoitetilan vertailu

Lähtötilanteessa vuonna 2012 keskimääräinen vaihtoaika Safeplastilla oli 1 tunti 37 minuuttia. Vaihtoja suoritettiin vuoden aikana 236 kappaletta, joten aikaa tähän kului vuoden aikana yhteensä n. 382 tuntia. Vuonna 2015 Safeplastin tuotannossa tehtiin yhteensä 522 laadunvaihtoa, joiden keskimääräinen vaihtoaika oli n. 1 tunti 13 minuuttia. Tunneissa tämä tarkoittaa lähes 630 tuntia laadunvaihtoista aiheutuneita tuotannon seisakkeja.

Mikäli laskennalliset parannukset toteutuisivat täysimääräisinä eli linjastojen keskimääräinen vaihtoaika tulisi olemaan n. 24 minuuttia, tarkoittaisi tämä noin 425 tunnin vuotuista säästöä laadunvaihtoihin kuluvalle ajalle, mikäli vaihtojen määrä pysyisi samana kuin vuonna 2015.

Tämä laskentakaava ei kuitenkaan huomioisi sisäisen ja ulkoisen vaihtoajan suhteen muutosta aiempaan, joten saavutettavan hyödyn arvioinnissa on parempi käyttää laskennallista seisakkiaikaa per laadunvaihto, joka laskennallisesti tulisi olemaan n. 16 minuuttia. Verrattuna 2015 laadunvaihtoista johtuneisiin seisakkeihin parannusta olisi mahdollista saavuttaa yli 490 tuntia. Tämäkään laskelma ei vielä kerro koko totuutta, sillä laadunvaihtojen määrä on viime vuosina ollut selvästi nousujohteista, joten voidaan olettaa, että laadunvaihtojen määrä lähenee 600 kappaletta vuonna 2016.



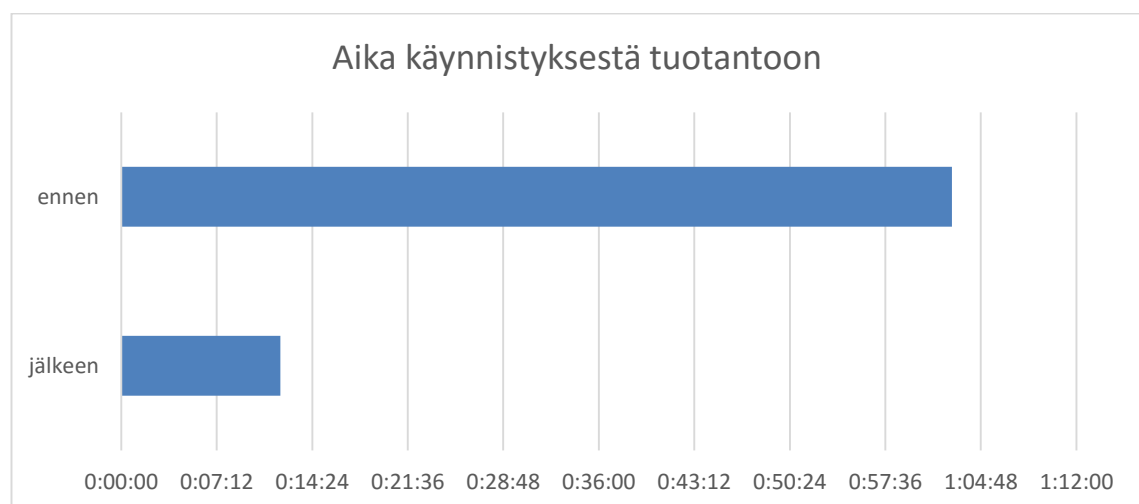
Kuva 10 Keskimääräisten vaihtoaikojen ja vaihtomäärien kehittyminen

Taulukosta 10 voidaan nähdä vaihtomäärien ja keskimääräisten vaihtoaikojen kehittyminen vuodesta 2012. Vuoden 2016 kohdalla on käytetty arvioitua määrää, joka perustuu aiempaan historiaan ja keskusteluihin tuotannon johdon kanssa. Keskimääräisenä vaihtoaikana taas on käytetty oletettua vaihtoaikaa parannusehdotusten toteuttamisen jälkeen.

### 6.4.3 Rouhittavan tuotteen vähentyminen

Laadun vaihdon käynnistyksen ja tuotannon varsinaisen aloituksen välillä tapahtuva asetusten hakeminen tapahtuu linjaston ollessa käynnissä. Tämä tarkoittaa, että koko tämän ajan linjastosta ajetaan epäkuranttia tuotetta, joka menee rouhittavaksi. Minimimallilla tämä aika voidaan merkittävästi vaikuttaa rouhittavaksi menevän tuotteen vähentymiseen ja sitä kautta lisätä suoraan aikaa, joka on varsinaista tuotantoa.

Kuviosta 7 nähdään ero työntutkimuksessa kelloitetujen vaihtojen ja tavoitetilän välillä. prosentuaalisesti tämä tarkoittaisi yli 80 % vähemmän laadunvaihdon aikana syntyvää epäkuranttia tuotetta, joka menee rouhittavaksi.



KUVIO 7 Aika käynnistyksestä tuotantoon kelloitetujen vaihtojen keskiarvona

On vaikea arvioida tarkkaa lukua sille, kuinka suuri osa vuosittain rouhittavasta tuotteesta syntyy laadunvaihdossa tehtävän säätämisen aikana. Tämä ja laadunvaihdon aikana asetettujen säätöjen laadun työntekijäkohtainen vaihtelu ovat yhdessä pääsyy epäkurantin tuotteen syntymiselle, poisluettuna linjaston vikatilanteista johtuvan rouheen

muodostuminen. Toisaalta myös osa vikatilanteista johtuu väärin säädetyistä linjaston asetuksista, kuten esimerkiksi telojen vinoudesta johtuvat laakeriviat.

Laadunvaihdon nopeuttaminen asetusten integroimisella siirrettäviksi osiksi linjaston rakennetta sekä säätöjen tarkkuuden parantamisella voidaan olettaa olevan suoraan vaikutusta myös tuotantoajan aikaisiin ongelmiin ja sitä kautta vähentävän merkittävästi tästäkin syntyvän epäkurantin tuotteen määrää. Parannusten kokonaisvaikutukset tulevat vaikuttamaan myös tuotteen tasalaatuisuuteen ja sitä kautta tuottavuuden kehittymiseen.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli alun perin tuoda esille, mitä mahdollisuuksia Lean-ajattelun sisältämät opit voisivat yritykselle periaatteessa tuoda ja antaa käytännön esimerkkejä Lean-työkaluista, joiden avulla yritys voisi järkevästi aloittaa matkansa kohti jatkuvaa parantamista ja filosofiasta näiden yksittäisten työkalujen takana. Olikin erittäin mielenkiintoista nähdä, kuinka yritys aloitti jo opinnäytetyön aikana muutosten toteuttamisen.

Tällä hetkellä yrityksessä on yksittäisten parannusten lisäksi otettu käyttöön 5S-järjestelmä ja kuukausittain pidettävä Lean-palaveri, jossa käydään läpi kehityksessä olevia asioita ja vaihdetaan ajatuksia siitä, missä mennään tällä hetkellä ja mitä tullaan seuraavaksi parantamaan. Yrityksen ilme ja yhteistyön taso on noussut aivan uudelle tasolle. Tämä on näkynyt muun muassa vaihtoaikojen tasaisella putoamisella ja tuotantopeuksien nousulla.

Yrityksessä on nyt muodostumassa uusi jatkuvan parantamisen kulttuuri, jossa työntekijät pääsevät kehittämään sitä osa-aluetta, jonka parhaiten tuntevat. Tähän mennessä saavutetut onnistumiset ovat luoneet hyvän pohjan eri tehtävissä työskentelevien ihmisten toimimiselle yhteisen päämäärän eteen. Tulevaisuudessa tarvitaan kuitenkin vähintään yhtä paljon työtä, jotta tämä pohja ei murene, vaan vahvistuu entisestään ja pystyy kantamaan uusien rakenteiden tuoman painon kootessa Safeplastin itsensä näköistä Leantaloa.

Tämän opinnäytetyön pohjalta on siis jo otettu isoja askelia alkuperäisen tavoitteen suuntaan. Jäljellä olevat parannuskohteet koostuvat lähinnä linjaston kehittämiseen kohdistuvista parannusehdotuksista. Osa näistä ideoista on syntynyt omista ajatuksista työn äärellä ja osa on syntynyt tai hioutunut tämän hetkiseen muotoonsa keskusteluissa tuotannon ja kunnossapidon kanssa.

SMED-menetelmän avulla toteutetun työn tutkimuksen avulla tutkittiin, mitä vaikutuksia parannuksilla voitaisiin käytännössä saada aikaan. Yksittäisen parannuksen tekeminen ei itsessään tuo välttämättä esiin niiden merkitystä osana kokonaisuutta, mutta SMED:in avulla voidaan helpommin nähdä niiden yhteisvaikutus kokonaisuuteen. Lopulta juuri nämä yksittäiset asiat ovat niitä, joihin kehityksessä voidaan tarttua.

Tulevaisuutta silmällä pitäen linjaston kehittäminen vaikuttaa myös jatkossa tuottavuuden kasvuun ja tuotantonopeuksien parantumiseen. Tämä tulee vääjäämättä tarkoittamaan myös sitä, että prosessissa tulee vastaan uusia pullonkauloja. Yksi Lean-ajattelun lähtökohdista on mielestäni olla tästä tietoinen, ottaa haasteet vastaan ja löytää aina vain uusia pullonkauloja ja ongelmia. Prosessia parannetaan siis askel askeleelta ja poistetaan eteen tulevia ongelmia yksi kerrallaan matkalla kohti tulevaisuuden jatkuvasti parempaa prosessia.

Alkuperäisessä ajatuksessa opinnäytetyön rakenteesta mielessäni oli myös käyttäjäkunnossapidon ja sen merkityksen esille tuominen yrityksessä. Jätin sen kuitenkin pois, sillä mielestäni sen merkitys tulee pienentymään tulevaisuudessa, sillä linjaston kehittyminen ja Leanin mukanaan tuoma vastuunottaminen omasta työstä tulevat jo itsessään vaikuttamaan vikaantumisasasteen pienentymiseen. Lisäksi säätöjen toistettavuus tuo paremmin esille linjaston kulumisen aiheuttamat vikaantumiset. Tämänhetkisessä linjastossa kaikki säädöt haetaan joka kerta kokeilemalla kohdalleen, kun taas vakioitujen säätöjen toimimattomuus tarkoittaa, että jokin linjaston osista ei enää toimi kuten pitäisi.

Kokonaisuudessaan tämän opinnäytetyön tekeminen on ollut toisaalta raskas, mutta toisaalta myös antoisa ja opettavainen kokemus. Välillä motivaatio tämän opinnäytetyön kirjoittamiseen on ollut hieman kateissa ja toisinaan taas mielenkiintoiset käytännön työtehtävät ovat osaltaan siirtäneet kirjoitustyötä tuonnemmaksi. Yksi asia ei silti ole tänä aikana muuttunut: kiinnostus prosessien kehittämiseen.

## LÄHTEET

SNT-Group konsernin kotisivu. Luettu 3.10.2015.

<http://www.snt-group.fi/safeplast/yritys/>

Daniel A. Wren, the late Ronald G. Greenwood. 1998. Management Innovators: The People and Ideas that Have Shaped Modern Business. New York: Oxford university press

Hannele Seeck. 2008: Johtamisopit Suomessa. Kolmas painos. Helsinki:Gaudeamus

Matthias Holweg. 2007. The genealogy of the Lean production. Journal of Operations Management 420-437. Tulostettu 20.3.2014.

<http://www.journals.elsevier.com/journal-of-operations-management>

Toyota material handling/TPS. Tulostettu 1.2.2016. [http://www.toyota-forklifts.fi/SiteCollectionDocuments/PDF%20files/About%20us/TMH%20TPS%20-esite\\_web.pdf](http://www.toyota-forklifts.fi/SiteCollectionDocuments/PDF%20files/About%20us/TMH%20TPS%20-esite_web.pdf)

Toyota global site. The origin of the Toyota production system. Luettu 5.2.2016.

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj87peph6DMAhWEBiwKHxGyCjCQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.toyota-global.com%2Fcompany%2Fvision\\_philosophy%2Ftoyota\\_production\\_system%2Forigin\\_of\\_the\\_toyota\\_production\\_system.html&usq=AFQjCNGTeA2Ye3IF7e4mRKsCGttjVeyNtA&sig2=HRtC0DLz0GSEuWF47CVRBw&bvm=bv.119745492,d.bGg](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj87peph6DMAhWEBiwKHxGyCjCQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.toyota-global.com%2Fcompany%2Fvision_philosophy%2Ftoyota_production_system%2Forigin_of_the_toyota_production_system.html&usq=AFQjCNGTeA2Ye3IF7e4mRKsCGttjVeyNtA&sig2=HRtC0DLz0GSEuWF47CVRBw&bvm=bv.119745492,d.bGg)

Program on vehicle and mobility innovation. Luettu 2.2.2016 <http://pvmi.wharton.upenn.edu/about/history/>

This American life. Radio archive. Kuunneltu 10.2.2016 <http://www.thisamericanlife.org/radio-archives/episode/561/nummi-2015>

San Francisco business Times. Artikkel. Luettu 20.2.2016 <http://www.bizjournals.com/sanfrancisco/stories/2010/05/17/daily65.html>

Wikipedia. Luettu 15.2.2016. [https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla\\_Factory\)microsoft](https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_Factory)microsoft)

Jamie Flinchbaugh, Andy Carlino. 2006. The Hitchhiker's Guide to Lean: Lessons from the Road. Michigan: Society of Manufacturing Engineers

Jeffrey K. Liker and David Meier. 2006. The Toyota way fieldbook: A practical guide for implementing Toyotas 4p:s. New York: The McGraw-Hill Companies Inc.

Natalie j. Sayer, Bruce Williams. 2007. Lean For Dummies. Hoboken:Wiley Publishing Inc.

Mike Rother. 2010 Toyota kata: Managing people for improvement, adaptiveness and superior results. Austin: Rother & Company, LLC.

Jeffrey K. Liker, Gary L. Convis. 2012. Toyota way to Lean leadership: Achieving and sustaining excellence through leadership development. New York: The McGraw-Hill Companies Inc

Koichi Shimizu. 2004. Reorienting Kaizen Activities at Toyota .Tulostettu 25.2.2016.  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiqIKmhkKDMAhWQKCwKHZU6BiQQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fousar.lib.okayama-u.ac.jp%2Ffile%2F40530%2F20111108143837%2Foer\\_036\\_3\\_001\\_025.pdf&usg=AFQjCNFRO2O4DR52IU4PQIc60eLTe\\_ON\\_w&sig2=rt8v6iMrVhnbDQTD3s5dFw&bvm=bv.119745492,d.bGg](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiqIKmhkKDMAhWQKCwKHZU6BiQQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fousar.lib.okayama-u.ac.jp%2Ffile%2F40530%2F20111108143837%2Foer_036_3_001_025.pdf&usg=AFQjCNFRO2O4DR52IU4PQIc60eLTe_ON_w&sig2=rt8v6iMrVhnbDQTD3s5dFw&bvm=bv.119745492,d.bGg)





















### Liite 3. Standardityöohje 4-linjaston käynnistykselle

Tämä osio on salattu.