

Tuomas Mustonen

TUOTANNONSEURANTAJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN

TUOTANNONSEURANTAJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN

Tuomas Mustonen
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, tuotantotekniikka

Tekijä: Tuomas Mustonen

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Tuotannonseurantajärjestelmän kehittäminen

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Development of Production Monitoring System

Työn ohjaaja: Kai Jokinen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2019

Sivumäärä: 50 + 0 liitettä

Työn tilaaja haluaa viedä lean-ajattelutapaa aiempaa pidemmälle ja saavuttaa kilpailullista etua alati kiristyvillä markkinoilla. Työn tilaaja on tilannut käyttöönsä koneseurantajärjestelmän nimeltään Arrow Machine Track. Machine Track on valmistuksenohjausjärjestelmä, joka yhdistää toiminnanohjauksen varsinaiseen tehdasautomaatioon. Tämän työn tavoitteena on kehittää ja uudelleen käyttöönottaa Arrow Machine Track kohdeyrityksen tuotannossa. Käyttöönottoa on yritetty kerran aikaisemmin, mutta se ei onnistunut resurssipulan vuoksi.

Arrow Machine Trackin ensisijainen tarkoitus on parantaa tuotannon tuottavuutta ja laitteiston kokonaistehokkuutta. Järjestelmän avulla voidaan havaita merkittäviä pullonkauloja, vähentää vaihtelua ja lisätä tuotannon virtausta.

Projektityön alkaessa määriteltiin useita työtehtäviä, jotka tähtäävät Arrow Machine Trackin uudelleen käyttöönottoon. Näitä tehtäviä olivat näyttöpäätteongelman ratkaiseminen, Machine Trackin toimintavarmuuden parantaminen, operaattoreiden uudelleen koulutus, näyttöpäätteiden ja Machine Trackin tiedonkeruun toimivuuden seuranta, raportoinnin määrittäminen ja Machine Trackin käyttöönoton jälkeinen seurantavaihe. Tehtävälistaa päivitettiin viikoittaisissa projektipalavereissa ja tarvittaessa tehtäviä lisättiin, kun uusia ratkaistavia ongelmia havaittiin.

Työssä selvitettiin ja ratkottiin tuotannonseurantajärjestelmän käyttöön liittyviä ongelmia. Työn tuloksena saatiin kattava selvitys toteutettavista tehtävistä, joiden avulla Arrow Machine Trackin uudelleen käyttöönottoon päästään. Osa alulle laitetuista uudistuksista jäi aikataulullisista syistä myöhemmin toteutettaviksi. Myöhemmin toteutettavia uudistuksia ovat henkilökunnan koulutus, raportoinnin määrittäminen ja ratkaisun integrointi päivittäiseen käyttöön.

Asiasanat: valmistuksenohjausjärjestelmä, MES, OEE, tuotannonseuranta

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Mechanical Engineering, Production Technology

Author: Tuomas Mustonen
Title of thesis: Development of Production Monitoring System
Supervisor: Kai Jokinen
Term and year when the thesis was submitted: spring 2019
Pages: 50 + 0 appendices

This thesis serves the purpose of developing and re-commissioning the production monitoring system for the target company. The objective of the thesis is to develop the lean-management philosophy in the company, thus gaining a valuable competitive advantage on today's market. The target company has purchased Arrow Machine Track, a manufacturing execution system (MES) for their use. MES system unites the company's production management system with the actual factory automation. The commissioning of Arrow Machine Track has been attempted once before, but this was not successful due to a lack of resources.

The primary purpose of MES system is to improve production productivity and overall equipment efficiency. MES system helps with detecting significant bottlenecks and other forms of waste in production.

For reaching the objective of this thesis, tasks have been assigned that need to be dealt with. These tasks were as follows: fixing display terminal problems, stabilization of Arrow Machine Track, training of operators and monitoring the functionality of the data collection of Machine Track as well as definition of the reporting and monitoring phase after the introduction of Machine Track. The task list was updated in weekly meetings and if necessary, more tasks were added on the list. The tasks and methods of solutions are described with details later in this thesis.

This thesis involved investigation and problem solving related to the use of the production monitoring system. The result of this thesis was a comprehensive survey of the tasks to be completed to re-commission Arrow Machine Track. Some of the reforms were delayed for scheduling reasons and are to be executed later. These delayed reforms were staff training and definition of the reporting and monitoring phase after the introduction of Machine Track.

Keywords: manufacturing execution system, MES, OEE, production monitoring

ALKULAUSE

Kiitos työn tilaajalle mahdollisuudesta ja mielenkiintoisesta opinnäytetyöprojektistä. Haluan kiittää kohdeyrityksen henkilöstöä merkittävästä tuesta työn aikana. Haluan myös kiittää Oulun ammattikorkeakoulun edustajia yliopettaja Kai Jokista, joka toimi työn ohjaavana opettajana, ja lehtori Tuija Juntusta tekstinohjauksesta.

Erityisen kiitoksen tahdon antaa rakkaalle vaimolleni Heidille, joka on pitänyt huolta pienistä lapsistamme Jimistä ja Neeasta opiskelun aikana. Kiitos teille kaikesta tuesta ja motivaatiosta.

Oulussa 26.4.2019

Tuomas Mustonen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	9
2 ARROW MACHINE TRACK	10
3 LAATU	12
3.1 Laadun näkökulmat	12
3.2 Laatukustannukset	15
3.3 ISO 9000- ja 9001 -laatustandardit	18
3.4 Total Quality Management (TQM)	19
3.5 Lean	21
3.6 Overall Equipment Effectiveness (OEE)	23
4 TUOTANNONOHJAUS	27
4.1 Lean-tuotannonohjaustyökaluja	27
4.1.1 Kanban	27
4.1.2 Heijunka	28
4.1.3 Jidoka	28
4.1.4 Andon	28
4.2 Toiminnanohjausjärjestelmä	28
4.3 Valmistuksenohjausjärjestelmä	31
5 MUUTOKSEN TUOMAT HAASTEET	32
5.1 Muutosvastarinta	32
5.2 Toimintatapojen muuttaminen	33
6 PROJEKTITYÖN TOTEUTUS	36
6.1 Kartoitus	36
6.2 Suunnitelma	37
6.3 Toteutus	39
6.3.1 Näyttöpäätelaitteet	39

6.3.2 Arrow Machine Trackin toiminnan parantaminen	41
6.3.3 Koulutus	42
6.3.4 Raportointi	43
6.3.5 Ratkaisun integrointi operaattoreiden käyttöön	43
7 TULOKSET	44
8 JATKOTOIMENPITEET	45
9 YHTEENVETO	46
LÄHTEET	48

SANASTO

Arrow MT	Arrow Machine Track. Työkalu operatiivisen tuotannon johtamiseen ja ohjaukseen. Kerää reaaliaikaista tietoa automaattisesti suoraan tuotantolinjalta.
ERP	Enterprise Resource Planning eli toiminnanohjausjärjestelmä.
Lean	Johtamisfilosofia. Keskittyy poistamaan lisäarvoa tuottamattoman toiminnon eli hukan tuotannosta.
MES	Manufacturing Execution System eli tuotannon- tai valmistuksenohjausjärjestelmä. Yhdistää tehdasautomaation toiminnanohjausjärjestelmään.
OEE	Overall Equipment Effectiveness eli KNL (Käytettävyys, Nopeus, Laatu), on tuottavuutta mittaava tunnusluku, joka lasketaan käytettävyyden, nopeuden ja laadun tulona.
TQM	Kokonaisvaltaisen laatujohtamisen malli. Saanut laajan standardisoituneen aseman ISO-9000-standardin kautta.

1 JOHDANTO

Työn tilaajalla on käytössään koneseurantajärjestelmä Arrow Machine Track (Arrow MT). Työn keskeisenä tavoitteena on kehittää ja uudelleen käyttöönottaa Arrow MT päivittäiseksi johtamistyökaluksi. Arrow MT:tä on yritetty ottaa käyttöön jo kerran aiemmin, mikä ei kuitenkaan onnistunut pääasiassa resurssipulan seurauksena. Tätä järjestelmää tarvitaan, koska työn tilaaja haluaa saada järjestelmän avulla taloudellista etua, tehostaa tuotantoa ja saada merkittävän kilpailuvaltin alati kiristyvillä markkinoilla.

Toimeksiantajalle tarve koneseurantajärjestelmästä syntyi lean-ajattelutavasta. Yritykseen on ajettu sisään lean-käytäntöjä, joiden tarkoituksena on vähentää hukkaa tuotannossa. Järjestelmän avulla lean-ajattelutapaa on haluttu viedä aiempaa pidemmälle. Arrow MT:n avulla voidaan muun muassa havaita pullonkauloja tuotantolinjastossa analysoimalla Arrow MT:n tuottamaa dataa ja näin ollen niihin voidaan puuttua. Nykypäivänä lean on välttämättömyys yrityksille menestyäkseen markkinoilla erityisesti tuotantoteollisuudessa.

Tavoitteen saavuttamiseksi on havaittu muutamia ongelmia, joihin ratkaisua ensisijaisesti haetaan. Tunnistettuja ongelmia ovat häiriöt päätelaitteissa, joihin koneseurantajärjestelmä on kytketty, Arrow MT:n toimintavarmuuden parantaminen, operaattoreiden uudelleen koulutus ja järjestelmän integrointi päivittäiseen käyttöön. Työn aloitusvaiheessa Arrow MT ei ole toiminnassa täydellä potentiaalillaan näyttöpääteongelmien vuoksi, vaan kerää pääasiassa dataa koneiden käytettävyydestä. Siksi operaattorit eivät koe järjestelmää työvälineenä, joka auttaisi heitä päivittäisessä työssään. Arrow MT:hen on liitetty kahdeksan konesolua.

Työn toteutus on jaettu kartoitus-, suunnittelu- ja toteutusvaiheeseen projektin kulun selkeyttämiseksi. Työn kartoitusvaiheeseen on kirjattu aiemmin havaittuja ongelmia. Lisäksi on kirjattu ongelmia, joita ei aiemman käyttöönoton aikana huomattu. Suunnitteluvaiheessa luotiin menetelmiä aiemmin kartoitettujen ongelmien ratkaisemiseksi. Toteutusvaiheessa laadittuja menetelmiä toteutetaan suunnitelman mukaisesti.

2 ARROW MACHINE TRACK

Arrow Machine Track on ARROW Engineering Oy:n kehittämä järjestelmä. Arrow Engineering Oy on kotimainen yritys, ja se on perustettu vuonna 1993 Jyväskylässä. Yhtiö kuuluu Protacon konserniin. Yritys suunnittelee, luo ja toteuttaa järjestelmäratkaisuja valmistavalle teollisuudelle. Arrow Engineeringin suunnittelemat järjestelmäratkaisut auttavat valmistavan teollisuuden yrityksiä tuotannon ja kunnossapidon operatiivisessa johtamisessa ja kehittämisessä. Arrow Engineeringin konsepti keskittyy pääasiassa tuottavuuden ja päivittäisjohtamisen parantamiseen. Tärkeä osa tätä konseptia on tiedon digitalisointi ja visuaalinen johtaminen. (ARROW Operational Excellence. 2017, linkki Yritys.)

ARROW Engineering tarjoaa viisi erilaista ratkaisua järjestelmineen valmistavan teollisuuden yrityksille. Näitä ovat (ARROW Operational Excellence. 2017, linkki Ratkaisut)

- GEMA, joka palvelee tuotannon ohjausta ja kehittämistä
- Novi, joka auttaa kunnossapidon hallinnassa ja kehittämisessä
- Andon, joka auttaa tuotantoa avunpyynnöissä ja raportoinnissa
- Shop Floor Manager, joka auttaa operatiivisen tuotannon päivittäisjohtamisessa, kuten tuotannon palaverissa
- 5S Audit, joka on valmis paketti 5S:n auditointikierroksen digitalisointiin.

Kuvassa 1 on osittain esitelty Arrow Engineering Oy:n tuottamia palveluita. Vihreällä maalatut laatikot ovat työn tilaajan käytössä. Arrow Engineering on jakanut älykkään valmistamisen malliasteikkonsa viiteen tasoon. Kuvassa 1 näkyy ainoastaan osa ensimmäisestä tasosta. Työn tilaajan tarpeisiin ovat riittäneet ensimmäinen tason palvelut, joista on valittuna tuotteen seuranta, pysähdyssyiden raportointi, koneseuranta ja läpimenoajan seuranta. (Ruonamaa 2019.)



KUVA 1. Työn tilaajan tilaamat palvelut (Ruonamaa 2019)

Tässä työssä käsitellään Arrow Machine Track -ratkaisua, josta on jalostettu modernimpi ja pidemmälle viety ratkaisu GEMA. GEMA-ratkaisu on uusi tuote, jota suunniteltaessa on hyödynnetty Arrow MT:n jo hyväksi todettua ideologiaa (Vuohelainen 2018). Työn tilaaja on katsonut Arrow MT:n olevan riittävä ratkaisu toimintansa tarpeisiin.

Arrow MT pohjautuu lean-ajattelutapaan. Tämän ratkaisun avulla voidaan vähentää hukkaa tunnistamalla pullonkauloja, vähentämällä vaihtelua, lisäämällä tuotantolinjan virtausta ja parantamalla tuottavuutta. Jotta tuottavuutta päästään parantamaan, tarvitaan luotettavaa tietoa. Arrow MT kerää dataa automaattisesti ja reaaliaikaisesti operaattoreita, tuotantokoneilta tai -linjoilta, joihin Machine Track on kytketty. (Arrow Machine Track. 2017.)

Arrow MT tarjoaa operaattoreille työkalun, jonka avulla on helppo kirjata havaittuja asioita suoraan järjestelmään (Arrow Machine Track. 2017). Havaittuja asioita voivat olla koneiden pysähtymisen, häiriöiden ja odotuksien syyt. Operaattoreiden kirjaama tieto heidän käyttöliittymään näyttöpäätteillä on arvokas lisä päivittäisjohtamisen tarpeisiin. Arrow MT voidaan tarvittaessa integroida vaivattomasti yrityksen muihin toiminnanohjausjärjestelmiin (Arrow Machine Track. 2017).

Arrow MT tarjoaa lukuisia ominaisuuksia, joista mainittakoon vain kohdeyritykselle tärkeimmät (Arrow Machine Track. 2017):

- Operaattorinäyttö antaa operaattoreille visuaalisen näkymän koneen tilasta. Näyttöpäätteessä olevaan käyttöliittymään tehdään varsinaiset kirjaukset.
- Tehdasnäyttö antaa visuaalisen näkymän koko tuotannosta konekohtaisesti. Lähihinä käytössä ainoastaan tuotannon esimiehillä.
- OEE / KNL mittaa tuotantolinjan tai -koneen kokonaistehokkuutta
- Raportointityökalulla voidaan luoda raportteja tuotteittain ja koneittain mittareita hyödyntäen. Toimii mainiona apuvälineenä myös palaveritea varten.

3 LAATU

Laatu on käsitteenä suhteellinen, moniulotteinen ja sen seurauksena vaikea hahmottaa (Lillrank 1998, 19). Laadusta on olemassa lukuisia erilaisia määritelmiä. Laatuakatemia (Laatuakatemia. 2010, linkki Laatusanasto) määrittelee laadun tuotannon laadukkaaksi toiminnaksi, jonka tuloksena syntyy laadukas hyödyke, joka saa aikaan odotettua vaikutavuutta ja hyvää asiakastyytyväisyyttä. Lipponen (1993, 218) määrittelee laadun asiakaskeskeiseksi, kuinka hyvin tuote täyttää asiakkaan odotukset ja vaatimukset.

Laadun voidaan osoittaa olevan keskeinen kilpailu- ja menestystekijä. Yleensä laatua pidetään tärkeimpänä kilpailutekijänä. Laadun vahvaa merkitystä kilpailutekijänä voi vähentää virheelliset lähtökohdat, asenteet ja kehittämisvälineet. Tämän lisäksi epävarmuutta voi aiheuttaa, jos laatua ei ole ymmärretty Total Quality Management -konseptin laajuudessa tai jos muutoin toimitaan liian lyhyen aikavälin toimenpiteillä. (Lipponen 1993, 189.)

3.1 Laadun näkökulmat

Lipponen (1993, 34) esittelee teoksessaan Garvinin ryhmittelemät viisi laadun näkökulmaa, joita ovat valmistus-, tuote-, arvo-, käyttäjäkeskeinen ja erinomainen laatu. Lillrank (1998, 28–39) tarkastelee laatua neljästä näkökulmasta, joita ovat tuotanto-, tuote-, asiakas- ja ympäristökeskeinen laatu. Nämä näkökulmat poikkeavat Lillrankin aiemmin laatimista näkökulmista, jotka olivat hyvin samankaltaiset kuin Garvinin laadun näkökulmat. Lillrank (1998, 28) mainitsee teoksessaan hänen aiemmin laatimansa näkökulmien olevan virheelliset, sillä arvo- ja kilpailukeskeinen laatu eivät kuulu muiden mukana samaan joukkoon. Lillrankin mukaan ne aiheuttavat väärinkäsityksiä sotkemalla laadun, hinnan ja segmentoinnin keskenään kilpailutekijöinä.

Valmistuskeskeinen laatu

Valmistuskeskeisen laadun määritelmä on yhdenmukaisuus, eli spesifikaation ja toteutuman suhde. Valmistuskeskeisessä laadussa tarkastellaan pääasiassa virheettömyyttä, joka on tämän laadun näkökulman keskeinen tavoite. Virheettömyyteen liittyvänä ongelmana on virheiden aiheuttamat kustannukset, kuten sosiaaliset, tekniset ja taloudelliset kustannukset. Luonnollinen mittari valmistuskeskeiselle laadulle on virheiden määrä. Se

voidaan ilmaista monella tapaa, kunhan se palvelee sen tarkoituksen mukaisuutta organisaatiolle. Esimerkiksi voidaan laskea virheellisten tuotteiden, komponenttien tai työvaiheiden määrää ja muuttaa se menetetyiksi valuutoiksi tai työtunneiksi. (Lillrank 1998, 29–30.)

Valmistuskeskeisen laadun keskeiset menetelmät liittyvät pitkälti virheiden löytämiseen ja tunnistamiseen. Prosessimaisessa tuotannossa diagnoosin tekemisessä auttaa tulosten tarkastelu suhteessa tavoitteeseen. Diagnoosin valmistuttua varsinainen ongelmanratkaisu perustuu kuitenkin tuotteen ja prosessin teknologiaan, eli ongelmaan ei voida puuttua ilman diagnoosia. Jotta ratkaisusta saadaan pysyvä hyöty, on menettelytavat standardoitava. (Lillrank 1998, 30.)

Tuotekeskeinen laatu

Tuotekeskeisen laadun määritelmä on maksimoitu suorituskyyky. Tällä näkökulmalla tarkoitetaan tuotteen tai palvelun mitattavia ominaisuuksia, esimerkiksi kuinka hyvin moottorin rakenneratkaisut, materiaalit ja energian kulutus suoriutuvat suhteessa suorituskyykyyn. Tuotekeskeinen laatu käsittelee erilaisia suorituskyykyjä ja niiden yhdistelmiä. (Lillrank 1998, 31–33.)

Tuotekeskeisen laadun näkökulma on luonnollista perua tekniikan kehittymisestä. Mikäli tieteen ja teknologian kehittyminen loppuisi, tuotekeskeinen laatu menettäisi merkityksensä, koska kaikki tuotteet ajautuisivat kohti ihanteellisia ratkaisuja ja näin ollen alkaisivat muistuttamaan toisiaan ja olisivat aivan yhtä hyviä. (Lillrank 1998, 33.)

Asiakaskeskeinen laatu

Asiakaskeskeisen laadun määritelmä on mitä tahansa asiakas ilmaisee sen olevan. Tavoitteena on aikaansaada niin hyvä tuote, joka tekee asiakkaan niin tyytyväiseksi, että hän valitsee saman tuotteen uudestaan joka kerta. Asiakkaan tarpeet saavat alkunsa odotuksista. Odotusten ja toteuman keskinäinen vertaaminen luo laatumielikuvan. Asiakas on taloudellinen toimija, joka tähtää maksimoimaan oman hyötynsä. Tästä syystä asiakaskeskeisessä laadussa tuotteen tai palvelun hinta toimii tärkeänä elementtinä. Laatu ei tässä tapauksessa tarkoita tuotteen erinomaisuutta vaan hinta-tarvesuhteeseen

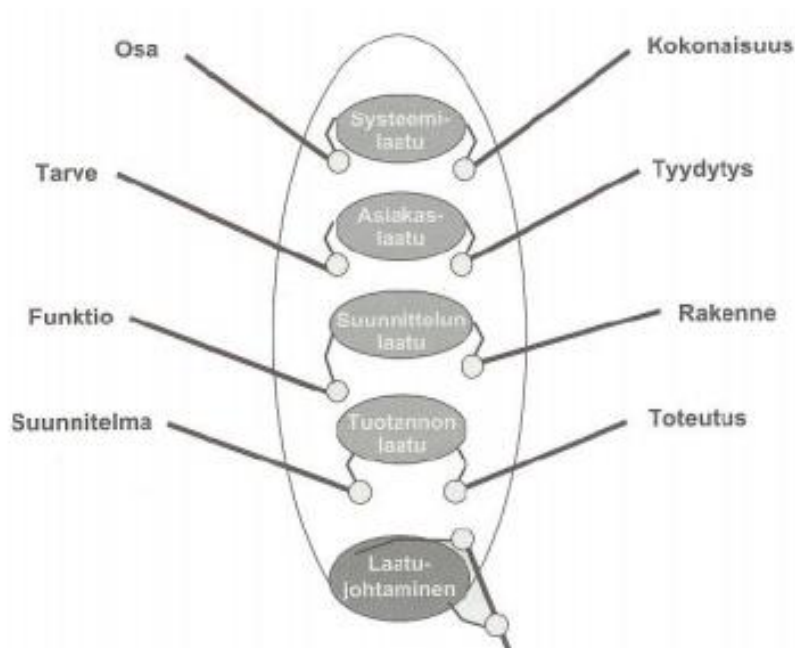
mahtuvien ominaisuuksien kokonaisuutta. (Lillrank 1998, 34–36.) Toisin sanoen se tarkoittaa, täyttääkö tuote tai palvelu asiakkaan tarpeet ja onko asiakas valmis maksamaan siitä. Lillrankin asiakaskeskeinen laatu muistuttaakin hyvin paljon Lipposen (1993, 218) esittämää laadun määritelmää.

Ympäristökeskeinen laatu

Ympäristökeskeisen laadun määritelmä on ekologinen ja yhteiskunnallinen sopivuus. Ympäristökeskeisessä laadussa tarkastellaan tuotteen asiakkaassa aikaansaattua tarpeentyydytystä suhteessa muiden sidosryhmien tarpeisiin. Tämä laadun määritelmä koostuu pääasiassa sidosryhmistä, jotka eivät valmista, suunnittele eivätkä välttämättä käytä tuotetta. Näitä sidosryhmiä voivat olla virkamiehet ja poliitikot, joihin voivat vaikuttaa aktivistit, järjestöt ja yleinen mielipide, johon media kykenee vaikuttamaan voimakkaasti. Merkittävin sidosryhmä lienee kuitenkin rahoittajat. He eivät välttämättä halua puuttua laadullisiin yksityiskohtiin, mutta vaativat heidän rahoilleen kannattavaa vastinetta. (Lillrank 1998, 37.)

Laadun kokonaisuus

Lillrank kuvaa ”Laadun kirkkovenettä” alukseksi, jossa jokaisen aioparin suhde vie yrityksen laatujohtamista eteenpäin kohti virheettömyyttä, tehokkuutta, tyytyväisyyttä ja optimointia. (Lillrank 1998, 39.) Laatua on vaikea määrittää, mutta aiemmin esitettyjen Lillrankin muodostamien näkökulmien avulla voidaan muodostaa kattava kokonaisuus. Jokainen laadun näkökulma perustuu kahden tekijän keskinäiseen suhteeseen, joka on havainnollistettu kuvassa 2.



KUVA 2. Laadun kirkkoveine (Lillrank 1998, 39)

3.2 Laatukustannukset

Sanotaan, että laatu maksaa mutta laaduttomuus vasta maksaakin. Teoksissaan Lipponen (1993, 17) ja Laatuakatemia (2010, [linkki Laadun kustannukset](#)) viittaavat useaan lähteeseen ja osoittavat, että toiminnan laadulla saadaan merkittävästi alhaisemmat kokonaiskustannukset. Yritykset menettävät jopa 10–40 % liikevaihdostaan laatukustannuksina virheiden tekemiseen ja niiden korjaamiseen. Korjattavia virheitä voivat olla puutteiden korjaaminen, viallisten tuotteiden hylkääminen, yrityksen sisäisten ristiriitojen selvittäminen ja reklamaatioiden hoitamisen.

Lipposen (1993, 17) viittaamien tutkimuksien mukaan hyvin johdetulla yrityksellä laatukustannukset voivat olla jopa alle 2,5 % liikevaihdosta. Tällöin panostetaan pääasiassa ennaltaehkäisevään toimintaan ja valvontaan, joita virheetön toiminta ja laadun ylläpito vaativat. Näin ollen voidaan todeta, että yrityksen kannattavimpia investointeja ovat laatuinvestoinnit.

Laatuakatemia (2010, [linkki Laadun kustannukset](#)) viittaa yhteen maineikkaaseen laadunkehittäjiin kuuluneeseen Joseph Juraniin, jonka mukaan laatukustannuksia aiheuttavat

- ennaltaehkäisevän toiminnan kustannukset
- valvontakustannukset
- virhekustannukset, jotka jaetaan sisäisiin ja ulkoisiin virhekustannuksiin.

Ennaltaehkäisykustannukset koostuvat kaikkien niiden toimintojen kustannuksista, joiden on tarkoitus vähentää tai estää kokonaan vikojen ja virheiden syntyminen jalostavassa työssä. Suuri osa ennaltaehkäisykustannuksista koostuu laatukoulutuksista. Toinen merkittävä kuluerä voi olla laatujärjestelmän luominen. (Laatuakatemia. 2010, linkki Laadun kustannukset.)

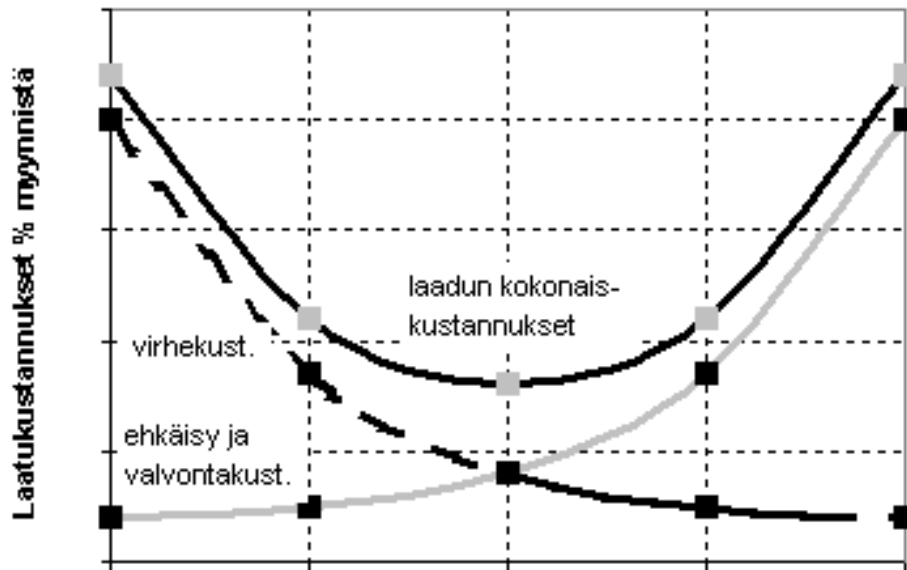
Valvontakustannukset ovat peräisin suoritetuista tarkastuksista, testeistä ja muista suunnitelluista arvioinneista, joiden avulla arvioidaan täyttääkö tuote sille asetetut kriteerit. Valvontakustannukset mielletään usein prosessinohjauskustannuksiksi, jottei niitä sekoitetaisi varsinaisten valvontatehtävien kuten poliisitoimien kanssa. (Laatuakatemia. 2010, linkki Laadun kustannukset.)

Sisäiset virhekustannukset rakentuvat laatuvirheistä johtuvista kustannuksista, jotka havaitaan ennen tuotteen toimitusta asiakkaalle. Näitä kustannuksia voivat olla jäte, romu ja uudelleen tekemisestä koostuvat kustannukset. (Laatuakatemia. 2010, linkki Laadun kustannukset.)

Asiakkaan tuotteessa tunnistamien puutteiden aiheuttamia kuluja kutsutaan ulkoisiksi virhekustannuksiksi. Ne koostuvat pääasiassa takuukorjauksista ja menetetyn maineen vaikutuksesta myyntiin. (Laatuakatemia. 2010, linkki Laadun kustannukset.)

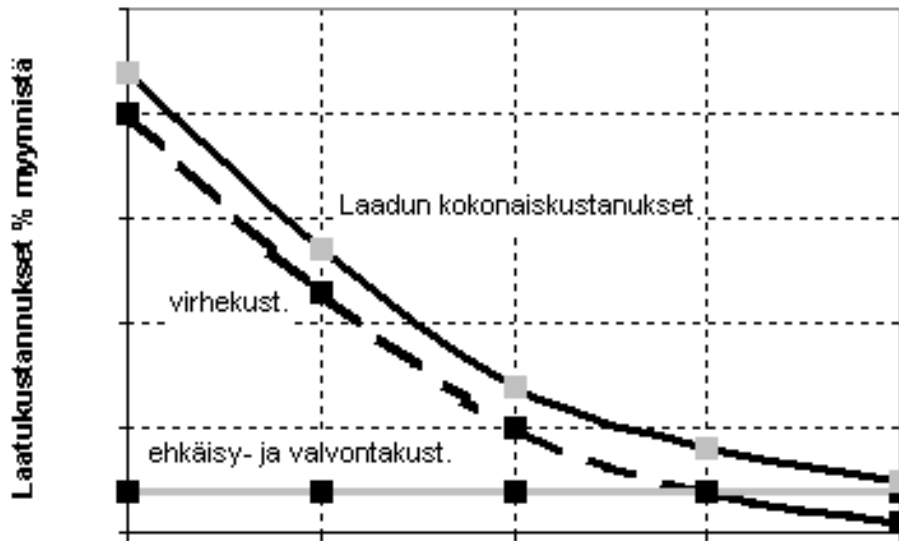
Laatukustannusmallit

Laatukustannusmalleja on kaksi erilaista, klassinen (kuva 3) ja uudistettu malli. Klassisessa mallissa laadun kokonaiskustannukset muodostavat U-käyrän. Kun ehkäisy- ja valvontakustannukset kasvavat, samaan aikaan virhekustannukset pienenevät. Näiden kahden kustannuskäyrien leikkauskohtaa kutsutaan laadun optimaaliseksi tasoksi, jossa laadun kokonaiskustannukset ovat pienimmillään. Ehkäisy- ja valvontakustannusten edelleen nostamisesta seuraisi yllälaatu. (Laatuakatemia. 2010, linkki Laadun kustannukset.)



KUVA 3. Klassinen laatukustannusmalli (Laatuakatemia. 2010, linkki Laadun kustannukset)

Klassisen laatukustannusmallin tueksi on kehitetty nykypäivän prosessikeskeisyyttä paremmin vastaava uudistettu laatukustannusmalli (kuva 4). Uuden laatukustannusmallin käyttöönotto edellyttää laatu kypsyyssvaiheiden läpikäymistä ja laadun syvällistä omaksumista yrityksen sisällä. Uudistettu malli eroaa klassisesta myös niin, että lisääntyvä laatu ei välttämättä maksa sen enempää, kun se viedään prosessiin ja suhtaudutaan laadun tekemiseen myös asennekysymyksenä. Tämän lisäksi valvontakustannukset säilyttävät aiemman tasonsa, kun laadun mittaamiseen ja valvontaan liittyvät investoinnit ja asetukset ovat tehty. Tämä on seurausta osittain siitä, että nykyisin automaatio huolehtii suurimmasta osasta valvontatehtävistä. (Laatuakatemia. 2010, linkki Laadun kustannukset.)



KUVA 4. Uudistettu laatukustannusmalli (Laatuakatemia. 2010, linkki Laadun kustannukset)

3.3 ISO 9000- ja 9001 -laatustandardit

ISO on maailmanlaajuinen kansallisten standardisoimisjärjestöjen liitto (SFS-EN 9000. 2015, 4). ISO 9000:n keskeisenä tarkoituksena on auttaa käyttäjää ymmärtämään laadunhallinnan käsitteet, periaatteet ja sanasto. Tämän avulla käyttäjä kykenee ottamaan laadunhallintajärjestelmän käyttöön tehokkaasti ja hyödyntämään muiden laadunhallintajärjestelmästandardien arvoja kuten ISO 9001. Laatujärjestelmä tarkoittaa laadun aikaansaamista organisaation käytössä olevien osien, vastuunjakojen, proseduurien, prosessien ja resurssien avulla (Lillrank 1998, 132). Standardia voidaan soveltaa kaikkiin organisaatioihin riippumatta niiden koosta tai liiketoimintamallista. Standardin tavoitteena on lisätä organisaatioiden tietoisuutta velvollisuuksistaan ja parantaa sitoutumista asiakkaiden ja sidosryhmien tarpeiden ja odotuksien täyttämiseen. (SFS-EN 9000. 2015, 5.)

ISO 9000 perustuu seitsemään laadunhallinnan periaatteeseen, joita ovat (SFS-EN 9001. 2015, 6)

- asiakaskeskeisyys
- johtajuus
- ihmisten täysipainoinen osallistuminen
- prosessimainen toimintamalli

- parantaminen
- näyttöön perustuva päätöksenteko
- suhteiden hallinta.

ISO 9001-, 9002- ja 9003-standardit ovat malleja laadunvarmistusta varten ostajan ja myyjän välisissä tilanteissa, toisin sanoen ulkoisessa laadunvarmistuksessa. Näistä ISO 9001 -laatustandardi on laajin ja kattaa suunnittelun ja sen jälkeiset vaiheet, tuotekehityksen, ostot, prosessin valvonnan, tarkastukset, toimitukset, koulutuksen ja huollon. ISO 9002- ja 9003-laatustandardit ovat samankaltaisia kuin edellä mainittu ISO 9001, mutta huomattavasti suppeampia. Näistä ISO 9003 on kaikkein suppein. (Lipponen 1993, 60.)

ISO 9001-, 9002- ja 9003-laatustandardien saapumisen myötä, asiakkaat ovat alkaneet vaatia sertifioituja laatujärjestelmiä. Alati kiristyvillä markkinoilla yritykset ovat joutuneet pakon sanelemana panostamaan laadunvarmistukseen. Samalla kuitenkin on oivallettu laatuun panostamisen olevan yksi kannattavampia investointeja, joita organisaatio voi tehdä. (Lipponen 1993, 71.)

3.4 Total Quality Management (TQM)

TQM on kokonaisvaltaista laadunhallintaa, joka perustuu olettamuksiin laadun merkityksestä kilpailukykyyn ja laadun aikaansaantiin parhaita toimintatapoja hyödyntäen (Lillrank 1998, 169). TQM on asiakaskeskeistä toimintaa (Lecklin 2006, 79).

TQM:n isänä pidetään William Edwards Demingiä, yhtä laatujohtamisen suurmiehistä. TQM on saavuttanut laajan jakauman ja on ISO 9000 -standardin avulla saanut kansainvälisesti standardisoituneen aseman. TQM edustaa kokonaisvaltaista muutosta kaikilla organisaation tasoilla ja sen kulttuurissa. Deming kuitenkin korostaa erityisesti koko henkilöstön panoksen tärkeyttä TQM-filosofian tuomisessa organisaation kulttuuriin. Demingin mukaan organisaatiossa täytyisi hävittää esteet työntekijöiden luovuuden toteuttamiseksi varten. Laadun jatkuvan kehittämisen tueksi Deming muovasi oppinsa 14 teesiksi. (Laatuakatemia. 2010, linkki TQM):

1. Sitoudutaan pitkäjänteiseen työhön ja aseta laadun kehittäminen pysyväksi päämääräksi. Ollaan kärsivällisiä, sillä se voi viedä aikaa jopa vuosia.

2. Omaksutaan laadun parantaminen uutena filosofiana. Tehdään kerralla oikein, eli keskitytään virheiden ehkäisyyn virheiden korjaamisen sijaan. Näin saadaan laadun parantaminen toteutettua parhaiten ja taloudellisesti.
3. Lakataan luottamasta pelkkään lopputuotteen tarkastamiseen laadun saavuttamiseksi. Integroidaan laadun parantaminen koko toimintaprosessiin.
4. Lopetetaan keskittyminen pelkkään laadun parantamisen hintaan, keskitytään kokonaiskustannuksiin. Huono laatu aiheuttaa lisäkustannuksia kaikilla tuotannon tasoilla ja aiheuttaa suuremmat kokonaiskustannukset.
5. Parannetaan jatkuvasti kaikkia toimintaprosesseja. Tähän sopii Demingin jatkuvan kehityksen kehä (PDCA): Plan, Do, Check, Act. Kaikki kehittäminen koostuu suunnittelusta.
6. Henkilöstöä tulee kehittää ja kouluttaa. Työntekijät ovat yrityksen tärkein voimavara. Laatutoiminta on oppimista ja laatu on osaamista.
7. Järjestelmän osat on saatava toimimaan kohti samaa päämäärää. Prosessien kehittäminen tapahtuu parhaiten siellä, missä tuotteet valmistetaan. Demingin mukaan useimmat työntekijät haluavat työskennellä hyvin, mutta huonosti johdetut järjestelmät estävät sen.
8. Poistetaan pelko. Luodaan avoin ilmapiiri, joka herättää luottamusta ja turvallisuutta. Pelko voi johtaa huonon laadun piilottamiseen.
9. Murretaan osastojen väliset rajat. Eri osastojen välinen kilpailu todennäköisesti pilaa mahdollisuuden menestyä. Rinnakkainen ja päällekkäinen toiminta tuhlaa resursseja ja poistaa auttamisen mahdollisuuden osastojen välillä.
10. Ei johdeta iskulauseilla. Iskulauseet, joissa kehoitetaan työntekijää tekemään työnsä paremmin, voivat loukata ja hän on valmis työhön ilman iskulauseitakin. Johdon on luotava edellytykset toiminnalle ja rohkaistava työntekijöitä kehittämään itseään.

11. Ei keskitytä määrällisiin tuotantotavoitteisiin. Se ei yksinään toimi laadun parantamisen lähtökohtana. Kiinnitetään huomio siihen, että prosessit toimivat hyvin.
12. Poistetaan esteet ammattiylpeydeltä ja annetaan tälle mahdollisuus. Työntekijöillä on luontainen halu tehdä työnsä hyvin. Ammattiylpeyden he voivat saavuttaa, kun he voivat toteuttaa itseään ja kykenevät suoriutumaan vaativista ammatillisista tehtävistä.
13. Suositetaan jatkuvaa oppimista. Koulutusmahdollisuuksia tarjoava organisaatio ilmaisee kiinnostuksensa työntekijöitä kohtaan ja henkilöstön kehittämisen tärkeyden organisaatiolle.
14. Laitetaan kaikki työskentelemään muutoksen aikaansaamiseksi. Tämä vaatii paljon johtajilta, joiden tulee seurata yllä olevia kohtia tarkasti ja poistaa esteet aktiivisuuden ja luovuuden toteutumiselta.

3.5 Lean

Lean voidaan kuvata lyhyesti: tehdään enemmän tekemällä vähemmän. Lean-ajattelutavassa on tarkoituksena siirtyä keskeytymättömään toimintaan ja täydelliseen laatuun. (Bicheno – Holweg 2016, 1.)

Lean-ajattelutavan syntymäpaikkana pidetään Toyotan tehdasta Japanissa ja sen luoja Taiichi Ohnoa, joka sai tehtäväkseen parantaa tehtaan tuottavuutta. Ohno toi yritykselle merkittävän sysäyksen kohti TPS:än kehitystä, Toyota Production Systemiä. Toyotan omaa sisäistä tuotantofilosofiaa, joka tuli myöhemmin tunnetuksi maailmanlaajuisesti ylivertaisuutensa ansiosta. (Liker 2006, 319).

Leanin keskeisin ja ehkä tunnetuin ajatustapa on kaiken arvoa tuottamattoman työn minimointi. Organisaation tehtävä on tuottaa arvoa itselleen ja asiakkaille, eli asiakas- ja tuottajatytytyväisyyden maksimointi. Tätä arvoa voidaan maksimoida, kun minimoidaan hukkatyö. Kaikki tuotannon läpimenoajat kattavat arvoa lisäävää ja arvoa lisäämätöntä työtä. Arvoa lisäävä työ on kaikki työ, josta asiakas on valmis maksamaan. Arvoa lisäämätön työ on vastakohta, eli työtä, josta asiakas ei ole valmis maksamaan. (Lean. Quality Knowhow Karjalainen Oy.)

Muda, Mura ja Muri

Toyota on tunnistanut 7+1 lisäarvoa tuottamattoman hukan päätyyppiä valmistusprosesseissa. Näitä hukan päämuotoja kutsutaan Mudaksi. Toyota on kuvannut hukan luokat seuraavanlaisesti (Liker 2006, 28–29):

1. Ylituotanto tarkoittaa, että tuotetaan tarpeettomasti osia, joita ei tarvita tai ole tilattu, mikä aiheuttaa tarpeettomia henkilöstö- ja varastointikuluja.
2. Odottelu tarkoittaa esimerkiksi työntekijöiden odottelua, joka voi johtua pullonkauloista tuotannossa, varaston loppumisesta, tietyn komponentin puuttumisesta ja välineistön sammuttamisesta.
3. Tarpeeton kuljettelu on kaikki kuljettelu, jossa kuljetetaan materiaaleja ja osia varastosta tai prosessista toiseen.
4. Ylikäsittely tai virheellinen käsittely tarkoittaa ylimääräisten vaiheiden suorittamista osia käsiteltäessä tai tuottamatonta käsittelyä huonokuntoisen työkalun tai työsuunnittelun takia, mikä aiheuttaa tarpeetonta liikkumista ja virheitä tuotteeseen. Tämän lisäksi liian laadukkaiden tuotteiden valmistaminen aiheuttaa hukkaa.
5. Tarpeettomat varastot, joita aiheuttavat liika raakamateriaalia, suuret eräkoot ja keskeneräinen tuotanto. Valmiiden tuotteiden pitkäaikainen varastointi aiheuttaa lisäkustannuksia. Tuotteet vanhenevat varastoon ja pääoma on kiinni varastoissa. Tämän lisäksi tarpeettomat varastot voivat kätkeä ongelmia, kuten tuotannon epätasapainon, myöhästyneitä toimituksia alihankkijoilta ja vikatilanteita.
6. Tarpeetonta liikkumista on kaikki ylimääräinen liike, jota työntekijä joutuu tekemään työn suorittamiseksi. Ylimääräisiä liikkeitä voivat olla työkalujen tai osien etsiminen, kurkottelu ja jopa kävely.
7. Viat ovat laatuvirheiden tuottamista tai korjaamista. Viat aiheuttavat tarpeetonta käsittelyä, materiaalien kulutusta, hukattua aikaa ja turhaa työskentelyä.

8. Työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen tarkoittaa työntekijöiden kykyjä ja parannusehdotuksia huomiotta jättämistä. Lisäksi jää hyödyntämättä hiljainen tieto eli käytännön kokemus.

Muri on ihmisten ja laitteiden ylikuormittamista. Ihmisen ylikuormittaminen voi aiheuttaa turvallisuus- ja laatuongelmia. Laitteiden ylikuormittaminen aiheuttaa vikoja, katkoksia ja sitä kautta seisakkeja. (Liker 2006, 114.)

Mura on epätasaisuutta tai epätasapainoa organisaation toiminnassa. Tämän ajatellaan usein aiheutuvan Mudan ja Murin seurauksena. Mura auttaa havaitsemaan läpimenon esteitä eli pullonkauloja. Epätasaisuus voi aiheutua laiterikkojen, osien puuttumisen ja vikojen takia, mikä aiheuttaa tuotantomäärien vaihtelua. (Liker 2006, 114.)

Mudaan keskittyminen on yleisin tapa organisaatioilla ottaa lean-työkaluja käyttöön, koska hukan tunnistaminen ja eliminointi on helppoa. Tämän lisäksi Mudaa on helppo ymmärtää. Kuitenkin monet organisaatiot epäonnistuvat tasaisuuden luomisessa eli Murissa ja Murassa. (Liker 2006, 115.)

On hyvä muistaa, että Muda, Muri ja Mura eivät toimi yksinään, vaan ovat kokonainen paketti, jonka täytyy olla tasapainossa keskenään. Esimerkiksi Muri ja Mura todennäköisesti aiheuttavat Mudaa, vaikka hukkaa olisi jo aiemminkin poistettu.

3.6 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE on osa Total Productive Maintenance (TPM) -ajattelutapaa, eli tuottavaa kunnossapitoa. TPM:ssä on paljon samaa kuin aiemmin esitellyssä TQM:ssä. Molemmat liittyvät elinkaariin ja tähtäävät ennaltaehkäisyyn. (Bicheno – Holweg 2016, 129.) OEE toimii osana valmistuksenohjausjärjestelmää MES:ää, jonka avulla OEE-arvo lasketaan.

OEE, eli KNL (Käytettävyys, Nopeus, Laatu) on mittari, joka ilmaisee tuotannon kokonaistehokkuuden prosentuaalisesti. OEE-arvo saadaan kertomalla yhteen Käytettävyys x Nopeus x Laatu. (Bicheno – Holweg 2016, 130.) 100-prosenttinen OEE-arvo tarkoittaisi, että tuotanto valmistaisi ainoastaan hyviä tuotteita niin nopeasti kuin mahdollista ja ilman seisakkeja (Overall Equipment Effectiveness. 2018).

Käytettävyys

Käytettävyys saadaan laskettua jakamalla toteutunut käyntiaika suunnitellulla tuotantoajalla, jossa esimerkiksi (Bicheno – Holweg 2016, 130)

- työvuoron pituus – tauot = suunniteltu tuotantoaika
 - 480 min – 60 min = 420 min
- suunniteltu tuotantoaika – seisokkiaika = toteutunut käyntiaika
 - 420 min – 46 min = 374 min.

Käytettävyiden arvoksi saadaan $374 \text{ min} / 420 \text{ min} \approx 89 \%$.

Nopeus

Nopeus saadaan laskettua jakamalla toteutunut tuotantomäärä ihanteellisella tuotantomäärällä eli maksiminopeudella saavuttavissa olevalla tuotantomäärällä, jossa esimerkiksi (Bicheno – Holweg 2016, 130)

- toteutunut tuotantomäärä on 480 kappaletta
- ihanteellinen tuotantomäärä on 550 kappaletta.

Nopeuden arvoksi saadaan $480 \text{ kpl} / 550 \text{ kpl} \approx 87 \%$.

Nopeuden arvo voidaan laskea myös seuraavasti (Overall Equipment Effectiveness. 2018):

- (optimi työnopeus per tuote x toteutunut tuotantomäärä) / toteutunut käyntiaika, jossa esimerkiksi
 - optimi työnopeus 45 sek = 0,75 min per tuote
 - toteutunut tuotantomäärä 480 kappaletta
 - toteutunut käyntiaika 374 min.

Nopeuden arvoksi saadaan $(0,75 \text{ min} \times 480 \text{ kpl}) / 374 \text{ min} \approx 96 \%$.

Laatu

Laatu saadaan laskettua jakamalla hyväksytty tuotanto toteutuneella tuotannolla, jossa esimerkiksi (Bicheno – Holweg 2016, 130)

- hyväksytty tuotanto on 460 kappaletta

- toteutunut tuotanto on 480 kappaletta.

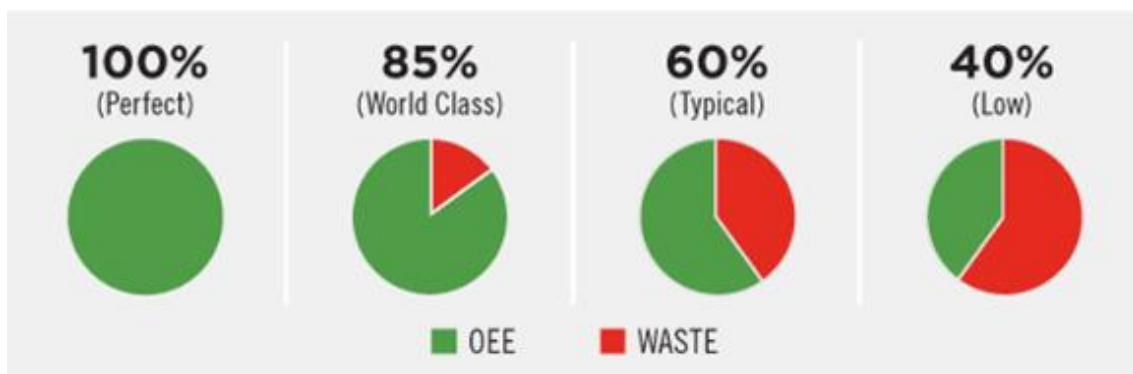
Laadun arvoksi saadaan 460 kpl / 480 kpl $\approx$ 96 %.

Näin ollen lasketuilla arvoilla saadaan laskettua OEE-arvo:

- $OEE = \text{Käytettävyys (89 \%)} \times \text{Nopeus (87 \%)} \times \text{Laatu (96 \%)} \approx 74 \%$.

74 %:n tulos olisi jo vähintäänkin tyydyttävä, varsinkin jos OEE-mittaus on uusi käytäntö organisaatiossa. Kuitenkin saadulla arvolla voidaan päätellä, että prosessissa on paljon potentiaalia kehitykseen.

Kuvasta 5 näkyy, että 85 %:n arvolla saavutetaan maailmanluokkaa-taso, jota moni organisaatio pitää sopivana pitkäaikaisena tavoitteena. Näitä yrityksiä pidetäänkin jo todella tehokkaina toimijoina. (Bicheno – Holweg 2016, 130; Overall Equipment Effectiveness. 2018)



KUVA 5. OEE vertailuarvot (Overall Equipment Effectiveness. 2018)

OEE-mittaukseen liitetään myös kuusi merkittävää tuotantohävikkiä, joita yleisesti kutsutaan nimellä "The Six Big Losses". OEE:n kolme osatekijää ovat jakautuneet kuuteen suureen hävikkiin. Tämän avulla voidaan kohdistaa parannustoimia tuotannossa. (Bicheno – Holweg 2016, 130.) Kuva 6 kiteyttää kuuden suuren hävikin kytköksen kokonaistehokkuuteen.



KUVA 6. "The Six Big Losses" ja niiden kytkös kokonaistehokkuuteen (Kauppinen 2012, 12)

4 TUOTANNONOHJAUS

Tuotannonohjaus määritellään menetelmäksi, jonka avulla organisaatiot pyrkivät ohjaamaan tuotantoaan. Tuotannonohjauksen tavoitteena on tilaustuotteiden valmistaminen kustannustehokkaasti niin, että samalla täytetään laadun, määrän ja toimitusajan vaatimukset ja asiakkaan joustava palveleminen. Tuotannonohjauksen keskeisen tehtävä on organisaation tuotantostrategian toteuttaminen. Se toimii organisaation työvälineenä toiminnan suunnitteluun, ohjaukseen ja valvontaan. (Tuotannonohjaus. 2018.)

Myös aiemmin esitelty lean on tuotannonohjausta. Lean-ajattelutapa ja lean-työkalut sekä tuotannonohjausjärjestelmä pyrkivät samaan eli häiriöttömään tuotantoon, lyhyeen läpimenoaikaan ja tarpeettomien varastojen välttämiseen. (Ohjausjärjestelmät. 2019.)

4.1 Lean-tuotannonohjaustyökaluja

4.1.1 Kanban

Kanbanilla usein tarkoitetaan imuohjausta, sillä imuohjaus yleensä toteutetaan Kanban-ohjauskorttien avulla. Näitä ohjauskortteja voivat olla tyhjät laatikot, kärryt, erilaiset kyltit, kortit, taulut tai laatat. Tähän voidaan yhdistää myös Just In Time (JIT)-periaate, joka tuli tunnetuksi jo ennen varsinaista lean-ajattelutapaa. JIT on asiakaslähtöistä imua ja täydentämistä, jossa materiaalia valmistetaan ja siirretään vain todellisen tarpeen mukaan. JIT:n tavoitteina ovat nollavarastot, virheettömyys, nopea läpäisy aika ja virtautettu, joustava tuotanto. (Liker 2006, 106–107; JIT ja imuohjaus.)

Imuohjauksen kehitys Toyotalla alkoi japanilaisten toimesta heidän vieraillessaan Yhdysvalloissa 1950-luvulla paikallisessa supermarketissa, joka oli hyvä esimerkki imuohjauksesta. Tuon aikaisessa teollisessa tuotannossa oli tyypillistä, että varastoja täytetään hyvin pitkälti aikataulutuksen mukaisesti. Japanilaiset oivalsivat, että marketissa hyllyjä täytetään vain silloin, kun asiakkaat tavaraa ostavat, eli hyllyjä täytettiin vain kysynnän mukaan pienen varaston avulla. (Liker 2006, 106–107.)

4.1.2 Heijunka

Heijunka on tuotannon aikataulun tasapainottamista määrän ja valikoiman suhteen. Heijunkan tarkoituksena on pitää tuotantojärjestelmä vakaana ja varastot pieninä. Esimerkiksi suuret volyymin vaihtelut joidenkin tuotteiden kohdalla aiheuttavat vajetta muiden tuotteiden kustannuksella, ellei järjestelmään lisätä suurikokoisia varastoja mahdollisia kysyntäpiikkejä varten. Tämä puolestaan olisi ristiriidassa lean-ajattelutavan kanssa. (Liker 2006, 32.)

4.1.3 Jidoka

Jidokan periaate on sisäänrakennettu laatu, joka tuo ongelmat esille. Valmistusprosessiin tarvitaan menetelmä, jonka avulla vikoja havaitaan ja tuotanto voidaan pysäyttää niin, että työntekijä voi korjata havaitun vian ennen kuin se etenee pidemmälle prosessissa. Ongelmien pääsyn estoa pidemmälle tuotantolinjalla kutsutaan välittömäksi laaduksi. Tämä on huomattavasti tehokkaampi ja taloudellisempi vaihtoehto kuin laatutarkastukset ja korjaaminen myöhemmin. (Liker 2006, 129–130.)

4.1.4 Andon

Andon on visuaalista ohjausta valojen ja äänien avustamana, joilla pyydetään apua laatuongelman ratkaisemiseen tuotantolinjalla. Andonin avulla voidaan toteuttaa Jidokaa, jolloin ongelma korjataan saman tien eikä ongelma pääse pidemmälle tuotantolinjalla. Toyotan tehtaalla Andonia kutsutaan paikkakohtaiseksi linjanpysäytysjärjestelmäksi. Kun työntekijä painaa työasemallaan Andon-nappia, tulee työnjohtaja paikalle arvioimaan tilannetta. Työnjohtaja arvioi, voiko ongelman korjata saman tien, vai samalla kun linja liikkuu, vai joudutaanko linja pysäyttämään paikkakohtaisesti. Toyotan tehtailla on pienet puskurivarastot kokoonpanolinjojen segmenttien välillä, joiden avulla torjutaan koko tuotantolinjan pysähtyminen. (Liker 2006, 130–131.)

4.2 Toiminnanohjausjärjestelmä

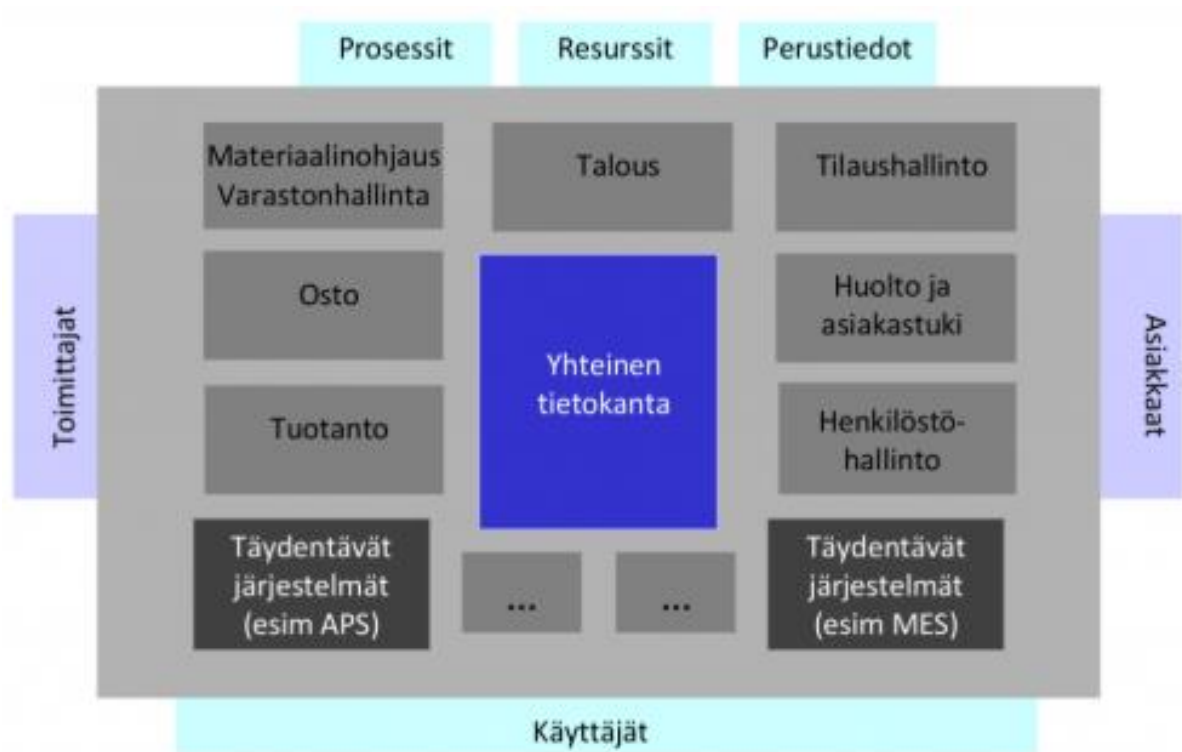
Toiminnanohjaus kattaa koko organisaation tilaus-toimitusketjun ohjauksen (Martinsuo – Mäkinen – Suomala – Lyly-Yrjänäinen 2016, 139). Toiminnanohjauksesta puhuttaessa tarkoitetaan usein ERP:tä (Enterprise Resource Planning), toiminnanohjausjärjestelmää.

Toiminnanohjauksen keskeisin tehtävä on organisoida ja ohjata organisaation tilaus-toimitusketjun toimintaa, samalla täyttäen tuotannon määrittämät tavoitteet, kuten laatu ja kustannustehokkuus. (Martinsuo ym. 2016, 139.) Kun ERP-ratkaisu saadaan toteutettua asianmukaisesti, se lisää organisaation tehokkuutta, suorituskykyä ja kannattavuutta (7 Common Questions About ERP Software. 2019)

Vaikka toiminnanohjausjärjestelmät ovat lähes välttämättömiä nykypäivän liiketoiminnassa, on ERP:hen kohdistettu myös kritiikkiä. Järjestelmän integrointi organisaation käyttöön on usein haastavaa. Se on lähes poikkeuksetta työlästä ja kallista. Muita havaittuja ongelmia yrityskäytössä ovat järjestelmän joustamattomuus jatkuvassa muutoksessa ja sen kehittämättömyys yrityksen toiminnan muuttuessa. Lisäksi ohjausjärjestelmä ei kykene tukemaan hiljaisen osaamisen ja kokemuseräisen tiedon hyödyntämistä. ERP-järjestelmät toimivat organisaatioiden suunnittelu- ja toimintatasolla. (Karjalainen – Blomqvist – Suolanen 2001, 4–6.)

Organisaatioiden toiminnanohjausjärjestelmällä ei tarkoiteta pelkästään organisaatioiden käytössä olevaa ERP-järjestelmää. ERP-järjestelmän ohella on usein oheisohjelmistoja, jotka tukevat ERP:n käyttöä ja saadaan aikaan järjestelmäkokonaisuus ja kattava toiminnanohjausjärjestelmä. ERP yhdistää organisaation keskeiset toiminnot, kuten valmistuksen, jakelun ja resurssit yhdeksi järjestelmäksi. Usein ERP:n rajapintaan liittyy materiaalin tarvelaskennan järjestelmä, MRP (Manufacturing Resource Planning) ja myös myöhemmin esiteltävä valmistuksenohjausjärjestelmä, MES (Manufacturing Execution System). (Karjalainen ym. 2001, 6–7; 7 Common Questions About ERP Software. 2019)

Kuvassa 7 on havainnollistava esimerkki ERP-järjestelmän yhdistämisestä toiminnoista ja sidosryhmistä. Yhteistä tietokantaa käyttävät kaikki organisaation toiminnot. Joten on ensisijaisen tärkeää, että saatavilla oleva tieto on validia ja ajantasaista. (Toiminnanohjausjärjestelmä. 2019)



KUVA 7. ERP:n yhdistämät toiminnot (Toiminnanohjausjärjestelmä. 2019)

Toiminnanohjauksen vaiheistus

Toiminnanohjauksessa on toimialan ja yrityksen mukaisesti erilaisia vaiheistuksia. On kuitenkin tavallista yksilöidä toisistaan ainakin kokonaissuunnittelu, karkeasuunnittelu ja hienosuunnittelu. (Martinsuo ym. 2016, 139.)

Kokonaissuunnittelu on tuotannon kokonaisvolyymien, resurssitarpeen, varastojen ja muiden hankintojen pitkän aikajänteen tavoitteiden ja toimenpiteiden suunnittelua. Kokonaissuunnittelun keskeisin tehtävä on varmistaa, että kokonaisvolyymi vastaa kokonaiskysyntää. Kokonaissuunnittelu toimii oivana pohjana joka vuotisiin budjetoiteihin ja voi antaa organisaatiolle arvokasta tietoa mahdollisia kapasiteetti- ja resurssimuutoksia varten. Kokonaissuunnittelussa tuotetut tiedot toimivat karkea- ja hienosuunnittelun lähtötietoina. (Martinsuo ym. 2016, 143.)

Karkeasuunnittelussa viedään kokonaissuunnittelussa tuotetut tiedot yksityiskohtaisemmiksi tuotantoerien tasolle ja sen toteutus aikataulutetaan. Karkeasuunnittelun aikajänne on tavallisesti muutaman viikon mittainen. Karkeasuunnittelulla on kolme keskeistä

tehtävää. Tuotannon aikataulun suunnittelu, resurssien käytön suunnittelu ja toimituskyvyn suunnittelu karkealla tasolla. (Martinsuo ym. 2016, 145–146.)

Hienosuunnittelun tarkoituksena on luoda entistäkin yksityiskohtaisempi tuotantosuunnitelma, jonka pohjana käytetään karkeasuunnitelman tietoja. Tällä tuotantosuunnitelmalla saadaan määriteltä valmistuksen tuotantoerät ja niiden ajankohdat, työvaiheiden ajoituksien ja resurssien käytön tarkat suunnitelmat. Hienosuunnittelu tehdään päivittäiselle ja viikoittaiselle tasolle. (Martinsuo ym. 2016, 149.)

4.3 Valmistuksenohjausjärjestelmä

Manufacturing Execution System (MES) on valmistuksenohjausjärjestelmä, jonka avulla suunnitellaan ja ohjataan tuotantoa. MES-järjestelmä kerää yksityiskohtaista tietoa valmistusprosesseista ja se välittää tietoa valmistuksen etenemisestä toiminnanohjausjärjestelmään ERP:hen. MES-tason järjestelmät yhdistävät organisaation toiminnanohjauksen (ERP) varsinaiseen tehdasautomaation. (Karjalainen ym. 2001, 6.) Tässä työssä käytettävä Arrow MT on MES-järjestelmä, joka toimii tuotannonjohtamisen työkaluna ja operaattoreiden työvälineenä kohdeyrityksessä.

MES-järjestelmän keskeisenä tavoitteena on parantaa organisaation tuottavuutta, laatua, toimitusvarmuutta ja lyhentää läpimenoaikaa. MES-järjestelmän ehdottomaksi vahvuudeksi luokitellaan tiedon saaminen samasta paikasta, eli yhdestä lähteestä. MES-järjestelmän avulla saadaan ajantasaista tietoa jopa minuuttitasolla, ja palautetta suoraan tuotantolinjalta. (Manufacturing execution system. 2019.) Koska palautetta saadaan suoraan tapahtumapaikalta, voidaan mahdolliseen ongelmaan heti paneutua. Kun MES:n kautta saadaan kerättyä tarpeeksi tietoa, voidaan tätä tietoa analysoimalla havaita ongelmia tuotannossa ja ne voidaan korjata sekä estää syntymästä uudelleen. (LeanwareMES.)

MES-järjestelmä voi toimia useilla eri toimialueilla, kuten tuotannon analysointi, tuotteiden jäljitettävyys ja valmistusprosessien tiedot. Näistä lukuisista ominaisuuksista tärkein käytettävä tässä työssä on Overall Equipment Effectiveness (OEE), jonka avulla voidaan mitata laitteiden kokonaistehokkuutta. OEE saadaan laskettua järjestelmän tuottamista tiedoista. Käytettävyyden, nopeuden ja laadun tulona. (Manufacturing execution system. 2019)

5 MUUTOKSEN TUOMAT HAASTEET

Muutokset ovat lähes poikkeuksetta haastavia toteuttaa. Ihmiset haluavat luonnostaan muutosta, vaihtelua ja uusia haasteita. Samaan aikaan ihminen kuitenkin kaipaa pysyvyyttä ja haluaa pitää kiinni entisistä tottumuksistaan. Ihminen siis haluaa samaan aikaan muutosta ja muuttumattomuutta. Ongelmaksi muodostuu, ettei muutosta voida tehdä muuttamatta mitään. (Järvinen 2011, 44.)

5.1 Muutosvastarinta

Muutosvastarinta määritellään voimaksi, joka vaikeuttaa esimiehen muutosjohtamista. Vastarintaa ei voida täysin poistaa ja se voi olla hyväksikin muutosprosessissa. Muutoksen laukaisema vastarinta nostaa esille työntekijöiden huolenaiheita ja tässä vaiheessa esimiehen rooli on tärkeä. Esimiehen kuuluu olla työntekijöidensä tukena, vastata mahdollisiin huolenaiheiden aiheuttamiin kysymyksiin ja olla läsnä. Pelkästään vastarinnan syyn selviämisellä on jo ongelmakin lähes ratkaistu. (Pirinen 2014, 97–98.)

Muutosvastarinta kertoo siitä, ettei työntekijä ole valmis muutokseen eikä pakosti selviä muutoksesta ilman tukea ja apua. Työntekijöiden vastarinnan tutkiminen voi antaa organisaatiolle paljon arvokasta lisätietoa, joka muutoksen läpiviennissä tulisi ottaa huomioon. (Arikoski – Sallinen 2007, 68.)

Usein muutostilanteen edessä ihminen joutuu poistumaan mukavuusalueeltaan. Tämä korostuu muutostilanteissa ja työntekijät saattavat vastustaa muutoksen vaatimaa uuras- tusta sinnikkäästi (Järvinen 2011, 36). Voimakkaan muutosvastarinnan taustalla voi piillä myös piiloetuja, jotka ilmenevät vasta muutoksen hetkellä. Piiloedut ovat tottumuksia ja rutiineja, jotka tuottavat tekijöilleen epävirallista palkanlisää (Järvinen 2011, 54).

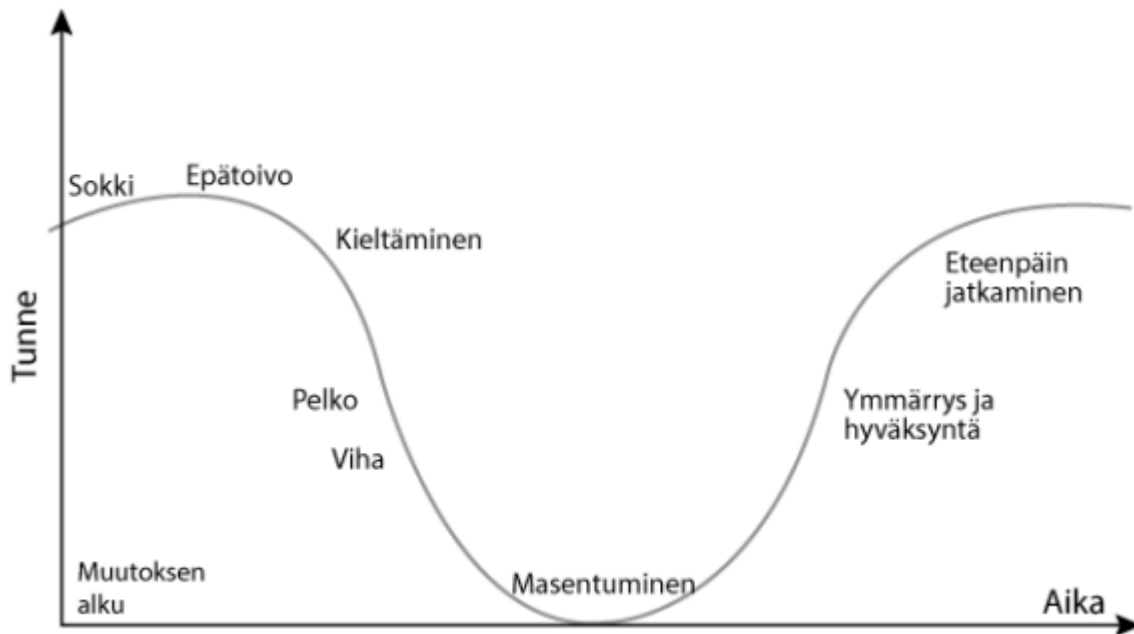
Työelämän muutokset koskevat kokonaisia ihmisryhmiä ja organisaation muutokset koetaan organisaation johdon tekeminä muutoksina. Tästä syystä ne mielletään muutoksiksi, jotka olisi voitu välttää. Organisaatiossa työntekijöiden on helppoa yhdistyä vastustamaan muutoksia ja muodostaa muutosvastarintaa. (Arikoski – Sallinen 2007, 45.)

5.2 Toimintatapojen muuttaminen

Muutosjohtamisessa organisaatiossa on muutamia lähtökohtia, jotka on hyvä muistaa hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi muutosprojektissa. Muutokselle on oltava selkeää suuntaa ja tavoite, joiden ilmaiseminen on esimiehen vastuulla. Muutokselle on luotava rakenteet, jotka tukevat muutosta. Esimerkiksi erilaisia mittareita, palkitsemisjärjestelmä, prosesseja ja työkaluja, jotka kaikki tukevat muutosta. (Pirinen 2014, 262.)

Esimiehen viestiminen työntekijöille on tärkeää, jotta jatkuva luottamuksen ilmapiiri esimiestä ja muutosta kohtaan säilyvät. Viestiminen lujittaa tiimin ymmärrystä ja yhteistyötä. Mitä enemmän viestintää on, sitä todennäköisemmin on vähemmän negatiivisia kannanottoja ja vastarintaa muutosta kohtaan. (Pirinen 2014, 263–264.)

Esimiehen on helpompaa saada muutos läpi, kun oikeat ihmiset on määritelty oikeille paikoilleen. Tämä tarkoittaa, että työntekijöiden taitotasot ja oppimiskyvyt ovat erilaiset. Tästä syystä esimiehen on huomioitava tämä mahdollisten uusien tehtävien ja roolien jaossa ja ilmaistava olevansa käytettävissä ja tukena muutoksen varrella. Muutos lähtee ennen kaikkea esimiehen omasta uskomuksesta muutosta kohtaan. Kun esimies uskoo muutokseen, on hänen helpompaa vakuuttaa myös työntekijät muutoksen tarpeellisuudesta. Muutos vaatii esimieheltä rohkeutta ja riskinottoakin rohkaistessaan työntekijöitään muutokseen. Esimies pystyy valmistamaan työntekijöitä muutokseen ennakoimalla ja tunnistamalla muutosprosessivaiheita. (Pirinen 2014, 264–265.) Näitä muutoksen vaiheita havainnollistaa kuva 8 (Pirinen 2014, 39).



KUVA 8. Kubler-Rossin muutosprosessin käyrä (1969) (Pirinen 2014, 39)

Oppimisen korostaminen on tärkeää muutosjohtamisessa. Työntekijän löytäessään itselleen muutoksen tavoitteista merkityksen ja tärkeät motivaattorit, on työntekijä omaksuvaisempi muuttamaan toimintaansa ja oppimaan uusia asioita. Monissa tapauksissa työntekijän kaikista saamista hyödyistä muutosprosessissa onkin oppiminen ja kasvu. (Pirinen 2014, 265–266.)

Muutoksen tuloksia on hyvä huomioida ja korostaa. Tästä vastuun ottaa esimies. Muutoksessa saavutetut tavoitteet ja onnistumiset on syytä tuoda esiin koko organisaatiossa. Lisäksi on hyvä antaa välitöntä palautetta ja ansaittua tunnustusta työntekijöille. Tämä nostattaa tiimin henkeä, yhteenkuuluvuutta ja itsevarmuutta. Myös onnistuneita muutosprojekteja on syytä juhlistaa. Mitä enemmän työntekijät ovat tietoisia tuloksista, ja mitä enemmän niitä korostetaan, sen motivoituneempia he ovat jatkossakin toteuttamaan muutoksia organisaatiossa. (Pirinen 2014, 266–267.)

Visiot paremmasta tulevaisuudesta sopivassa mittakaavassa ovat tärkeä voimanlähde toimintatapojen muuttamisessa. Visioiden luomisessa on kuitenkin muutama piilevä vaara, jotka on hyvä muistaa. Henkilöstön toiveiden noustessa turhan korkealle, syntyy riski, ettei vision antamia toiveita voida toteuttaa. Tästä seuraa pettymys ja luottamuksen

menetys organisaation johtoon. Lisäksi visioiden jäädessä värittömiksi ja laihoiksi, ne eivät motivoisi henkilöstöä muutokseen. Visioiden tulee olla innostavia ja mahdollisia saavuttaa. (Järvinen 2011, 46.)

Muutos on siirtymistä mukavuusalueelta epämukavuusalueelle, joka ei ole koskaan helppoa. Se edellyttää yksilöiltä epävarmuuden ja osaamattomuuden sietoa, ja vaivannäköä uusien asioiden oppimiseksi. Yksilön mennessä epämukavuusalueelleen, ja huomatesaan ajan mittaan omaksuvansa muutoksen, yksilön itsetunto vahvistuu, ja samalla mukavuusalue ja hallinnan tunne laajenevat. Tämän seurauksena yksilö tarttuu jatkossa uusiin haasteisiin vähemmän empimättä. Vastakohtaisesti, jos työntekijä ei poistu mukavuusalueeltaan, se kaventuu entisestään, ja pieninkin muutos voi aiheuttaa työntekijässä paniikinomaisen reaktion. (Järvinen 2011, 61.)

6 PROJEKTITYÖN TOTEUTUS

Opinnäytetyön kulun selkeyttämiseksi projektin toteutus jaettiin kolmeen vaiheeseen: kartoitus, suunnitelma ja toteutus. Kartoitusvaiheessa tunnistetaan ongelmakohtia, joihin projektityössä ratkaisuja haetaan. Suunnitelmaosiossa on määritelty tehtäviä, joita suorittamalla kartoitusvaiheen ongelmiin ratkaisu saadaan. Toteutusvaiheessa on selvitetty, kuinka kartoitusvaiheen ongelmakohtien ratkaisuihin tähtääviä toimintoja on toteutettu.

Projektin aikana todettiin, että erilaisten viivästyksien takia olisi järkevintä rajata projekti kalenterikuukauden loppuun. Tämän aikamäärään täytyessä siihen mennessä saavutetut tulokset esiteltäisiin ja jäljelle jääneistä töistä tehtäisiin jatkotoimenpideselvitys.

6.1 Kartoitus

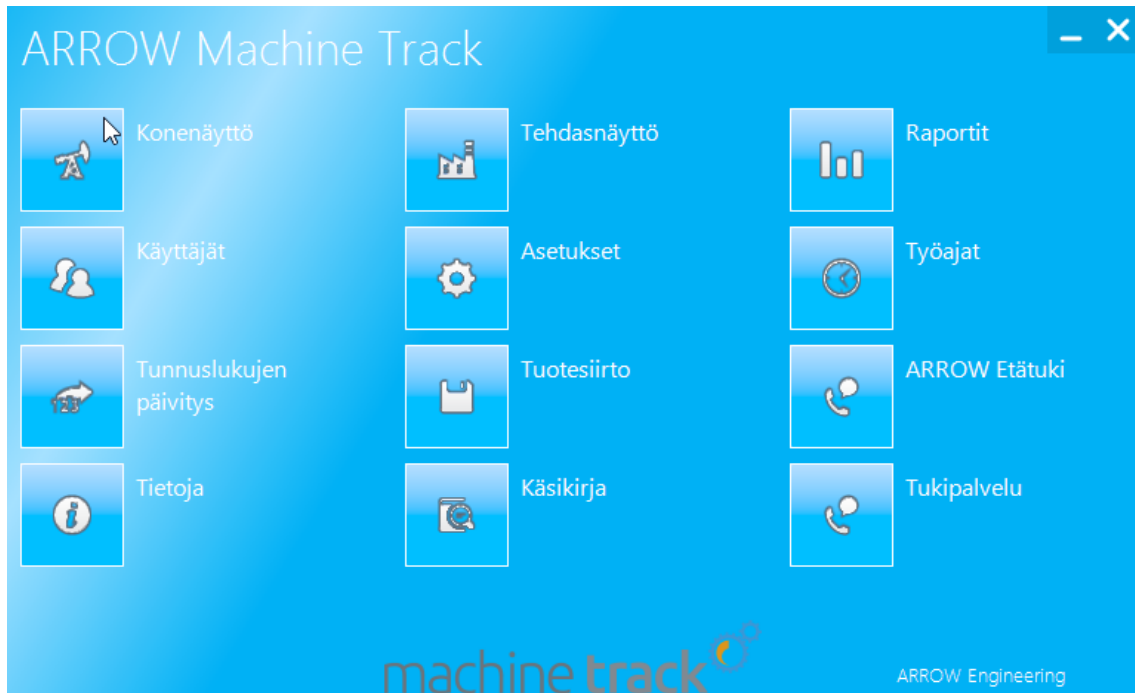
Kuten tässä raportissa aiemmin oli mainittu, haetaan projektityössä ratkaisua seuraaviin ongelmiin:

- näyttöpääteongelmien ratkaiseminen
- Arrow Machine Trackin toimintavarmuuden parantaminen
- henkilökunnan koulutus
- raportoinnin määrittäminen
- järjestelmän integrointi päivittäiseen käyttöön.

Projektin toteutus kulminoituu hyvin pitkälti Arrow Machine Track -ohjelmistoon, joten siihen perehtymisellä oli luonnollista aloittaa. Arrow Machine Trackiin perehdyttäessä kävi ilmi sovelluksen epästabiilisuus virheinä. Tämän kohdeyritys vahvisti projektiin liittyvässä aloituspalaverissa, jossa kerrattiin jo havaittuja ongelmia ja kirjattiin uusia havaittuja ongelmia. Työn tilaaja on aiemmin yrittänyt tuoda järjestelmää yrityksen käyttöön siinä onnistumatta resurssipulan vuoksi. Uudet havaitut ongelmat olivat käytännössä ensimmäisen järjestelmän integroinnin aikana havaittuja ongelmia, jotka eivät välttämättä tulleet aiemmin ilmi.

Koska Arrow Machine Track ei ole ollut aktiivisesti käytössä pariin vuoteen, tilattiin Arrowin edustajalta koulutuspäivä. Tämä tuli tarpeelliseksi myös kohdeyrityksen edustajille vähintäänkin toimien hyvänä muistin virkistysenä. Tässä tilaisuudessa käytiin läpi Arrow

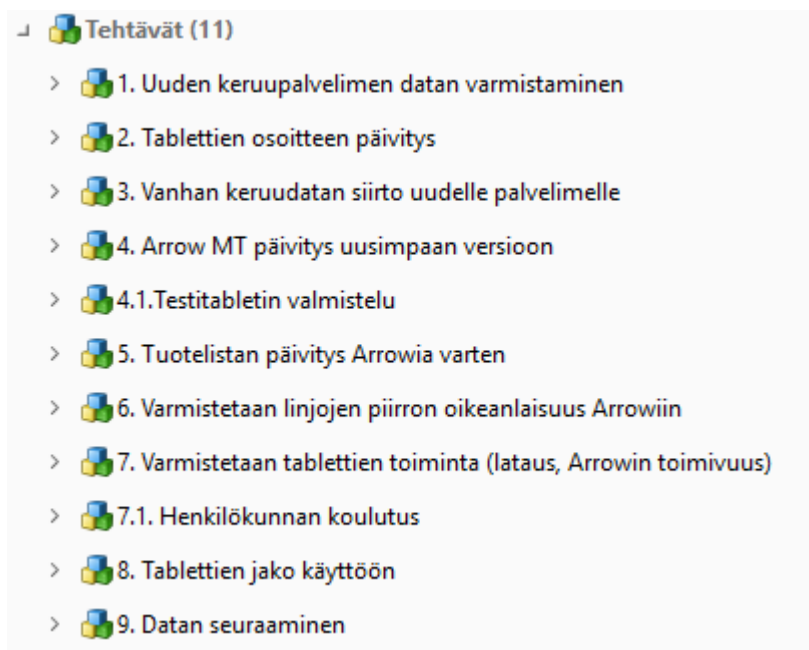
MT:n toimintaa ja ominaisuuksia, jotka on esitelty kuvassa 9. Tärkeä työkalu kohdeyrityksen intressejä palvelemaan on Raportointi-työkalu, johon perehdyttiin tarkemmin. Koulutuspäivä osoittautui hyvinkin hyödylliseksi, sillä samassa tilaisuudessa saatiin paljon uutta tietoa Arrow MT:n mahdollisuuksista, kuten mittareiden luomisesta infotauluja varten käyttäen Arrowin omaa dataa. Infotauluilla tiedotettava data ja mittarit määritellään myöhemmin projektin aikana, mutta eivät ole projektin ensisijaisena tavoitteena.



KUVA 9. Arrow Machine Trackin päänäköymä

6.2 Suunnitelma

Projektin kuluessa pidetään viikoittaisia palavereita, joissa käydään läpi projektiin liittyviä akuutteja asioita ja päivitetään suoritettavien tehtävien tiloja. Projektin suunnitelmavaiheessa on määritelty suoritettavat tehtävät, jotta päätavoitteeseen eli Arrow MT:n uudelleen käyttöönottoon päästään. Nämä suoritettavat tehtävät on esitelty kuvassa 10. Projektin asioista tiedotetaan yrityksen tiedonhallintajärjestelmä M-Filesin kautta.



KUVA 10. Määritetyt tehtävät M-Filesissa

M-Files

M-Files tarjoaa yrityksille toimialasta riippumatta älykkään tiedonhallinnan ohjelmistoratkaisuja, joiden avulla yritykset voivat tehostaa toimintaansa ja prosessienhallintaansa merkittävästi. Tämän avulla organisaatiot saavat aikaan merkittäviäkin kilpailuvaltteja markkinoilla. M-Files eroaa perinteisistä järjestelmistä. M-Files kykenee yhdistämään eri järjestelmät saumattomasti, ilman tietojen siirtämistä ja sekoittamatta nykyisten järjestelmien käyttöä ja niiden prosesseja. M-Filesin etuna on tiedostopolkujen puuttuminen. Järjestelmän avulla voidaan hakea pelkkää tiedon sisältöä, eikä tarvitse muistaa, mihin haluttu tiedosto on tallennettuna. M-Files versioi tiedostot automaattisesti, kun niitä muokataan. Näin voidaan tarvittaessa palata entiseen versioon. Eri järjestelmien tuottama data on yhtenäisesti koko organisaation käytössä M-Filesin avulla. (Keskipisteessä tiedonhallinta. 2019.)

6.3 Toteutus

6.3.1 Näyttöpäätelaitteet

Näyttöpäätteongelma oli päätetty ratkaista uusimalla vanhat näyttöpäätteet. Uusien päätelaitteiden asiaa alettiin purkaa tunnistamalla ongelmia. Ongelmia tunnistettiin keskustelemalla projektin tilaajan ja operaattoreiden kanssa. Entiset päätelaitteet olivat hitaita ja kömpelöitä käyttää. Lisäksi päätelaitteet sammuiivat itsestään, koska laturit ja micro-USB-portit olivat huonokuntoisia. Myöhemmin havaittiin sovelluksien kaatuvan jatkuvasti muutamana tunnin kuluessa, mikä myös aiheutti päätelaitteiden pimenemistä. Jo pelkästään nämä ongelmat tekevät järjestelmän käytöstä epäkäytännöllistä. Näyttöpäätelaitteet päätettiin uusiksi, ja uusiksi näyttöpäätelaitteiksi valikoituivat jälleen tabletit.

Ongelmia alettiin purkamaan yksi kerrallaan. Tablettien sammumiseen ratkaisuna olisi virtalähteen integrointi tabletteihin tai 90 asteen micro-USB-virtajohto, jotta USB-portit eivät vääntyisi huonoon kuntoon. Tähän ongelmaan ratkaisua etsittiin kysymällä ensin Arrowin yhteyshenkilöltä, olisiko yrityksellä tiedossa jo hyväksi havaittua tablettiratkaisua. Lisäksi projektin toteuttaja pyysi ratkaisuun apua paikallisilta yrityksiltä, jotka olivat tarjonneet vastaavanlaisia ratkaisuja muuallekin teollisuuteen. Tämä vaihe antoi paljon erilaisia ajatuksia herättäviä näkemyksiä, ja saatiin tarjolle erilaisia ratkaisuja. Pääasiassa ne olivat tabletteja suojaavien ja IP-luokituksineen. IP-luokitus tulee tarpeeseen, sillä käyttökohteet ovat vähintään hieman pölyisiä ja IP-luokitus suojaa näyttöpäätteet.

Saadut näyttöpäätteratkaisut eivät kuitenkaan täysin tyydyttäneet, joten etsintää jatkettiin. Kohdeyritys on aiemminkin ollut yhteydessä vastaavanlaisiin ratkaisuihin erikoistuneisiin yrityksiin. Näihin yrityksiin otettiin jälleen yhteyttä, löytyisikö heiltä ongelmaan ratkaisua.

Yhteydenotot tuottivat tulosta, ja potentiaalinen yhteistyökumppani tarjoutui tulemaan paikalle esittelemään tuotteitaan ja tutustumaan käyttökohteeseen tarkemmin. Päätelaitetoimittajan esittelemä laitteisto täyttäisi käyttöympäristön vaatimukset pölyisessä ja tärisävässä ympäristössä. Yhdessä päätelaitetoimittajan kanssa päätettiin suunnitella toimiva ratkaisu, jotta virtalähteen sähköt saataisiin vedettyä tabletin takaa Pogo-liitäntän avulla.

Tämä ratkaisu eliminoisi tärinä- ja virtalähdevikojen ongelmat, eikä tarvitsisi käyttää tabletin sivuilla olevia portteja, jotka ajansaatossa enemmän tai myöhemmin vääntyisivät rikki. Päätelaitetoimittaja tarjoutui antamaan laitteita testiin suoraan käyttöympäristöön.

Koska uusien tablettien hankintapäätöksen läpivienti voi viedä aikaa, alettiin vanhoja tabletteja hyödyntäen testaamaan ja kirjaamaan käyttöympäristöjen ongelmakohtia, joita ei mahdollisesti olisi vielä havaittu. Havaittuja ongelmia olivat virtalähteen tehottomuus, Machine Trackin piirtojen oikeanlaisuus ja tablettisovelluksen jumittuminen. Suurin havaittu ongelma piirtojen oikeanlaisuudessa oli automaattisten mikrostop-kirjauksien toimimattomuus lyhyille odotusajoille. Tämän ratkaiseminen on ehdoton edellytys, jotta Arrow MT:tä on järkevää käyttää.

Testaus

Testitabletin testauskohteessa törmättiin heti ongelmiin. Langaton verkkoyhteys katkesi tabletin käyttöympäristössä tuotantohallissa. Lisäksi havaittiin, että testitabletti meni jatkuvasti näytönsäästäjä-tilaan asetetuista asetuksista huolimatta. Näytönsäästäjä pystytettiin ohittamaan ja heti ensimmäinen testaus tuotti tulosta. Tabletti pysyi päällä koko yön ja jopa seuraavan viikon ajan ilman minkäänlaisia häiriötä. Seuraavana vaiheena oli verkkoyhteyden korjaaminen. Tämän ongelman alustavana ratkaisuna käytettiin toista langatonta verkkoa, joka todettiin toimivaksi testausympäristössä. Aiempi verkko ei toiminut hyvin juuri kyseisessä tabletin käyttökohteessa, ja tämä aiheutti verkkoyhteyden katkeamisen. Näiden verkkojen erona oli, että toisessa verkossa oli rajoitettu käyttö ja juuri tämä verkko ei käyttökohteessa toiminut.

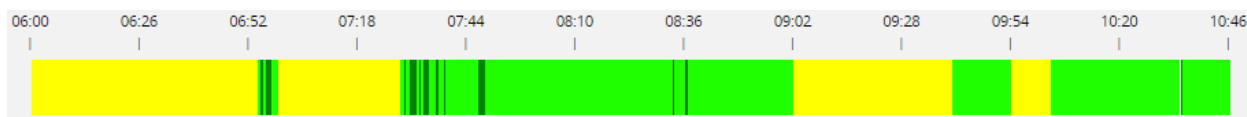
Jo muutaman testauspäivän jälkeen tabletin kosketusnäytönäppäimistö katosi. Lyhyen selvityksen jälkeen kävi ilmi, että tämä oli tyypillinen ongelma Windows-tableteissa. Tämä korjattiin asentamalla tablettiin näppäimistösovellus, jota pystyttiin modifioimaan halutulla tavalla sopivaksi tabletin näytölle. Arrow MT:n kirjauksien kommentointia helpottamaan tuotiin adapteri, jonka avulla voitiin liittää jo olemassa oleva näppäimistö myös tablettiin. Näppäimistö oli aiemmin liitetty konesolun kirjoittimen tulostimeen ja adapterin avulla samaa näppäimistöä voitiin käyttää molemmilla laitteilla. Lisäksi tablettiin tehtiin pieniä parannusmuutoksia, kuten vasteajan pienentäminen kosketusnäyttöä käytettäessä, mikä tekee siitä herkemmän ja nopeamman käyttää.

Testijakso kesti useita viikkoja, ja sen toiminnasta saatiin tarpeeksi näyttöä. Testitablettiin oltiin tyytyväisiä, ja valittu päätelaitetoimittajan edustajat kutsuttiin käymään yrityksessä. Tarkoituksena oli pitää aivorihi ja miettiä yhdessä modifiointiratkaisuja tableteille, jotka oli päätetty hankkia päätelaitetoimittajalta. Palaverissa sovittiin, että toimittajalta hankittaviin tabletteihin lisättäisiin kaksi ulos tulevaa USB-liitäntää tabletin takakautta. Tällä ratkaisulla voidaan joustavasti tehdä tarvittaessa uniikkeja lisälaite ja virtalähtderatkaisuja jokaiselle linjastolle, johon tabletit tulevat käyttöön. Kyseisen ratkaisun ansiosta USB-liitännät eivät altistuisi väännöille ja rikkoontuisi. Lisäksi testitabletissa olleille suojakuorille ja suojakalvolle näytöllä ei ole tarvetta uusiin tuleviin tabletteihin. Tämä todennäköisesti helpottaisi myös tablettien sijoittamista käyttöympäristöihin. Testitabletti oli 8-tuumainen. Uusien tablettien koko tulisi olemaan 10 tuumaa, ja tämä tulee helpottamaan tablettien kosketusnäytön käyttöä.

6.3.2 Arrow Machine Trackin toiminnan parantaminen

Arrow Machine Trackin toimintavarmuutta alettiin parantamaan versiopäivityksen kautta. Tämä vaihe vei paljon aikaa, sillä Arrow Engineerillä Jyväskylässä oli pitkät työjonot positiivisen kasvun myötä. Myös yksi projektin aikana suoritettava tehtävä odotti Machine Trackin päivitystä. Tämä tehtävä oli Machine Trackin käyttämän tuotelistan päivittäminen ja sen automatisointi. Tuotelistan päivittämisen automatisointiin olisi tarvittu apua Arrow Engineeriltä, joten asiasta jätettiin tarjouspyyntö. Saatu tarjous ei kuitenkaan tyydyttänyt, ja tuotelistan automatisoinnin integrointi Machine Trackiin jätettiin ottamatta. Tästä syystä sitä ei ole tällä hetkellä mahdollista täysin automatisoida.

Machine Track -päivityksen lisäksi laadittiin päivitettävä listaus havaituista tiedonkeruiden ongelmista. Tätä listausta käytiin läpi Arrowin-tukihenkilön kanssa, jotta ne voitaisiin korjata. Yhtenä ongelmana olivat piirtovirheet, kuten liian nopeat tilanvaihdokset, jotka ilmenevät lyhyinä piirtotiloina, esimerkiksi lyhyinä odotustiloina. Lyhyet piirtotilat Machine Trackin kuuluisi piirtää automaattisesti mikrostoppeina tai vaihtoehtoisesti ajotilan ei pitäisi vaihtua ollenkaan. Kuva 11 esittää ajotilan vaihdoksia tiedonkeruussa.



KUVA 11. Ajotilan vaihdoksia tiedonkeruussa

Automaattiset mikrostop-kirjaukset saatiin toimimaan päivittämällä tiedonkeruuohjelmistot. Tätä ei voitu kuitenkaan tehdä vielä kaikille tuotantolinjoille, koska jokainen linja on hyvin uniikki. Tästä syystä tarvitaan myös erilaisia tiedonkeruuohjelmistoja. Kaksi linjastoa odottaa edelleen tiedonkeruun ohjelmistopäivitystä. Tämä on kuitenkin jo suuri edistysaskel, sillä havaittuun kriittiseen ongelmaan on löydetty olemassa oleva ratkaisu.

Arrow MT:n versiopäivityksen lisäksi projektityön toteutuksen alkutaipaleella suoritettiin Arrow MT:n tuottaman keruudatan siirtäminen uudelle palvelimelle. Tämän siirron takia Arrow Machine Trackin tiedonkeruussa ilmeni ongelmia, kuten tiedonkeruiden kaatumista päivittäin systemaattisesti vuorokauden vaihteessa. Ongelman aiheuttajaa selvittäessä huomattiin, ettei kohdeyritys ollut kirjautunut Arrow Machine Trackin palvelimelle, mikä aiheutti tiedonkeruiden kaatumisen jatkuvasti. Tässä tapauksessa kirjautuminen oli vanhentunut. Yhden tuotantolinjan tiedonkeruu oli kuitenkin edelleen kaatunut. Tässä asiassa jouduttiin turvautumaan linjastotoimittajan apuun, sillä ongelman epäiltiin johtuvan tuotantolinjan konfiguraatiosta.

6.3.3 Koulutus

Aikataulullisten syitten takia operaattoreiden koulutus ja sen jälkeiset vaiheet jäivät suorittamatta tämän työn kuluessa. Jäljelle jääneistä työvaiheista on tehty jatkoselvitykset tämän työn lopussa. Operaattorit uudelleen koulutetaan Arrow MT:n käyttöönoton yhteydessä. Koulutus on järkevintä järjestää, kun Arrow MT:n käyttöönottoon on miltei päästy. Tämä sisältää varmuuden Machine Trackin piirtojen toiminnasta ja uusien näyttöpäätteiden hankinnan ja niiden käyttöönoton. Koulutus kattaa uusien tablettien esittelyn ja ominaisuuksien läpikäyntiä, ja Machine Trackin toimintaa yleisesti Arrow MT:n operaattorinäkymässä.

6.3.4 Raportointi

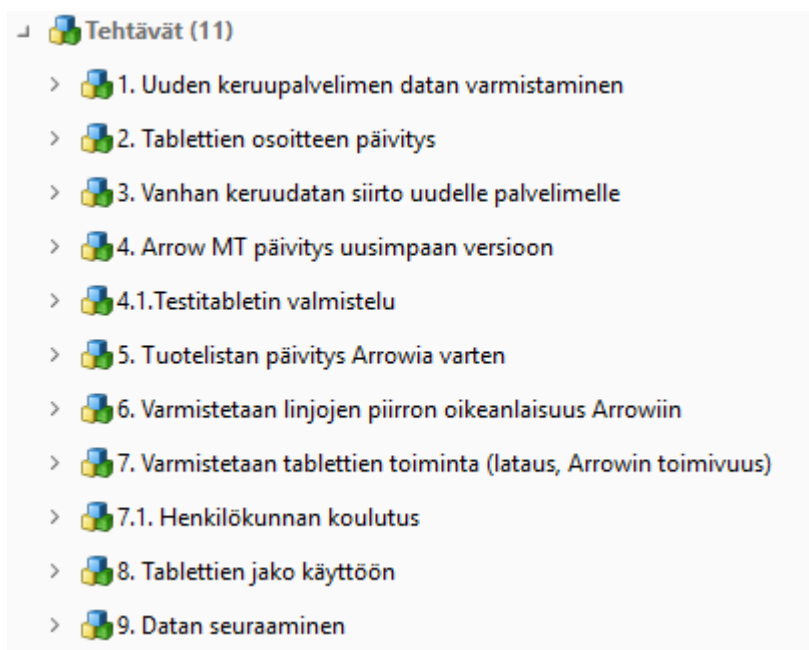
Raportointi tullaan järjestämään yleisesti koko yrityksen sisällä infotauluilla. Suunnitelmien ja keskusteluiden mukaan infotauluilla raportoidaan tuotantolinjojen tiloista ja erilaisista tuotannollisista mittareista. Mittareita tullaan määrittämään tarkemmin, kun raportoinnin toteuttaminen tulee ajankohtaisemmaksi. Mittareiden luomiseen apuvälineinä käytetään Arrow MT:n raportointityökalua ja Microsoftin Power BI:tä. Power BI on Microsoftin tuottama analytiikkapalvelu, joka muodostaa saadut tiedot visuaaliseksi, kuten erilaisiksi diagrammeiksi.

6.3.5 Ratkaisun integrointi operaattoreiden käyttöön

Ratkaisun integrointi vaihe kattaa tablettien, Machine Trackin ja tuotetun datan seurannan ja niiden toimivuuden varmentamisen. Lisäksi tuetaan aktiivisesti operaattoreiden kirjauksien tekemistä järjestelmään. Saadun palautteen perusteella tehdään tarvittaessa parannuksia käyttökohteisiin ja tabletteihin. Toisin sanoen ratkaisun integrointi vaihe on jälkiseurantavaihe, kun Machine Track on otettu käyttöön.

7 TULOKSET

Tämän opinnäytetyön alkuperäiseen asetettuun tavoitteeseen ei tässä työssä päästy pääasiassa erilaisten paljon aikaa vievien prosessien vuoksi. Joka tapauksessa työn tuloksena saatiin ennen kaikkea vaiheista ja työtehtävistä kattava selvitys, jonka avulla Arrow Machine Trackin uudelleen käyttöönottoon päästään. Sovittuun aikarajaan mennessä suunnitelluista tehtävistä on suoritettu valmiiksi suurin osa operaattoreiden koulutusvaiheeseen asti. Kuitenkin on hyvä muistaa, että osa vaiheista on edelleen käynnissä. Edelleen käynnissä olevia tehtäviä ovat uusien näyttöpäätteiden hankintaprosessin loppuun vieminen ja kahden tiedonkeruun ohjelmistopäivitykset. Tehtävät on esitelty kuvassa 12. Jäljelle jääneiden tehtävien jatkoselvitys käydään läpi seuraavassa luvussa 8 Jatkotoimenpiteet.



KUVA 12. Suunnitellut tehtävät

8 JATKOTOIMENPITEET

Tässä osiossa käydään läpi vielä jäljellä olevat suoritettavat tehtävät ja se, kuinka ne tullaan toteuttamaan. Ensimmäisenä tullaan toteuttamaan tuotelistan automatisointi itse niin pitkälle kuin on mahdollista ilman tuotelistan integroimista Machine Trackiin. Tuotelistan integrointi Machine Trackiin olisi aiheuttanut merkittävän kuluerän, ja aiemmin Arrow Engineeringiltä saatu tarjous tuotelistan integroinnista Machine Trackiin ei työn tilaajaa tyydyttänyt. Tässä apuvälineenä tullaan käyttämään Microsoft Officen lisäosaa Atlasta, joka yhdistää Microsoft Officen toiminnanohjausjärjestelmään. Tarvittaessa voidaan ajaa suuriakin tiedostoja ulos ERP-järjestelmästä suoraan Excelliin taulukoitavaksi.

Seuraava merkittävä virstanpylväs on uusien tablettien hankintaprosessin loppuun vieminen ja niiden käyttöönotto. Uusien tablettien hankintaprosessin kanssa käsi kädessä kulkevat kahden viimeisen tuotantolinjan tiedonkeruiden ohjelmistopäivitykset. Nämä päivitykset auttavat tiedonkeruun automatisoinnissa ja vähentävät operaattoreiden työtä, sillä lyhyet odotustilat kuittaantuvat automaattisesti mikrostopeiksi. Automaattiset mikrostopkirjaukset vähentävät merkittävästi tarvittavien tilakuittauksien määrää tuotannossa. Näiden kahden työvaiheen loppuun vienti on kaikista tärkeintä jatkon kannalta ja edellytyksenä Machine Trackin käyttöönotolle. Lisäksi selvitystä ja työskentelyä yhden tuotantolinjan tiedonkeruun palauttamiseksi jatketaan tuotantolinjan toimittajan kanssa.

Seuraavaksi vuorossa on operaattoreiden uudelleen koulutus. Tämä vaihe toimii hyvänä muistin virkistysenä operaattoreille ja ponnahduslautana Arrow MT:n käyttöönottoa varten. Koulutuksessa käydään läpi uusien tablettien ja Arrow MT:n toimintaa. Arrow MT:n päivityksen ansiosta operaattorinäkymä on saanut uusia pieniä parannuksia, jotka on syytä esitellä koulutuksen yhteydessä.

Koulutuksen jälkeen päästään Arrow MT:n käyttöönottoon, josta seuraa jälkiseurantavaihe. Jälkiseurannassa tullaan seuraamaan tablettien, Arrow MT:n ja sen tuottaman datan toimintaa. Lisäksi tehdään tiivistä yhteistyötä operaattoreiden kanssa mahdollisten kehityskohteiden löytämiseksi ja tuetaan operaattoreita Arrow MT:n käytössä.

9 YHTEENVETO

Aikataulullisista syistä projektin päätavoitteeseen eli Arrow MT:n uudelleen käyttöönottoon ei päästy. Tästä syystä työssä on laadittu jatkotoimenpiteet projektin jatkamiselle. Jatkan työn tilaajan palveluksissa myös ainakin kesän ajan, jotta projektin päätavoite voitaisiin saavuttaa. Tässä työssä on esitelty projektin kartoitus, suunnitelma, toteutus ja projektin aikana saavutetut tulokset. Lisäksi jatkotoimenpiteissä on esitelty, mitä seuraa-vaksi tehdään. Vaikka käyttöönottoon ei päästy, löydettiin kaikille ratkaistaville ongelmille olemassa olevat ratkaisut. Löydyttyjen ratkaisujen pohjalta on projektia hyvä lähteä jatkamaan.

Suurimmat työssä kohdatut ongelmat liittyivät pääasiassa sidosryhmien aikatauluihin. Sidosryhmien vaikutus projektin kulkuun yllätti ja antoi hyvän kuvan siitä, ettei kaikkeen pystykään itse aina vaikuttamaan ja odottamattomiakin viivästyksiä voi tulla. Luulen, että näitäkin viivästyksiä olisi pystytty rajoittamaan entistäkin paremmalla suunnittelulla. Tämä tosin olisi ollut haastavaa ja vaatinut kokenutta pelisilmää. Sidosryhmien aiheuttamia aikataulullisia ongelmia aiheuttivat IT-henkilöstön ja Arrow Engineeringin kiireet. Molempien tukea tarvittiin paljon projektin aikana. Erityisesti Arrow MT:n päivitys vei paljon aikaa, koska Arrow Engineeringin työjonot olivat yli kuukauden mittaisia projektin toteutuksen aikaan. Lisäksi muutama työtehtävä odotti Arrow MT:n päivitystä, jotta nämä tehtävät voitaisiin aloittaa.

Tähän projektityöhön ryhtyessäni ajattelin haastavimman ongelman olevan järjestelmän integroiminen jokapäiväiseen käyttöön. Arrow MT:n käyttöönottoa on yritetty kaksi vuotta aiemmin, mutta se epäonnistui resurssivajeen takia. Tästä syystä työntekijät olivat projektin alkaessa varuillaan, mutta heiltä saatiin apua testitabletin testauksessa ja palautetta Machine Trackiin ja järjestelmäkirjauksien tekemisestä. Palautteen ansioista pieniäkin parannuksia pystyttiin tekemään.

Testitabletin testausvaiheessa päästiin jo näkemään Arrow MT:n potentiaalia käytännössä. Valmistuksenohjausjärjestelmän vahvuutena on se, että tuotantolinjoilta saadaan suoraan välitöntä dataa jopa minuuttitasolla. Datan kertyessä se voidaan analysoida, ja analysoidusta datasta voidaan tehdä johtopäätöksiä. Visuaalinen data on tärkeää. Sen

avulla yrityksen ylin johtokin saa hyvän käsityksen tuotannon kohtaamista ongelmista ja ongelmaan voidaan puuttua kaikilla organisaation tasoilla tehokkaammin. Yrityksen johdon voi olla vaikeampaa sitoutua korjaamaan ongelmakohtia ilman visuaalista dataa, jonka valmistuksenohjausjärjestelmä tarjoaa.

Kohdeyrityksen tyytyväisyys työskentelyyni oli oma päätavoitteeni projektityöhön lähtiessä, ja tämän itselleni asettaman tavoitteen saavutinkin. Kohdeyritys oli tyytyväinen toimintaani, kuinka yritin kaikista vastoinkäymisistä huolimatta saada asioita järjestymään ja tapahtumaan. Tästä syystä pääsen jatkamaan projektin toteutusta myös kesän ajaksi, ja tämä oli itsellenikin mieluisin vaihtoehto jatkon kannalta, koska pääsen näkemään projektin lopputuloksen käytännössä. Työn tilaajalla ja itselläni on kova luotto, että tämä projekti saadaan valmiiksi kaikkia osapuolia tyydyttävin tuloksin tulevan kesän aikana.

LÄHTEET

7 Common Questions About ERP Software. 2019. Panorama Consulting Solutions, LLC. Saatavissa: <https://www.panorama-consulting.com/7-common-questions-about-erp-software/>. Hakupäivä 26.2.2019.

Arikoski, Juha – Sallinen, Mikael 2007. Vastarinnasta vastarannalle. Johda muutos taitavasti. Helsinki: Työterveyslaitos.

Arrow Machine Track. 2017. Jyväskylä: ARROW Engineering Oy. Saatavissa: <https://www.arroweng.fi/ratkaisut/machine-track/>. Hakupäivä 8.1.2019.

ARROW Operational Excellence. 2017. Jyväskylä: ARROW Engineering Oy. Saatavissa: <https://www.arroweng.fi/>. Hakupäivä 8.1.2019.

Bicheno, John – Holweg, Matthias 2016. The Lean Toolbox. A Handbook for Lean Transformation. Fifth edition. Buckingham, United Kingdom: PICSIE Books.

Järvinen, Pekka 2011. Esimiestyön vaikeus ja viisaus. Helsinki: WSOYpro Oy.

JIT ja imuohjaus. Logistiikan maailma. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>. Hakupäivä 18.2.2019.

Karjalainen, Jouko – Blomqvist, Marja – Suolanen, Olli 2001. Kehittyvä toiminnanohjaus. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Kauppinen, Sami 2012. Tuotantokoneiden käyttötehokkuus. Opinnäytetyö. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikka. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/52680/Kauppinen_Sami.pdf?sequence=1.

Keskipisteessä tiedonhallinta. 2019. M-Files Inc. Saatavissa: <https://www.m-files.com/fi/about-m-files>. Hakupäivä 17.1.2019.

Laatuakatemia. 2010. Saatavissa: <http://www.kotiposti.net/tuurala/index.htm>. Hakupäivä 15.1.2019.

Lean. Quality Knowhow Karjalainen Oy. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/>. Hakupäivä 11.3.2019

LeanwareMES. Visuaalisin ja ohjaavin valmistuksenohjausjärjestelmä. Tampere: Leanware. Saatavissa: https://leanware.fi/fi/leanwaremes-visuaalisin-ja-ohjaavin-valmistuksenohjausjarjestelma/?gclid=EAlaIQobChMI7KzCorG94AIVi-R3Ch0yYAt9EAAyASAAEgKICvD_BwE. Hakupäivä 27.2.2019.

Lecklin, Olli 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Liker, Jeffrey K 2006. Toyotan tapaan. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

Lillrank, Paul 1998. Laatuajattelu. Laadun filosofia, tekniikka ja johtaminen tietoyhteiskunnassa. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Lipponen, Toivo 1993. Laatujohtaminen. Laatujohtamistyökalujen valinta ja soveltaminen. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Manufacturing execution system. 2019. Wikipedia. Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/Manufacturing_execution_system#cite_note-4. Hakupäivä 27.2.2019.

Martinsuo, Miia – Mäkinen, Saku – Suomala, Petri – Lyly-Yrjänäinen, Jouni 2016. Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa. Edita Publishing Oy.

Ohjausjärjestelmät. 2019. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjarjestelmat/>. Hakupäivä 15.2.2019.

Overall Equipment Effectiveness. 2018. Vorne Industries, Inc. Saatavissa: <https://www.leanproduction.com/oeo.html>. Hakupäivä 4.2.2019.

Pirinen, Helka 2014. Esimies muutoksen johtajana. Helsinki: Talentum Media Oy.

Ruonamaa, Keijo 2019. Re: Machine Track koulutus. Sähköpostiviesti. PDF-tiedosto. Vastaanottaja: Arrow Engineering Oy. 10.1.2019

SFS-EN ISO 9000. 2015. Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto. Suomen Standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 9001. 2015. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Toiminnanohjausjärjestelmä. 2019. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjarjestelmat/toiminnanohjaus-jarjestelma/>. Hakupäivä 26.2.2019.

Tuotannonohjaus. 2018. Wikipedia. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Tuotannon-ohjaus>. Hakupäivä 15.2.2019.

Vuohelainen, Juho 2018. Re: Arrow Engineering. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Arrow Engineering Oy. 21.12.2018.