

Heidi Kahari

Kuormituksen vaihtelu Large Drives -tuotantolinjalla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tuotantotalous

Insinöörityö

14.3.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Heidi Kahari Kuormituksen vaihtelu Large Drives -tuotantolinjalla 41 sivua 14.3.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tuotantotalous
Ohjaajat	Tuotantopäällikkö Timo Eronen Yliopettaja Antero Putkiranta
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää tuotantolinjan kuormitukseen vaikuttavia tekijöitä sekä löytää kehityskohteita tuotannon kuorman tasaamiseksi erityisesti tuotannosuunnittelun näkökulmasta. Tutkimus tehtiin kansainväliselle suuryritykselle noudattaen yrityksessä käytössä olevaa lean-filosofiaa.</p> <p>Tutkimuksessa esitellään tuotantolinja ja käydään läpi sen kuormitukseen vaikuttavia tekijöitä ja nykytilaa. Näiden tutkimisen perusteella kuvaillaan näkemys tavoitetilasta, jossa pyritään vähentämään kaikenlaista vaihtelua tuotantolinjan kuormituksessa.</p> <p>Tavoitetilassa tuotannon kuorma sekä ulostulo ovat mahdollisimman tasaisia ja tämän saavuttamiseksi insinööriyön lopputuloksena esitellään neljä kehityskohdetta. Näistä kolme liittyy asiakkaille näytettävän saatavuuden ja järjestelmässä olevan saatavuuskäsittelyn kehittämiseen ja yksi tuotannon kuorman simulointityökalun kehittämiseen.</p>	
Avainsanat	lean, heijunka, vaihtelu, tuotantotalous, tuotannon kuorma, ta-soittaminen, saatavuus

Author Title	Heidi Kahari Fluctuation of the load in the Large Drives production line
Number of Pages Date	41 pages 14 March 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Industrial Engineering and Management
Instructors	Timo Eronen, Production Manager Antero Putkiranta, Principal Lecturer
<p>The purpose of this bachelor thesis of engineering is to clarify the reasons behind an irregular production line load and to discover development ideas in order to balance it. The reasons and development ideas are from a production planning point of view. The research was performed for a global enterprise by following the Lean philosophy used within the enterprise.</p> <p>The research introduces a production line, factors affecting the production load and the current status. Based on the research a target stage is displayed where ways to decrease different kinds of the fluctuations on a production line load are pursued.</p> <p>In the target state production load and outcome are as equal as possible and to gain this, the research introduces four development ideas as a result. Three of these development ideas focuses on improving availability which is shown to the customers and the processing of the availability in the enterprise resource planning (ERP) system. The fourth is to improve production load simulation tool.</p>	
Keywords	lean, heijunka, fluctuation, industrial management, production load, balancing, availability

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tasaisemman tuotannon avaimet	3
2.1	Sales and Operations Planning	3
2.2	Theory of Constraints	4
2.3	Lean ja sen sovellukset	4
2.4	Leanin historiaa	6
2.5	Leanin peruspilarit	8
2.6	Hukka ja sen kolme eri muotoa	11
2.7	Heijunka ja vaihtelu	12
2.8	Toyotan 14 periaatetta	14
2.9	Visuaalinen johtaminen	16
2.10	Jatkuva parantaminen	18
2.11	Lean-menetelmän onnistunut käyttöönotto	20
3	ABB – yrityksen esittely	21
3.1	ABB	21
3.2	Large Drives -tuotantolinja	22
4	Kysynnän ja tuotannon nykytilan kuvaus	25
4.1	Sales & Operations planning	25
4.2	Tilaus-toimitusprosessi	27
4.3	Tuotantolinjan kuormittaminen	28
4.4	Kuorman epätasaisuuden syyt	30
5	Tavoitetila ja kehityskohteita sen saavuttamiseksi	32
5.1	Saatavuuskäsittely joustavammaksi	32
5.1.1	Upload-ohjelmien kehittäminen toiminnanohjausjärjestelmässä	33
5.1.2	Upload-ohjelman päivittämisen ja käyttöönoton vaikutukset	35
5.2	Tuotannon kuorman tasaamisen problematiikkaa	36
6	Yhteenveto	40
	Lähteet	42

Lyhenteet

ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä.
S&OP	Sales and Operations plan, kokonaissuunnittelu.
SIS	Sales Information System. Sharepoint-sivusto, joka näyttää tuotteiden saatavuutta.
SLA	Service Level Agreement, palvelutaso.
TOC	Theory of Constrains, kapeikkoteoria

1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on analysoida Helsingin Pitäjänmäellä sijaitsevan ABB Oy:n taajuusmuuttajatehtaan Large Drives -tuotantolinjan tuotannon kuormituksen nykytilaa tuotannonsuunnittelun näkökulmasta. Haasteena on kuormituksen vaihtelu eli epätasaisuus ja tavoitteena on löytää tähän mahdollisia kehitysideoita.

Lean on ollut yrityksessä tuttu käsite jo pitkään, mutta ajattelutavan jalkauttaminen kaikkiin toimintoihin ja osa-alueisiin on jatkuvaa työtä, johon panostetaan kokoajan entistä enemmän. Tutkimukseen sisältyy yrityseseittelyn lisäksi teoriaosuus, jossa tuodaan esille lean-filosofian perusteita. Teoriaosuuteen pohjautuen jälkimmäisissä luvuissa kuvataan Large Drives-tuotantolinjan kuormitusta ja päätelmiä sen nykytilasta.

Tutkimustyön tavoitteena on kuvata nykytilaa ja nostaa esille tuotannonsuunnittelun ja toiminnanohjausjärjestelmän mahdollisuuksia ja ongelmakohtia Large Drives -tuotantolinjan tuotannon kuormituksessa ja sen epätasaisuudessa lean-filosofiaan ja sen metodeihin nojautuen.

Aiheesta lean on kirjoitettu niin laajasti, että vaikka punainen lanka säilyy samana, on myös monenlaisia koulukuntia ja ajatuksia siitä, mikä oikeastaan on leania ja mikä ei. Osan mielestä lean on johtamisfilosofia, toisten mukaan toimintastrategia ja joku näkee sen ainoastaan työkalupaketina, josta voi poimia tarpeisiinsa sopivia työkaluja. Tämän tutkimuksen tarkoituksena ei ole sen syvemmin pohtia sitä, mikä on leania ja mikä ei, mutta kaikki tieto pyritään pitämään johdonmukaisena ja ennen kaikkea tutkimukseen liittyen oleellisena.

Tutkimusaihetta analysoidaan tuotannonsuunnittelun näkökulmasta keskittyen tuotevariaatioihin, tuotantokonsepteihin, henkilöstön osaamiseen, järjestelmään ja ennustamisprosessiin. Näiden kaikkien osa-alueiden voidaan nähdä vaikuttavan siihen, miten tuotantolinjan kuormitus ja ulostulo muotoutuu. Kuormitus on epätasaista niin päivätasolla kuin viikkotasollakin, vaikka kuukausittainen valmistusmäärä pysyy kohtuullisen tasaisena. Päivätason vaihtelusta puhuttaessa tarkoitetaan sekä kappalemääräistä epätasaisuutta että tuotekohtaista vaihtelua. Large Drives -tuotantolinjalla valmistetaan useita eri tuotteita, joiden läpimenoaika vaihtelee ja se aiheuttaa haasteensa tuotantolinjan ohjaukseen.

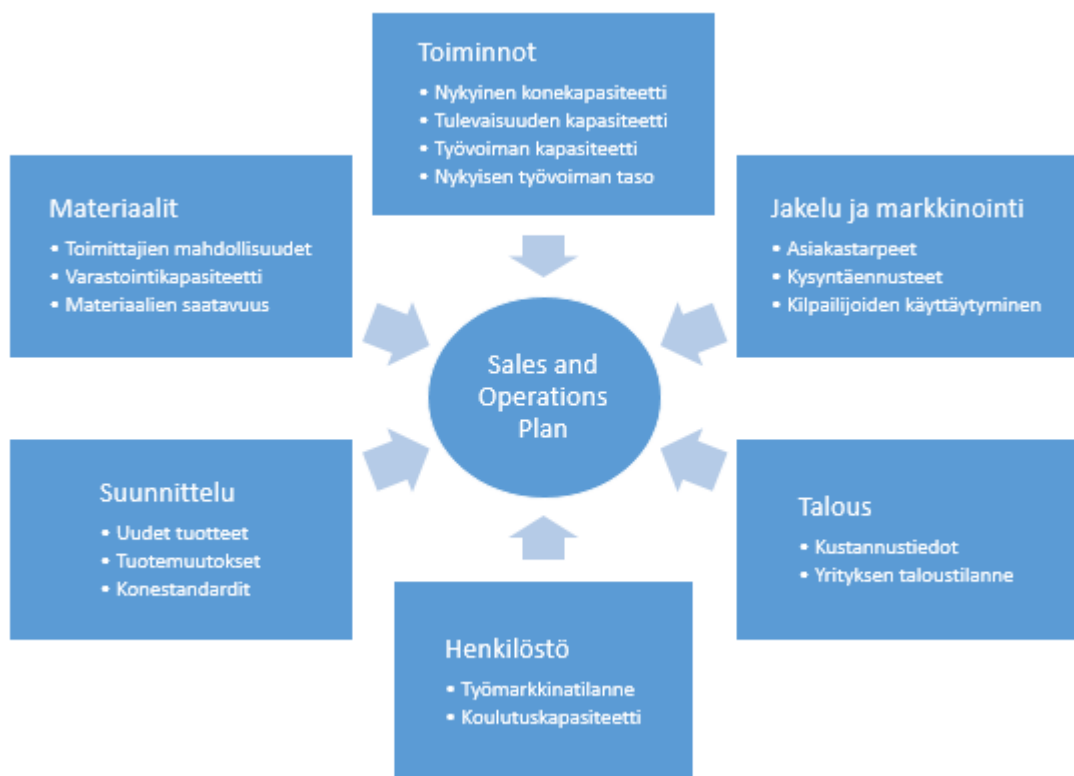
Tutkimuksen alussa käydään läpi työssä käytettyjä teorioita ja leanin historiaa ja perusteita sekä esitellään sen tunnetuimpia työkaluja ja sovelluksia. Vaikka leania voidaan käyttää monilla eri toimialoilla ja soveltaa mitä monipuolisemmin erilaisiin yrityksiin, tässä tutkimuksessa keskitytään leanin alkujuuriin eli tuotantoympäristöön ja siihen, miten tuotanto-organisaatiossa ja erityisesti tuotannonsuunnittelussa voidaan soveltaa lean-filosofiaa.

Seuraavassa luvussa esitellään kohdeyritys ja sen tuotantolinja, jota tutkimus koskee. Tämän jälkeen kuvataan kuormituksen nykytila ja tuodaan esille kehityskohteita joihin erityisesti tuotannonsuunnittelun kautta voidaan vaikuttaa. Yhteenvedossa käydään läpi tutkimuksen tekemistä ja sen tuloksia yrityksen kannalta sekä kehitysten toteutusmahdollisuuksia.

2 Tasaisemman tuotannon avaimet

2.1 Sales and Operations Planning

Sales and operations planning eli kokonaissuunnittelu (S&OP) on yrityksen poikkifunktionaalinen päätöksentekoprosessi. Siihen osallistuvat organisaation eri funktiot eli se yhdistää strategisen ja operatiivisen suunnittelun. Kokonaissuunnitteluprosessi eli lyhemmin S&OP-prosessi on dynaaminen ja kausittain jatkuva, ja sen tarkoituksena on tuottaa yrityksen toimintaa ennustavia lukuja. (Krajewski ym. 2016, s. 400.)



Kuva 1. Kokonaissuunnittelu pätkinänkuoressa (Krajewski ym. 2016, s.397).

Kuvassa 1 on kuvattu kokonaissuunnitteluprosessiin vaikuttavia organisaation eri funktioita. S&OP-prosessin tarkoituksena on siis yhdistää eri funktiot ja luoda koko liiketoiminnan kannalta mahdollisimman optimaalinen suunnitelma, joka vastaa kysyntää. Prosessi lisää luottamusta eri funktioiden välillä, sillä se vaatii yhteistyötä ja parantaa tiedonkulkua. Prosessin myötä ennustetarkkuus paranee, ja se lisää yrityksen kannattavuutta. Operatiiviset funktiot tekevät S&OP-prosessin tuottamien lukujen perusteella tarkemman tason suunnittelua esimerkiksi henkilöstökapasiteetin, materiaalien sekä tuotantomäärien ja -aikataulujen suhteen.

2.2 Theory of Constraints

Theory of Constraints (TOC) eli kapeikkoajattelu on teoria, jonka on kehittänyt Eliyah M. Goldratt 1990-luvulla. Sitä käytetään, kun tuotannon tavoitteena on läpivirtauksen kasvattaminen samalla varastoa ja käyttökustannuksia pienentäen. Teoria soveltuu tilanteisiin, joissa myynti ylittää valmistuskapasiteetin. Kapeikkoajattelu perustuu pullonkauloihin ja niiden avartamiseen. (Krajewski ym. 2016, s. 199.)

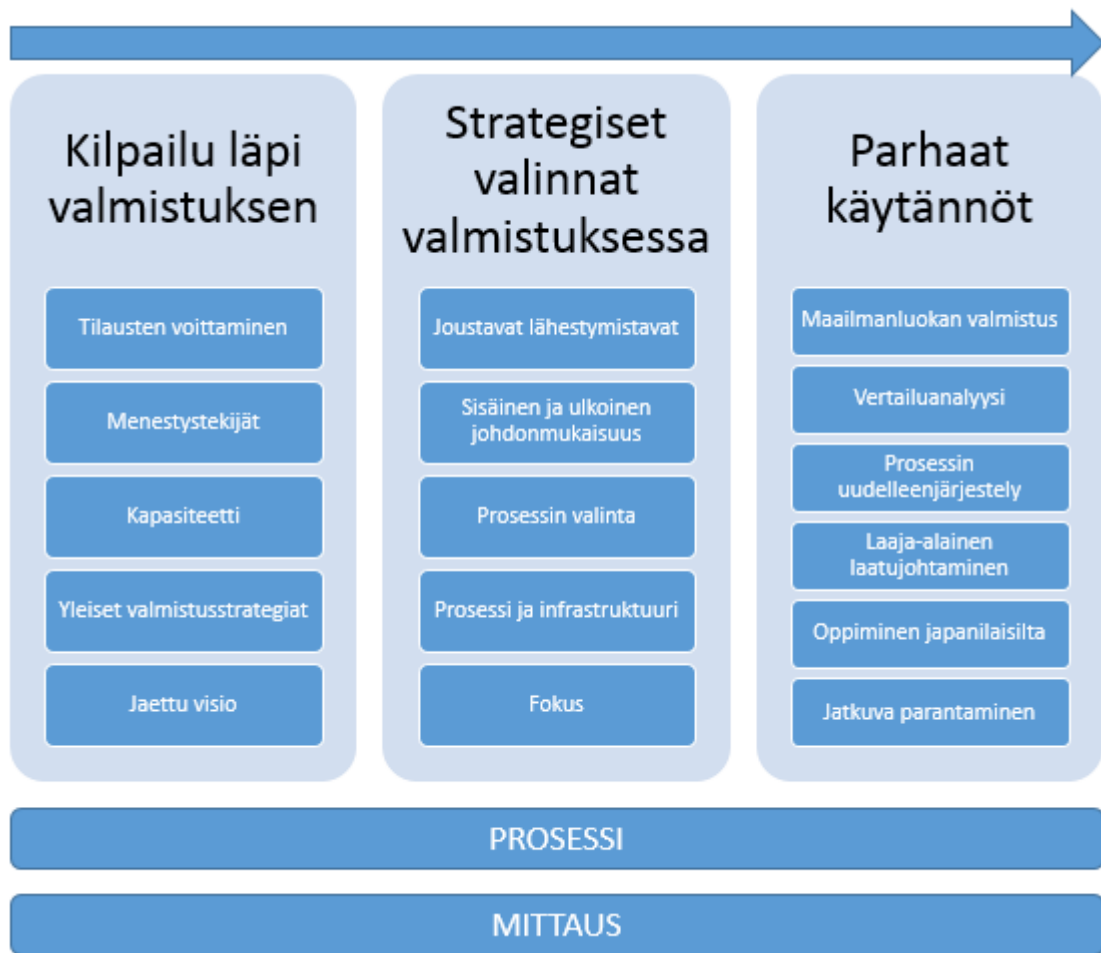
Kapeikkoajattelun pääperiaatteiden mukaan systeemissä tai prosessissa tulisi keskittyä virtauksen tasoittamiseen, ei kapasiteetin tasoittamiseen. Ulostulon maksimointi ja jokaisen resurssin tehokkuus ei välttämättä maksimoi koko järjestelmän läpimenoa. Kapeikossa menetetty tunti ei ole menetetty ainoastaan kapeikossa vaan koko prosessissa, kun taas kapeikkojen ulkopuolella saavutettu tunnin hyöty ei tee prosessista yhtään tehokkaampaa vaan on jopa haitaksi. Tällaisia haittoja ovat esimerkiksi turhat varastot. Puskurointia eli esimerkiksi välivarastoja tarvitaan ainoastaan pullonkaulojen edessä, jotta kapeikossa ei olisi yhtään odotusaikaa. Työtä tulee vapauttaa prosessiin sitä mukaa, kun se pystyy virtaamaan kapeikon läpi, ja kapeikon koon tulee olla määritelty vastaamaan kysyntää. Kapeikkojen ulkopuolisten resurssien tehostaminen ei lisää prosessin virtausta, mikäli kapeikkoa ei saada avarrettua. (Krajewski ym. 2016, s. 200.)

2.3 Lean ja sen sovellukset

Lean on kokonaisuus, jota noudatettaessa organisaatiosta tulee oppiva ja jatkuvasti kehittyvä. Lean ei ole vain kokoelma työkaluja, joista voi poimia käyttöön haluamansa, vaan se on ajattelutapa. Koko organisaatio tulisi saada ymmärtämään, mitä lean todella on ja miten kukin voi toimia työssään sen oppien mukaisesti.

Yrityksen visioiden ja tavoitteiden tulisi olla linjassa keskenään ja niiden toteuttamisen sekä niihin pääsemisen olla yhdenmukaista ylimmästä johdosta alkaen läpi koko henkilöstön. Vision, strategian ja tavoitteiden määrittäminen vaatii useiden valintojen tekemistä aina johtamisesta tuotantoon. Näiden valintojen perusteella voidaan organisaatiolle rakentaa tavoitteiden mukaiset prosessit ja kehittää niitä jatkuvasti.

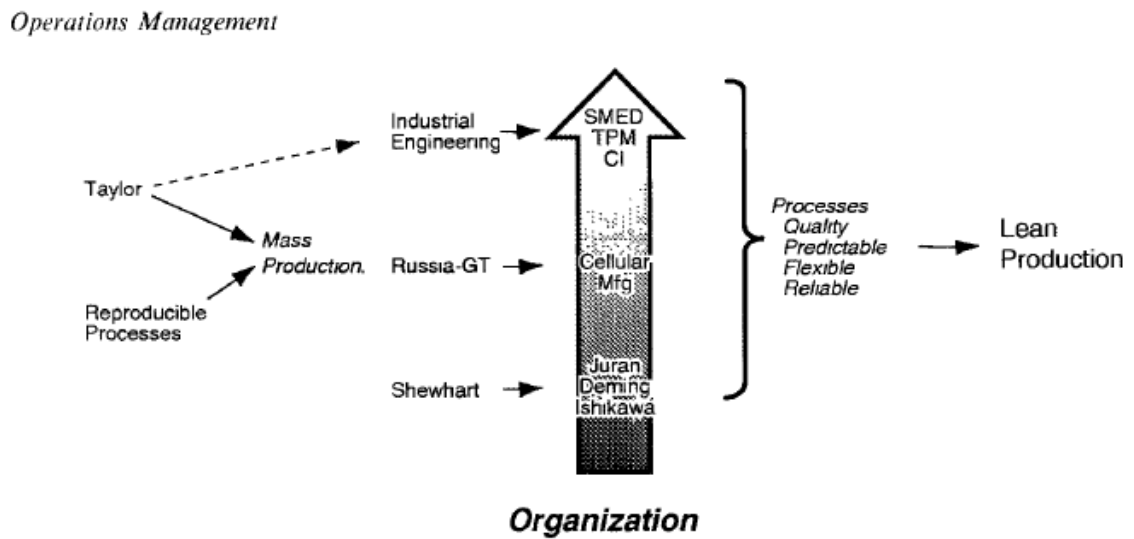
Artikkelissaan "Operations management – from Taylor to Toyota – and Beyond?" C. A. Voss tuo esille kolme tyyppiesimerkkiä, joista valmistusstrategia koostuu.



Kuva 2. Valmistusstrategian koostumus (Voss 1995, s. 9).

Kuvassa 2 on Vossin artikkelissaan kuvaaman valmistusstrategian koostumus. Nämä kolme tyyppiesimerkkiä valmistusstrategian sisällöstä liittyvät läheisesti toisiinsa ja niiden pohjalta voidaan rakentaa prosessi, jota voidaan mitata ja kehittää.

2.4 Leanin historiaa



Kuva 3. Lean-tuotannon kehitys Taylorista Toyotaan (Voss 1995, s. 5).

Professori C. A. Voss kirjoittaa *British Journal of Management* -lehdessä julkaistussa artikkelissaan siitä, kuinka viime vuosisadalla on vähitellen päästy siihen, mitä Lean Production todellisuudessa tarkoittaa. Kuvan 3 mukaisesti kaikki alkoi Frederick W. Taylorin ja Henry Fordin aikaisesta massatuotannosta. Avainasemassa lean-tuotannon kehityksessä oli organisaatio ja sen sisällään pitämien tiimien ja henkilöiden roolit sekä vastuut. Massatuotannosta edettiin soluvalmistukseen ja alettiin lyhentämään asetusajoja sekä tekemään ennakoivia huoltoja. Näistä kehitettiin prosessit ja saatiin aikaan laatua, ennustettavuutta, joustavuutta sekä luotettavuutta, mikä johti lopulta leanin syntymiseen.

Käsitettä Lean Production käytettiin ensimmäistä kertaa vuonna 1988 John Krafcikin kirjoittamassa artikkelissa lean-tuotantojärjestelmän riemuvoitto. Se julkaistiin *Sloan Management Review* -lehdessä. Artikkelissa verrataan eri autonvalmistajien tuottavuustasoja sekä järeää ja haurasta tuotantojärjestelmää. Artikkelin toi esiin sen, että tuottavuutta ei saa pelkästään mittakaavaeduilla ja huipputekniikalla. Krafcik osoitti, että Toyotan tehtaot, joissa oli pienet varastot, pienet puskurit ja yksinkertainen tekniikka, pystyivät takaamaan hyvän tuottavuuden ja laadun. Ensimmäistä järjestelmää hän nimitti järeäksi ja jälkimmäistä hauraaksi, mutta sen negatiivisen sävyn vuoksi päätti antaa tehokkaalle tuotantojärjestelmälle nimen lean. (Modig & Åhlström 2015, s. 78.)

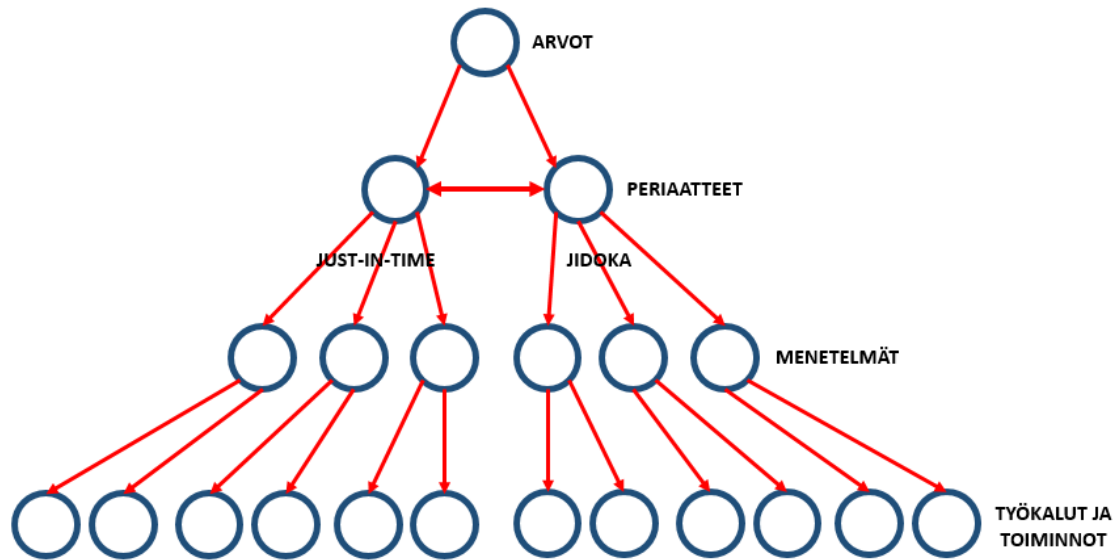
Vaikka Krafcik antoi leanille nimen, sen perusta on nimenomaan Toyotalla kehitetyssä tuotantofilosofiassa. Sen isänä pidetään Taiichi Ohnoa, joka aloitti uransa Toyotalla vuonna 1932 ja jatkoi tuotantofilosofian kehittämistä lähes 60 vuotta. Ohno ja Eiji Toyoda antoivat filosofialle nimen Toyota Production System (TPS). ”Tarkastelemme asiakkaalta saadun tilauksen ja maksun saamisen välistä aikaa. Karsimme jatkuvasti arvoa tuottamattomia toimintoja, jotta pystymme lyhentämään aikataulua.” Näin kirjoittaa Taiichi Ohno kirjassaan *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. Kirja julkaistiin Japaniksi vuonna 1978, mutta käännettiin Englanniksi vasta 1988. (Modig & Åhlström 2015, s.77.)

Leanin juuret ovat siis syvällä Toyotan autotehtaissa ja historiaa vuodesta 1988 on vaikeaa kuvata yksioikaisesti. Lähes kolmenkymmenen vuoden aikana aihetta on tutkittu paljon ja siitä on kirjoitettu lukuisia kirjoja ja artikkeleita. Viimeisen kymmenen vuoden aikana lean on lähtenyt leviämään tuotantoyrityksistä terveydenhuoltoalalle ja palveluyrityksiin. Jos lean oli alkujaan kehitetty tehostamaan tuotantoa pakon sanelemana sodan jälkeisestä resurssipulasta johtuen, on sitä viime vuosina opittu soveltamaan monin eri tavoin.

Toyota Motor Corporationin vuonna 2002 pääjohtajana toiminut Fujio Cho kiteyttää ideologian seuraavasti: ”Me pidämme tärkeimpänä varsinaista toteutusta ja toimimista. On monia asioita, joita ei ymmärretä ja siksi me kysymme: miksi et vain jatkaisi eteenpäin ja ryhtyisi tekoihin, yrittäisit tehdä jotain? Ymmärrät kuinka vähän tiedät, kohtaat oman epäonnistumisestasi, voit yksinkertaisesti korjata nuo virheet, tehdä asian uudelleen, ja toisella yrityskerralla huomaat toisen virheen tai jonkun asian, josta et pidä, joten voit tehdä sen uudelleen jälleen kerran. Jatkuvalle parantamiselle, tai pitäisikö sanoa toimintaan pohjautuvalle parantamiselle, voi nousta kokemuksen ja tietämyksen korkeimmalle tasolle. (Liker 2010, s. 3.)

2.5 Leanin peruspilarit

Niklas Modig ja Pär Åhlström korostavat kirjassaan Tätä on Lean, että lean on toimintastrategia, joka korostaa resurssitehokkuuden sijaan virtaustehokkuutta.



Kuva 4. Leanin peruspilarit. (Modig & Åhlström 2015, s. 138)

Kuvassa 4 kuvataan hyvin leanin perusidea riittävän karkealla tasolla. Modig ja Åhlström kirjoittavat kirjassaan paljon siitä, että mitä abstraktimmalla tasolla aihetta käsitellään, sen helpompi sitä on soveltaa erilaisissa ympäristöissä. Kaikilla organisaatioilla on väistämättä olemassa arvot, mutta se, miten niitä noudatetaan käytännössä, riippuu siitä, miten yritystä johdetaan. Silti ne ovat jokaisen organisaation peruslähtökohta.

”Arvomme määrittävät, miten meidän on toimittava, oli talomme tilanne tai asiayhteys mikä tahansa. Arvot ovat olemassaolomme perusta ja tila, johon jatkuvasti pyrimme. Periaatteet määrittävät miten teemme päätöksiä ja mitkä asiat ovat meille tärkeimpiä. Just-in-time ja jidoka näyttävät suunnan, johon organisaatiota tulee kehittää. Kohti asiakasta! Kohti kaunista puuta! Menetelmät määrittävät, miten suoritamme eri tehtäviä. Menetelmät ovat moottori, jonka tuottamalla voimalla siirrymme oikeaan suuntaan. Jotta voimme noudattaa menetelmää, meillä pitää olla työkaluja ja meidän on tehtävä toimintoja. Kaikki tämä on osa järjestelmää, joka kehittää jatkuvasti ja vähä vähältä organisaatiomme uskomattoman kauniiksi puuksi.” (Modig & Åhlström 2015, s. 139.)

Just-in-time (JIT) on leanin perussanastoa ja toinen peruspilareista. Se on käännetty suomeksi ”juuri oikeaan tarpeeseen” tai ”juuri oikeaan aikaan”. Idea on siinä, että asiakkaille tarjotaan juuri sitä mitä he haluavat ja silloin, kun he sitä haluavat. Tuotteiden tulee ”virrata” tuotannon läpi. ”JIT on joukko periaatteita, työkaluja ja menetelmiä, joiden avulla

yrittäjä voi tuottaa ja toimittaa tuotteita pieniä määriä lyhyillä läpimenoajoilla asiakkaan erityisten tarpeiden täyttämiseksi. Yksinkertaisesti sanottuna JIT toimittaa oikean määrän oikeita artikkeleita oikeaan aikaan. JIT:n voima on siinä, että sen avulla pystyy reagoimaan kysynnän päivittäisiin vaihteluihin, mikä on juuri se, mitä Toyota tarvitsi.” (Liker 2010, s. 23.)

Varsinkin logistiikassa just-in-time on paljon käytössä ja sen avulla saadaan eliminoitua esimerkiksi turhaa varastointia. Kaiken turhan eli hukkan poistaminen on yksi leanin tunnetuimpia toimintatapoja ja just-in-timen avulla hukkaa saadaan poistettua lisäämällä toiminnan tehokkuutta toimimalla juuri oikeaan aikaan ja juuri oikeaan tarpeeseen. Mitä parempi on varaston kiertonopeus, sitä vähemmän varastointiin sitoutuu pääomaa ja sitä saadaan vapautettua muuhun käyttöön. Materiaaleja tilataan vain siihen tarpeeseen, jota asiakas haluaa, ja ne toimitetaan juuri sillä hetkellä, kun ne on tarkoitus kuluttaa. Näin materiaalit eivät odota varastoissa viikkoja. Se on aikaa, josta asiakas ei halua maksaa eikä täten tuota asiakkaalle lainkaan arvoa.

JIT on teoriana ja ideaalitulanteessa järkevä tapa toimia, mutta se saattaa aiheuttaa haittatilanteita esimerkiksi sellaisissa tapauksissa, joissa kolmas osapuoli eli tavarantoimittaja ei jostain syystä pystykään toimittamaan tilattuja tuotteita oikeaan aikaan tai laadukkaasti. Tällaisissa poikkeustilanteissa pienet varastotasot saattavat aiheuttaa pitkiäkin tuotannon pysähtymisiä, joita tuki pystytään ehkäisemään ennakoivalla laadunvalvonnalla ja kolmannen osapuolen ylläpitämällä puskurivarastoilla.

Sakichi Toyoda oli Toyota Motor Corporationin perustajan Kiichiron isä, jonka ajatuksesta sen sijaan jidoka sai alkunsa. Hän lanseerasi vuonna 1896 kangaspuut, jotka oli automatisoitu. Niissä oli ainutlaatuinen toiminto, jonka ansiosta tuotanto pysähtyi automaattisesti, jos lanka katkesi. Automaattisen pysäytyksen ansiosta oli mahdollista määrittää, analysoida ja eliminoida ongelma välittömästi. Jidoka tarkoittaa ”automatisointia inhimillisellä otteella”. (Modig & Åhlström 2015, s. 70.)

Jidokan tarkoituksena on siis estää virheellisten suoritteiden eteneminen prosessissa. Löydökset voivat olla joko koneellisia tai ihmisen havaitsemia. Ideana on havaita virheitä ja ongelmia prosesseissa, puuttua niihin välittömästi ja korjata juurisyitä. Jidokan avulla toimintaa kehitetään jatkuvasti, kun tekeminen keskeytyy välittömästi ongelmien ilmetessä ja juurisyitä selvitetään ja korjataan.



Kuva 5. Jidokan ydin (Toyota 2016).

Kuva 5 havainnollistaa päivittäisten parannusten kulkua Toyotan tuotannossa. Virheiden estämiseen on Toyotalla kehitetty myös Poka-Yoke -menetelmä, jonka tarkoituksena on saavuttaa virheettömyys tuotannossa. Virheellisten tuotteiden pääseminen etenemään linjalla estetään joko niin, että henkilö tarkastaa tuotteet visuaalisesti tai ne tuotantolinjalle on asennettu ”Poka-Yoke -laitteita”, jotka huomaavat virheen. Koko tuotantolinjan henkilöstö on vastuussa siitä, että virheelliset asennukset huomataan. Poka-Yoke on siis virheentarkastusmenetelmä, joka voidaan toteuttaa joko henkilöiden tekemin tarkastuksin tai koneellisesti. Oleellista on myös virheiden juurisyyn analysointi ja korjaaminen välittömästi, jotta samanlaiset virheet pystytään jatkossa estämään. (Toyota 2016.)

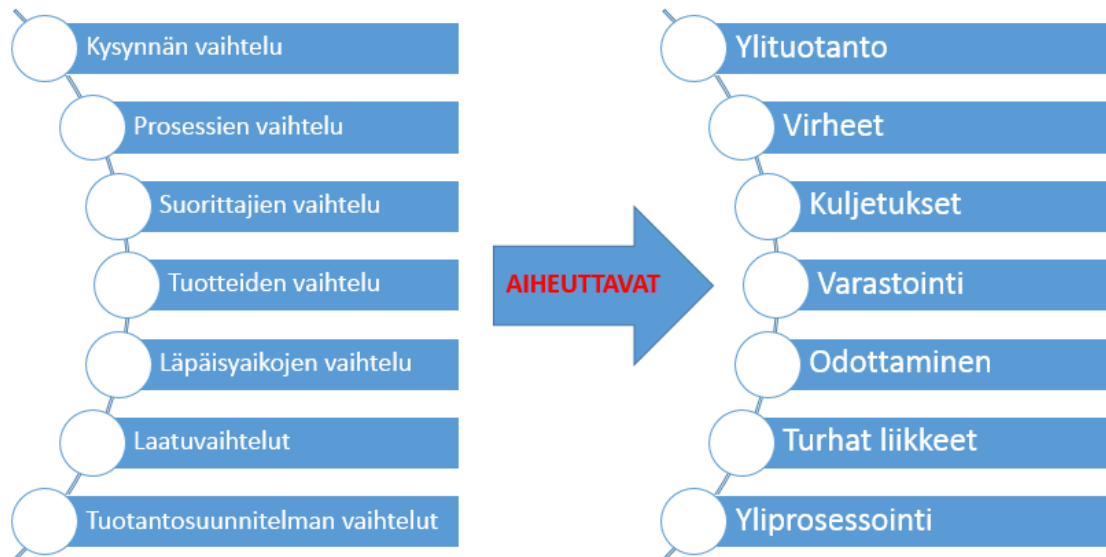
2.6 Hukka ja sen kolme eri muotoa

Hukan poistaminen on yksi tunnetuimpia leanin perusteita. Se on keino, jolla kasvataan läpimenoa ja sen virtausta ja lisätään tuotteelle arvoa. Hukkaa on kaikki, mikä ei lisää lopputuotteen arvoa asiakkaan silmissä millään tavalla eli mistä asiakas ei ole valmis maksamaan. Tällöin asiakastarpeen täyttämiseen käytetään siis enemmän resursseja kuin on tarpeen. Antti Piirainen kirjoittaa artikkelissaan ”Lean ja hukka – Muda, Mura ja Muri”, että hukka on aina seurausta jostakin ja sen tunnistaminen kertoo prosesseissa olevan ongelmia ja onkin hyvä keino nostaa niitä esiin. Yksinkertaistettuna se on seurausta huonosta vaihtelun hallinnasta.

Hukka voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan: Muda (waste), Mura (unbalanced) ja Muri (overburning). Yleisimmin keskitytään Mudaan, joka on hukan yleisimmin tunnettu muoto. James Womack toteaa eräässä kirjoituksessa, että hän esitteli Mudan ensimmäisenä ja nosti sen esiin, sillä se on helposti ymmärrettävissä ja siitä on helppo kertoa. On kuitenkin erittäin tärkeää tunnistaa, että kaikki hukan muodot ovat yhtä tärkeitä. (Piirainen 2014.) Toinen määritelmä hukalle on, että Mura ja Muri eivät itsessään ole hukkaa, mutta ne on syytä ottaa huomioon hukkaa poistettaessa.

Muda eli hukka voidaan luokitella seitsemään eri luokkaan, joiden on tunnistettu olevan itsessään arvoa lisäämättömiä toimintoja. Niitä ovat ylituotanto, virheet, kuljetukset, varastointi, odottaminen, turhat liikkeet ja yliprosessointi. Yleisimpiä syitä tällaisiin ovat esimerkiksi kommunikaation puute tai heikkous, vajavaiset resurssit tai se, että asiakkaan tarpeita ei tunnisteta ja ymmärretä kunnolla. Aiemmin tunnistettujen seitsemän Mudan lisäksi on tuotu esille joidenkin tutkijoiden mielestä kaikkein tärkein tunnistettu hukka. Se on työntekijöiden osaamisen käyttämättä jättäminen. Tämä on lean-johtamisessa merkittävä hukan laji ja sitä pystytään eliminoimaan sijoittamalla henkilöt organisaatiossa tehtäviin, joissa heidän osaamisestaan saadaan kaikki mahdollinen hyöty esille.

Mura on toiminnan epätasaisuutta tai hajontaa, ja sitä voi ilmetä tuotantolinjan lisäksi missä tahansa toiminnassa tai työsuorituksessa, joka ei tapahdu tasapainossa. Vaihtelu on väistämätöntä, ja se aiheuttaa epätasapainoa sekä hukkaa. Epätasaisuutta aiheuttavat esimerkiksi kysynnän vaihtelut, prosessointiaikojen vaihtelu tai yksinkertaisimmillaan vaikkapa se, että henkilöstön työskentelynopeus vaihtelee. Muda on muran seuraus. (Liker s. 114.)



Kuva 6. Mura aiheuttaa mudaa. (Roser 2016)

Muri sen sijaan on ylikuormitusta, joka kohdistuu työsuorituksen tekevään kohteeseen. Muria voidaan havaita missä tahansa toiminnossa, joka lisää arvoa. Sopivan työkuorman löytäminen prosessin jokaiseen vaiheeseen on avain Murin estämiseen. Muria aiheuttavat esimerkiksi osaamattomuus, huono suunnittelu, aliarviointi ja heikko suunnittelu. Resurssien suunnitteleminen niin, että missään vaiheessa ei tule esille ylikuormitusta, on johtamisessa erittäin tärkeää. Murin eliminointi henkilöstön oikeisiin tehtäviin sijoittamisessa eliminoi aiemmin mainittua kahdeksatta hukkaa, jossa henkilöstön osaamista ei osata hyödyntää riittävästi. Ylikuormittaminen aiheuttaa turhaa kiirettä ja kasaa töitä prosessin yhteen vaiheeseen, mikä taas tekee toiminnoista epätasaisia eli aiheuttaa Mudaa. (Pirainen 2014.)

2.7 Heijunka ja vaihtelu

Japaninkielinen sana heijunka (engl. leveling) merkitsee tasoittamista. Heijunka on keino hukan eliminointiin, sillä tasaisempi tuotanto aiheuttaa vähemmän Muraa eli vaihtelua. Heijunka liittyy työn määrän säätelyyn tuotantosuunnitelmassa määrän ja valikoiman osalta tiettyä ajanjaksona. Se on edellytys kyvylle tuottaa juuri oikeaan aikaan (JOT). Heijunkaa hyödynnetään välttämään liiallista eräajoa eri tuotetyyppeihin ja tuotantomääriin liittyen. (Lean-sanasto 2012.)

Kaikenlainen vaihtelu aiheuttaa sen, että täydellisen ”leania” tuotantoa on mahdotonta saavuttaa. Vaihtelua pyritään tasaamaan erilaisin puskurein. Puskuri (buffer) voi olla aikaa, varastoa tai kapasiteettia. Näiden painotus ja käyttäminen määrittelevät pitkälti yrityksen kustannuksia. Kysyntäpiikkejä voidaan tasoittaa pitämällä materiaaleja varastossa kysyntää enemmän ja varautumalla kapasiteetin puolesta jatkuvasti tai tarvittaessa tekemään enemmän. Näiden ylläpitäminen vaatii taloudellisia resursseja ja yritykset yleisesti välttävät pääoman sitouttamista näihin.

”Usein on parasta koota varasto valmiita tuotteita tuotantoaikataulun tasoittamiseksi sen sijaan, että tuottaisi epävakautta asiakkaiden tilausten vaihtelevan kysynnän takia. Aikataulun tasapainottaminen (heijunka) on perusta virtaus- ja imu-järjestelmille ja tuotantoketjun varaston minimoimiselle. (Tasapainotettu tuotanto tarkoittaa tuotettujen kappaleiden määrän ja valikoiman tasoittamista niin, että tuotanto vaihtelee vain vähän päiväkohtaisesti).” (Liker 2010, s. 8.)

Aikapuskurointi pidentää toimitusaikoja, mutta jo parin päivän pidennys auttaa pehmentämään tuotantoon kohdistuvia kysyntäpiikkejä. Tämä kasvattaa keskeneräisen työn määrää ja täten myös sitoo pääomaa. Vaihtelun tasaamiseksi jonkinlainen puskurointi on pakollista, mutta se aiheuttaa kustannuksia, joita pyritään kaikin tavoin välttämään. Puskuroinnin ja tuotannon vaihtelun kanssa tasapainoilu onkin melkoista matematiikkaa, johon yleispätevää oikeaa vastausta on vaikeaa löytää. Lean antaa siihen keinoja ja menetelmiä, mutta absoluuttista tuloksen maksimoivaa vastausta tähän paradoksiin ei ole.

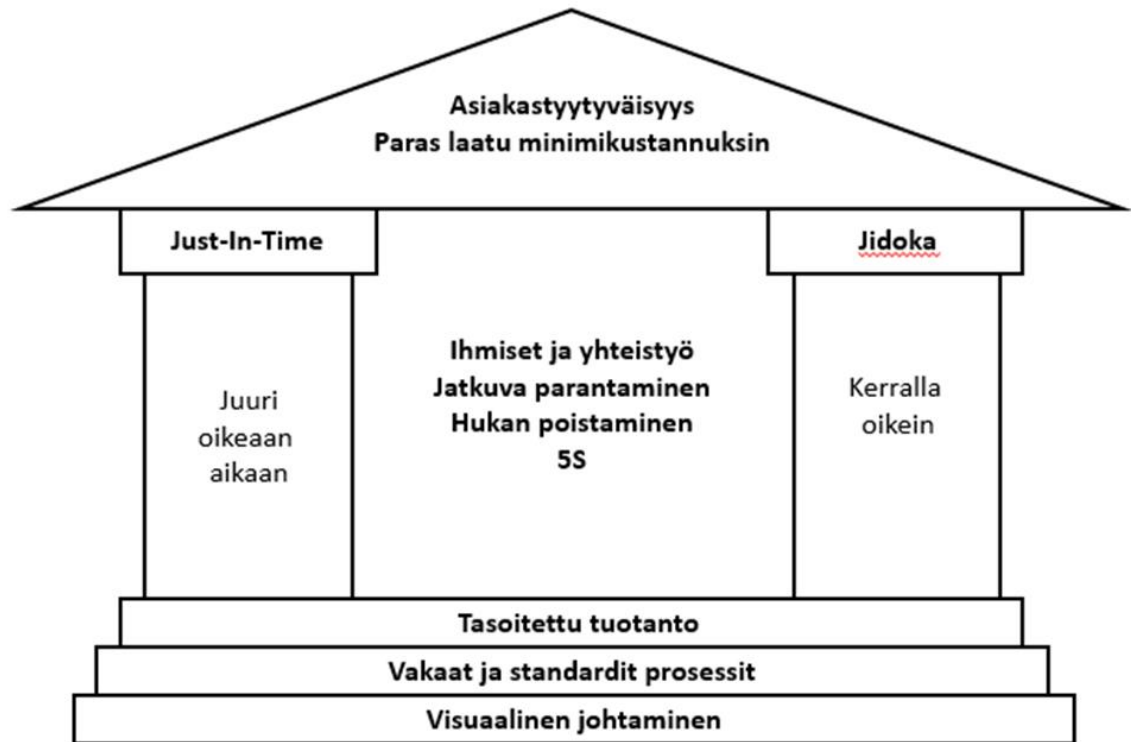
Eero E. Karjalainen kirjoittaa artikkelissaan ”Lean-toiminnan lainalaisuudet” kuinka pitäisi toimia, jos halutaan edetä kohti leania. Tähän on kuusi vaihetta, joista kohtia 3–5 tulee toistaa jatkuvasti. Näiden kuuden vaiheen toteuttaminen vähentää vaihtelua ja tasoittaa tekemistä, jolloin tuotanto virtaa paremmin ja puskurointia voidaan vähentää eli tekemisestä tulee välittömästi kustannustehokkaampaa. (Karjalainen 2015.)

- 1 Pienennä ilmeistä hukkaa.
- 2 Aloita merkittävästä kapasiteettipuskurista.
- 3 Ohjaa suoraan prosessin WIP (Work in Process eli keskeneräinen työ). (imuohjaus

Mitä alempi on WIP-taso, sitä lyhemmäksi myös jaksoaika (CT eli cycle time) asettuu ja myös läpimeno laskee (TH eli throughput) ja sitä selvemmin voidaan ongelmien juurisyitä havaita.

- 4 Pysäytä tuotanto, jos on vikoja tai ongelmia ja eliminoi ongelmat.

- 5 Kun vaihtelu on vähentynyt, kapasiteettipuskuria voidaan pienentää.
- 6 Jatka toimintaa askelia 3–5 toistaen. Jatkuva parantaminen.



Kuva 7. Lean-talo.

Kuvaan 7 on poimittu tähän tutkimukseen liittyen Lean-talon keskeisimmät rakenteet. Tasoitettu tuotanto eli heijunka on yksi perusteista.

2.8 Toyotan 14 periaatetta

Jeffrey K. Liker (Liker 2010, s. 37.) tiivistää Toyotan 14 periaatetta kirjassaan ”Toyotan tapaan”. Se on laajasti maailmalle levinnyt teos siitä, miten Toyotalla noudatetaan lean-filosofiaa. Toyotan tapa ei suoraan sovi mihinkään muuhun organisaatioon, vaan jokaisen toimialan ja yrityksen on oleellista soveltaa näitä käytäntöjä omiin tarpeisiinsa. Toyotalla on paneuduttu leanin kehittämiseen ja tutkimiseen vuosikymmeniä, joten näihin 14 periaatteeseen tiivistyy koko filosofian ydin.

- 1 Tee päätökset pitkän tähtäimen filosofian pohjalta, mutta myös lyhyen tähtäimen taloudellisten tavoitteiden kustannuksella.
- 2 Luo jatkuva prosessin virtaus tuodaksesi ongelmat esille.
- 3 Käytä imujärjestelmiä välttääksesi ylituotantoa.
- 4 Tasapainota työmäärää (heijunka).
- 5 Luo kulttuuri, jossa pysähdytään korjaamaan ongelmia, jotta laatu saataisiin kuntoon heti ensimmäisellä kerralla.
- 6 Standardoidut tehtävät ovat jatkuvan parantamisen ja työntekijöiden sitouttamisen perusta.
- 7 Käytä visuaalista ohjausta, jotta ongelma eivät jää piiloon.
- 8 Käytä ainoastaan luotettavaa, perusteellisesti testattua teknologiaa, joka palvelee ihmisiä ja prosesseja.
- 9 Kasvata johtajia, jotka ymmärtävät työn perusteellisesti, noudattavat filosofiaa ja opettavat sitä muille.
- 10 Kehitä poikkeuksellisen eteviä ihmisiä ja ryhmiä, jotka noudattavat yrityksen filosofiaa.
- 11 Kunnioita yhteistyökumppaneilla ja alihankkijoilla laajennettua verkostoa tarjoamalla heille haasteita ja auttamalla heitä kehittymään.
- 12 Mene itse paikan päälle, jotta ymmärrät tilanteen perusteellisesti (Genchi Genbutsu)
- 13 Tee päätöksiä hitaasti ja yksimielisyyden pohjalta kaikkia vaihtoehtoja perusteellisesti harkiten ja toteuta päätökset nopeasti.
- 14 Tee yrityksestäsi oppiva organisaatio väsymättömän arvioinnin (Hansei) ja jatkuvan parantamisen (Kaizen) kautta.

2.9 Visuaalinen johtaminen

Visuaalisen johtamisen ja visuaalisen ohjaamisen tarkoituksena on se, että voidaan yhdellä silmäyksellä nähdä esimerkiksi tuotannon eteneminen tai prosessin kulku. Visuaalisena ohjaimena voidaan käyttää mitä tahansa viestintävälinettä, jonka avulla saadaan nopeasti selville, miten oma tai muiden työ sujuu. Visuaalisuus helpottaa tuotantojärjestelmän toiminnan ymmärtämistä ja ohjaamista sekä ilmaisee poikkeamat. (Tuominen 2010, s. 82.)

”Visualisointitaulu on tavallisimpia Toyotaan yhdistettyjä työkaluja. Tarkoituksena on tehdä prosessin eteneminen näkyväksi visualisoimalla prosessiin liittyviä ja tuloskeskeisiä mittareita. Onko virtaus normaali vai poikkeako se normaalista? Visualisointitaulua käyttävät organisaatiot voivat valvoa prosessin virtauksen tilaa vaivattomasti. Heti kun poikkeamia havaitaan, voidaan ryhtyä toimenpiteisiin.” (Modig & Åhlström 2015, s. 145.)

Visuaalisen johtamisen keskeinen periaate on Genchi genbutsu. Se tarkoittaa sitä, että pitää mennä itse paikan päälle katsomaan, jotta voi ymmärtää tilanteen perusteellisesti. (Liker 2010, s. 223.) Japaninkielinen sana genchi tarkoittaa paikkaa ja genbutsu todellisia materiaaleja tai tuotteita. Toinen samaa asiaa kuvaava termi on gemba, joka käännettynä tarkoittaa ”todellista paikkaa”. (Liker 2010, s.224) Tuotantolaitoksissa käytetään termiä ”gemba walk”, joka tarkoittaa sitä, että esimerkiksi työnjohtajat käyvät päivittäin säännöllisesti kävelemässä tuotannossa työntekijöidensä keskuudessa ja katsomassa, että kaikki toimii.

Toinen olennainen osa visuaalista johtamista on 5S, joka tarkoittaa yksinkertaistettuna sitä, että oikean asian on oltava oikealla paikalla. Tätä voidaan soveltaa esimerkiksi tuotantotilojen siisteyteen tai prosessien parantamiseen. Tämä tukee genchi gembutsua, sillä 5S-menetelmän avulla visuaalinen ohjaaminen paranee ja ongelmat on helpommin havaittavissa, kun mennään paikan päälle katsomaan. Tuotantoympäristössä 5S-menetelmän käyttöönotto kulkee nimensä mukaisesti viidessä vaiheessa. 5S tulee japaninkielisistä sanoista Seiri (lajittele), Seiton (järjestä), Seiso (puhdistaa), Seiketsu (Standardoi), Shitsuke (ylläpidä). (Liker 2010, s. 150.) Jotkin yritykset ovat ottaneet käyttöön myös kuudennen S-kirjaimen (6S), joka tulee englanninkielisestä sanasta safety eli turvallisuus.

Ensimmäisessä vaiheessa työpisteeltä tai muulta valitulta alueelta karsitaan kaikki tarpeettomat tavarat, joita säilytetään ”pahan päivän varalle” tai ”jos joku joskus tarvitsee johonkin”. Tämä vapauttaa tilaa muuhun käyttöön ja luo alueelle jo heti ensimmäisessä vaiheessa siistimmän yleisilmeen. Systematisointivaiheessa alueelle jätetyille tarpeellisille tavaroille merkitään paikat, joissa niitä säilytetään. Jokaiselle työkalulle merkitään esimerkiksi oma koukku, jossa sitä tulee säilyttää. Roska-astiat tai muut lattialla säilytettävät tavarat paikoitetaan teippaamalla niille lattiaan alueet, joissa niitä säilytetään.



Kuva 8. ABB:n taajuusmuuttajatuotantolinjan työkalumerkinnät.

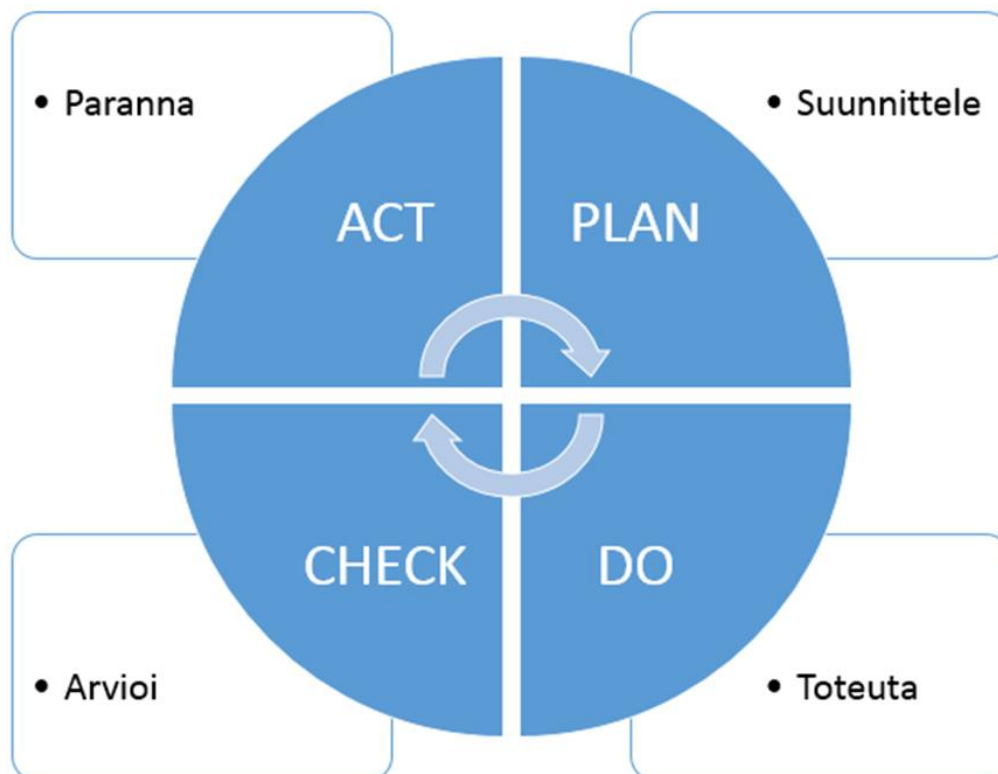
Kolmas vaihe on siivoaminen. Kun kaikki ylimääräinen on karsittu pois ja jäljelle jäävät tavarat on paikoitettu ja merkitty, voidaan aloittaa päivittäinen siivoaminen. Työpäivän lopuksi kaikki tavarat siivotaan niille kuuluville paikoille. Neljännessä vaiheessa toimintamalli standardisoidaan. Tämä tarkoittaa, että sovitaan käytännöt ja aikataulut 5S:n ylläpitämiseen. Viimeinen vaihe on seuranta ja tämä toteutetaan yleensä esimerkiksi kuukausittaisilla siisteysauditoinneilla.

Ensimmäiset kaksi vaihetta ovat kertaluontoisia isompia projekteja, jotka voidaan tarvittaessa toistaa myöhemmin, mikäli tarpeetonta tavaraa on alkanut kertymään tai uusia tavaroita tai työkaluja on merkitsemättä ja paikoittamatta. Vaiheet 3–5 ovat 5S-toimintamallin ylläpitämistä, joita toistetaan säännöllisesti.

Perimmäinen idea 5S-menetelmässä on tuottavuuden parantaminen. Kun työvälineet ovat järjestyksessä ja merkityillä paikoilla, ei työntekijällä kulu aikaa turhaan etsimiseen. Hyvin organisoidut työpaikat vähentävät vaihtelua, sillä tarvittavia asioita ei joudu etsimään. Samalla työn laatu ja työturvallisuus paranee.

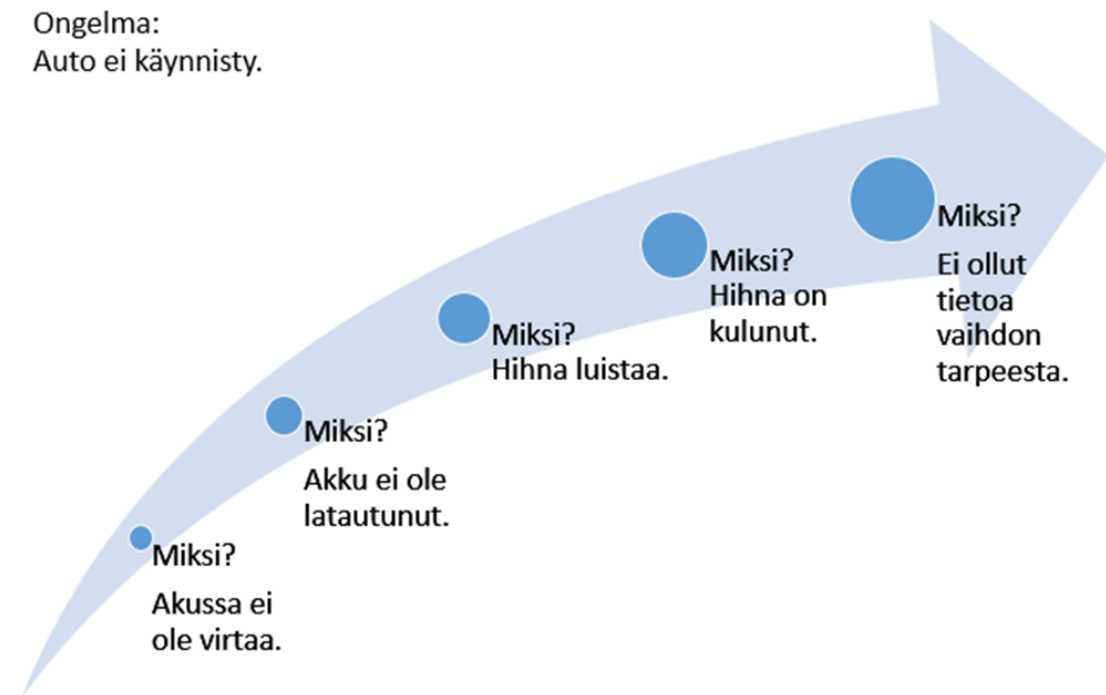
2.10 Jatkuva parantaminen

Leanin tärkeimpiä kulmakiviä on Kaizen eli jatkuva parantaminen. Kaizen tulee japanin kielen sanoista kai, joka tarkoittaa muutosta ja zen, joka tarkoittaa hyvää. Jeffrey K. Liker (Liker 2010, s. 37) kiteyttää Toyotan tapaan -kirjassa Toyotan filosofian jo aiemmin mainittuihin 14:ään kohtaan. Viimeisin kohta on: ”Kehittykää oppivaksi organisaatioksi väsymättömän pohtimisen ja jatkuvien parannusten kautta.” Siinä organisaation kaikki jäsenet osallistuvat toiminnan loputtomaan kehittämiseen jatkuvien parannusten kautta eliminoiden lisäarvoa tuottamatonta hukkaa.



Kuva 9. PDCA-kaavio (Plan-Do-Check-Act). (Liker 2010, s. 264)

PDCA-kaavio on yksi jatkuvan parantamisen tunnetuimpia työkaluja (kuva 9). Sen avulla toteutetaan kehitysideoita ja parannetaan prosesseja edelleen. Suunnitteluvaiheessa pyritään ymmärtämään ongelma ja suunnittelemaan tavoitetila. Toteutusvaiheessa tehdään tarvittavat toimenpiteet tavoitetilan saavuttamiseksi. Arviointivaiheessa lopputulosta verrataan haluttuun tavoitetilaan ja parannusvaiheessa kehitetään prosessia standardoimalla onnistuneet tulokset tai luodaan uusi tavoitetila ja toteutetaan se.



Kuva 10. Esimerkkikuva viisi kertaa miksi -analyysistä, jossa ongelmatapaus on se, että auto ei käynnisty. (Quality Systems 2016)

Jatkuvassa parantamisessa syy-seuraussuhteiden selvittämiseen käytetään viisi kertaa miksi -analyysia. Kuvassa 10 on miksi-kysymysten avulla käyty läpi ongelma, jossa auto ei käynnisty. Analyysin avulla voidaan selvittää ongelmien alkuperää yhä syvemmin ja syvemmin ja parantaa prosesseja tekemällä vastatoimenpiteitä. (Liker 2010, s. 135.) Miksi-kysymyksen esittämistä voidaan jatkaa niin kauan, kunnes ongelman perimmäinen syy selviää. Jokaisella tasolla ilmenneitä ongelmakohtia tulee parantaa, mutta pääasia on juurisyyn löytämisessä ja sen korjaamisessa. Perimmäinen ongelma löytyy keskimäärin viiden miksi-kysymyksen jälkeen, mutta kysymysten määrä vaihtelee ongelmasta riippuen.

Jatkuvan parantamisen ja laadun perusta on standardointi, kirjoittaa Jeffrey K. Liker kirjassaan Toyotan tapaan. Kaikessa toiminnassa pitää löytää perustaso ja vakiinnuttaa toiminnot, jonka jälkeen niitä voidaan kehittää jatkuvan parantamisen kautta.

”Kuten Imai (1986) selitti kuuluisassa jatkuvaa parantamista käsittelevässä Kaizen-kirjassaan hyvin, on mahdotonta parantaa mitään prosessia ennen kuin se on standardoitu. Jos prosessi vaihtelee edestakaisin, jokainen parannus on vain yksi uusi muunnelma, jota satunnaisesti käytetään ja useimmiten ei.” (Liker 2010, s. 142.)

2.11 Lean-menetelmän onnistunut käyttöönotto

Kun koko organisaatio on ymmärtänyt leanin perusajatuksen ja sitä hyödynnetään sovelletusti koko organisaatiossa riippumatta toiminnoista, on filosofian käyttöönotossa onnistuttu. Lean on kokonaisvaltainen ajattelutapa ja johtamisfilosofia, jonka pohjalta on luotu useita moniin eri kohteisiin soveltuvia työkaluja. Pelkästään joidenkin työkalujen irrallinen käyttöönotto ei paranna prosesseja tai saa yritystä toimimaan leanin mukaisesti, vaan filosofiaa on kyettävä soveltamaan tarpeisiin sopivaksi.

Lean-menetelmän onnistunut käyttöönotto lähtee johtamisesta. Lean-johtamismallissa johtajan tehtävä on organisoida oppiminen siten, että kaikki oppivat joka päivä. Sana ongelma on käsitteenä negatiivinen, mutta leanissa ongelma voidaan käsittää nykytilan ja tavoitetilan välisenä erona. Johtajan roolina on kysyä miksi ongelmia esiintyy, ja toisaalta perustella, miksi organisaation kannalta on tärkeä ratkoa tietyt haasteet. Lean tarjoaa työkaluina useita ongelmanratkaisumenetelmiä, joita edellä on jo esitelty. Näiden avulla henkilöstö pystyy itsenäisesti ratkomaan ongelmia ja pääsee nykytilasta lähemmäs tavoitetilaa. Yksi tärkeimpiä leanin johtamismallin tavoitteita on henkilöstön osallistaminen ja haastaminen raja-aitojen ylittämiseen. (Torkkola 2015, s. 32.) Johtajan tehtävä on sitoutua johtamaan eteen nousevien kysymysten ratkaisemista ja tehdä vastuulleen kuuluvat linjauspäätökset (Torkkola 2015, s. 191). Tiimi kykenee ratkomaan ongelmia ja kehittämään itsenäisesti tarvittavan tuen ja ohjauksen saadessaan.

Werner Dettmerin mukaan ”Jos organisaation johtaja ei ole sitoutunut muutokseen eikä osoita sitoutumistaan näkyvästi ja toistuvasti, muutos epäonnistuu.” (Torkkola 2015, s. 215.) Sari Torkkola kuvaa kirjassaan ”Lean asiantuntijatyön johtamisessa” lean-johtamismallia puuna. Siinä juuret ovat virtaus, oppiminen, näkyvä pelikenttä, faktat, asiakkaan ääni ja ihmisten kunnioitus. Puun runkona ovat työkalut ja menetelmät, joiden

avulla oksat kasvavat: jaksaminen, luottamus, asiakastyytyväisyys, stabiilius, ennustettavuus, SLA (Service Level Agreement), kilpailukyky ja työpaikat. (Torkkola 2015, s. 219.)

3 ABB – yrityksen esittely

3.1 ABB

ABB on ruotsalais-sveitsiläinen teollisuuskonserni, joka toimii yli sadassa maassa ja työllistää maailmanlaajuisesti noin 135 000 työntekijää. Toiminta keskittyy automaatiotekniikan ja sähkövoimatekniikan alueille. ABB on perustettu vuonna 1988 ja sen pääkonttori on Sveitsissä, Zürichissä. Pääjohtaja on ollut vuodesta 2013 alkaen Ulrich Spiesshofer.

ABB:n liiketoiminta on jaettu asiakassegmenttien ja teollisuusalojen mukaan neljään eri divisioonaan. Liikevaihto vuonna 2015 oli 35 miljardia Yhdysvaltain dollaria. Divisioonat koostuvat eri teollisuudenaloihin ja tuoteryhmiin keskittyvistä liiketoimintayksiköistä. (ABB lyhyesti 2016.)

ABB muodostettiin vuonna 1988, kun ruotsalaisen Asean ja sveitsiläisen Brown Bowerin sähkötekniset liiketoiminnot yhdistettiin. Näiden yritysten juuret ulottuvat aina 1800-luvun loppupuolelle saakka. Suomessa ABB:n vahvat juuret perustuvat Gottfrid Strömbergin 1889 perustamaan yritykseen, jonka toiminnan ydin olivat tasavirtakoneet, asuin- ja liikekiinteistöjen valaistuskeskukset sekä asennukset. Oy Strömberg Ab siirtyi Asean omistukseen ABB:n perustamista edeltävänä vuonna.

Suomessa ABB on yksi suurimmista teollisista työnantajista ja toimii pääasiallisesti Helsingissä ja Vaasassa, joskin huoltotoiminta ja myynti ovat levittäytyneet laajemmin ympäri maan. Työntekijöitä on noin 5100, joista noin puolet Helsingin Pitäjänmäen tehdasalueella. Pitäjänmäellä sijaitsevat sekä konetehtas, jossa valmistetaan moottoreita ja generaattoreita että taajuusmuuttajatehtas, joista jälkimmäisen yhteen tuotantolinjaan tämä tutkimus liittyy. Helsingin Vuosaarella valmistetaan Azipod-ruoripotkurijärjestelmiä sekä sähköistys- ja automaatiotratkaisuja meriteollisuuteen. Tehdastoimintaa on myös Porvoossa ja Haminassa. Suomen liikevaihto oli vuonna 2015 noin 2,2 miljardia euroa. (ABB Intranet 2016.)

3.2 Large Drives -tuotantolinja

Large Drives -tuotantolinja kuuluu Drives and Controls -liiketoimintayksikköön, joka on jaettu kolmeen tulosityksikköön. Näitä ovat High Power Drives (HPD), Low Power Drives and Automation (LPDA) ja Drives Service. Low Power Drives and Automation sisältää Large Drives -tuotantolinjan lisäksi 550-, Small Industrial Drives-, CPL- (Common Production Line) ja CCC-tuotantolinjat (Customer Configuration Center).

Large Drives -tuotantolinjalla valmistetaan taajuusmuuttajia. Taajuusmuuttaja on laite, jolla muutetaan käyttöjännitteen taajuutta ja täten voidaan säädellä portaattomasti sähkömoottorin pyörimisnopeutta. Taajuusmuuttajia valmistetaan teollisuuteen ja niiden avulla voidaan vähentää moottorin energiankulutusta parhaimmillaan jopa 50 %. (ABB Intranet 2016.)

Tuotantolinjalla työskentelee noin 70–80 asentajaa aamu-, ilta- ja yövuoroissa. Toimihenkilötehtävissä työskentelee tuotantopäällikön lisäksi kolme työnjohtajaa, laatuvas- taava, tuotannonsuunnittelija sekä kolme tuotantolinjan tuki- ja dokumentaatiohenkilöä.

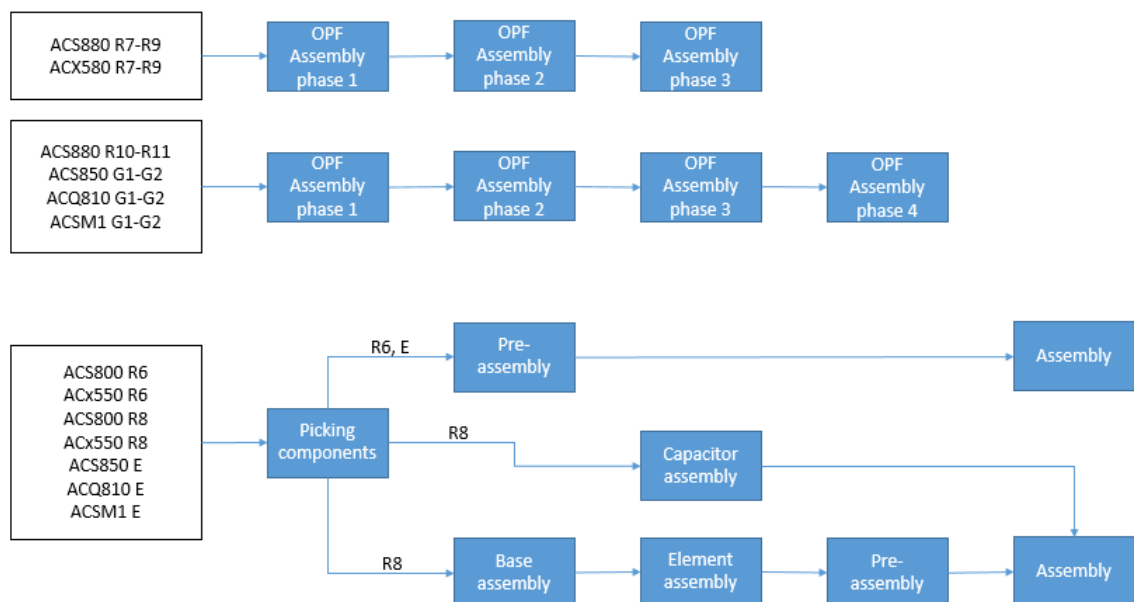
Tuotevalikoima on tällä hetkellä todella laaja, sillä tuotannossa on sekä uusia että vanhoja tuotteita. Vanhimpien tuotteiden tuotantoa ajetaan alas ja markkinoiden valtaami- nen uusilla tuotteilla on vielä kesken.

ACS800	ACX550	ACQ810	ACS850	ACSM1	ACX580	ACS880
R6	R6	E	E	E	R7	R7
R8	R8	G1	G1	G1	R8	R8
		G2	G2	G2	R9	R9
					R10	R10
					R11	R11

Kuva 11. Large Drives -tuotantolinjan tuotteet.

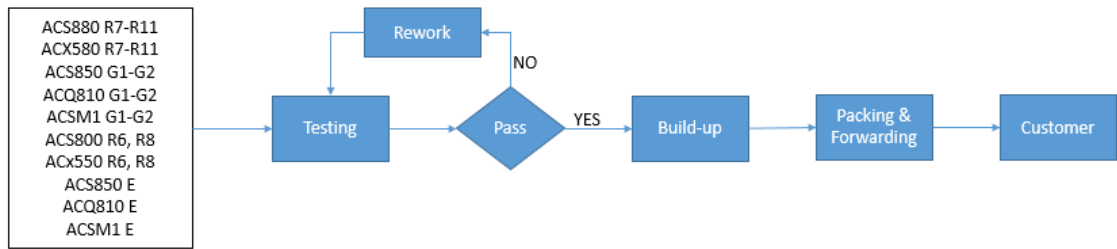
Kuvassa 11 on lueteltu tuoteperheet ja tuoteperheiden sisältämät raamikoot. Raamikoko kuvaa laitteen fyysistä kokoa ja teholuokkaa. Tuotantokonsepti ja tuotannon sekä testauksen läpimenoaika riippuu tuoteperheestä ja raamikoosta. R6- ja E-raami vastaavat mekaniikaltaan eli kokoonpanoltaan toisiaan, kuten myös -580- ja -880-tuoteperheiden raamit R7-R9. G1, G2, R10 ja R11 ovat isompia raameja, mutta niitä valmistetaan samassa tuotantosolussa. Näitä ryhmiä on kuvassa 8 kuvattu eri värein.

Large Drives -tuotantolinjalla tuotannon asennusvaiheet sekä tuotannon ja testauksen läpimenoajat vaihtelevat tuotteiden kesken. One Piece Flow (OPF) -linjoilla valmistuksen tahtiaika on 30 minuuttia eli pienempien raamien läpimenoaika on 1,5 tuntia ja isompien 2 tuntia. Soluvalmistuksessa valmistettavien tuotteiden läpimenoajat vaihtelevat yhdestä kolmeen tuntiin.



Kuva 12. Tuotannon asennusvaiheet.

Kuten kuvasta 12 nähdään, tuotannon asennusvaiheet eroavat tuotteiden välillä ennen testausta, mutta testauksen jälkeen varustelu, pakkaus ja toimitus asiakkaalle etenevät samalla tavalla. Testauksen kesto riippuu tuotteesta, kun taas varustelun ja pakkauksen kesto vaihtelee tuotteen lisäoptioiden määrän mukaan. Testauksen eteneminen on kuvattu kuvassa 13.



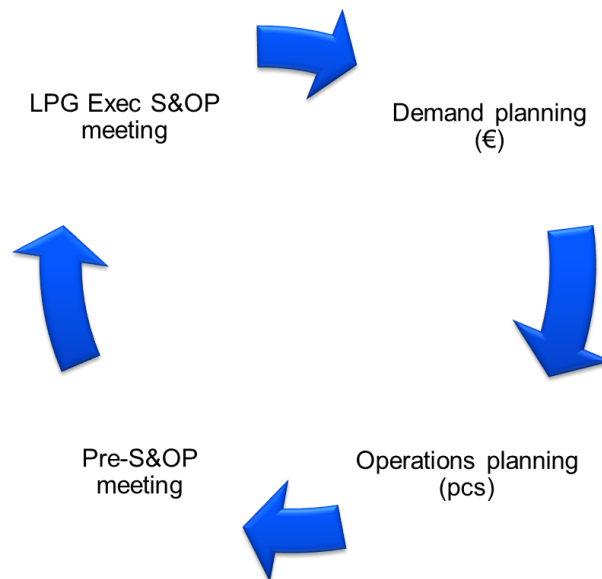
Kuva 13. Tuotannon eteneminen testauksesta toimitukseen.

4 Kysynnän ja tuotannon nykytilan kuvaus

4.1 Sales & Operations planning

Kuukausittain toiminnanohjausjärjestelmään syötetään materiaaliennusteluvut, jotka saadaan Sales & Operations Planning (S&OP) -prosessista. Ennustelukuihin perustuen suunnitellaan tuotantolinjan kapasiteetti sekä näytetään saatavuutta Sales Information System (SIS) -näkylässä.

Sales and operations planning on prosessi, jonka avulla saadaan vastattua asiakastarpeeseen kapasiteetti ja kustannukset optimoiden. LPDA-yksikön S&OP-prosessi kattaa 3–18 kuukauden ennustamisen. Kuukausittaisen prosessin tuottamien lukujen perusteella suunnitellaan tuotannon kapasiteetti ja syötetään materiaaliennusteet toiminnanohjausjärjestelmään.



Kuva 14. LPDA-yksikön kuukausittaisen S&OP-prosessin kulku.

Kuvassa 14 esitetään S&OP-prosessin kuukausittainen kulku. Prosessi alkaa kysynnän ennustamisesta. Myynti ja tuotepäälliköt antavat arvionsa tulevasta euromääräisestä tuoteperhekohtaisesta myynnistä. Nämä luvut muutetaan valmistusmääräkappaleiksi käyttämällä tuotteiden keskihintaa. Demand planning -vaiheessa kerätään yhteen myös sisartehtailta tulevat ennusteluvut ja otetaan huomioon sisäisten asiakkaiden tarpeet.

Operations planning-vaiheessa kysyntäennusteesta saadut luvut käydään tuotantolinja-kohtaisesti läpi kanssa ja niitä muutetaan tarvittaessa tuotantopäällikön ja tuotannon suunnittelun antamien ehdotusten mukaisesti. S&OP-prosessinomistaja kirjaa muutosehdotukset.

Pre-S&OP-palaverissa tuotepäälliköt, myynnin, hankinnan ja tuotannon edustajat käyvät luvut ja korjausehdotukset läpi. Tämän perusteella valmistellaan lopulliset luvut hyväksyntää varten. Kuukauden lopussa S&OP-prosessista saadut luvut esitellään yksikön johtajalle sekä myynti- ja tuotantojohtajalle, jotka hyväksyvät ne tai ehdottavat muutoksia ja antavat lopuksi hyväksynnän luvuille.

S&OP-prosessista saatujen lukujen perusteella tehdään materiaalisuunnitelma, joka syötetään SAP-toiminnanohjausjärjestelmään.

ACS880-01/04/EMEA Add to My Quick Links

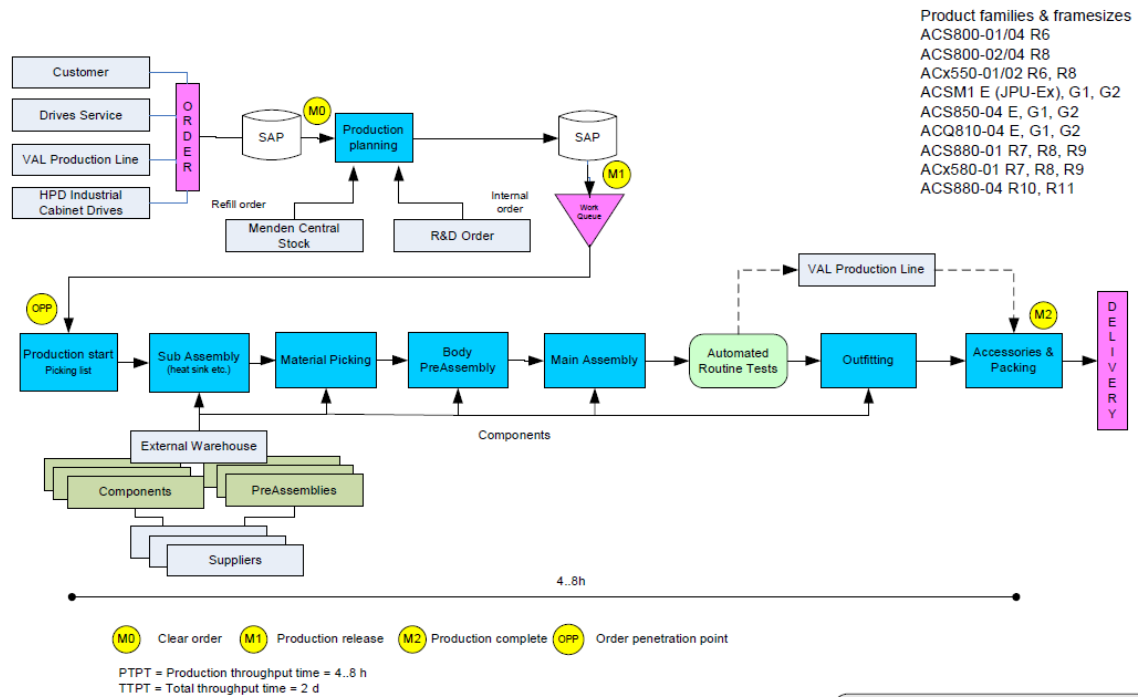
Product line	36/2016	37/2016	38/2016	39/2016	40/2016	41/2016	42/2016	43/2016
ACS880-01-04A6 / 0...								
ACS880-01-16A8 / 2...								
ACS880-01-031A-2 &...								
ACS880-01-046A-2 / ...								
ACS880-01-075A-2 / ...								
ACS880-01-115A-2 / ...								
ACS880-01-170A / 2...								
ACS880-01-274A-2 &...								
ACS880-01-343A / 3...	Sold Out	Sold Out	Sold Out	30	22	52	52	52
Description	Frame size							
ACS880-01-343A / R9 363A / 427A / 430A-3 & 343A / 393A-4 & 361A / 414A-5 & 199A / 210A / 248A / 271A-7				30	22	52	52	52
ACS880-04-505A / 5...								
ACS880-04-725A / 8...								

Kuva 15. Kuva Sales and Information System -näkömästä.

S&OP-prosessista saatujen lukujen perusteella asiakkaille näytetään saatavuutta SIS-järjestelmässä ulkoisille asiakkaille. Sisäisten asiakkaiden tilaukset sekä takuutilaukset tilataan saatavuuden ulkopuolelta ja toimituspäivä perustuu täysin asiakastarpeeseen. SIS näyttää saatavuuslukuja viikkotasolla sekä päivätasolla eri tuoteryhmittäin raamikoh- taisesti. Kuvassa 15 näkyville harmaille viikoille tilauksia ei enää voida ottaa vastaan,

mutta vihreillä viikoilla kapasiteettia on vielä jäljellä. Jäljellä olevan kapasiteetin määrän saa näkyviin avaamalla näkymää raameittain.

4.2 Tilaus-toimitusprosessi



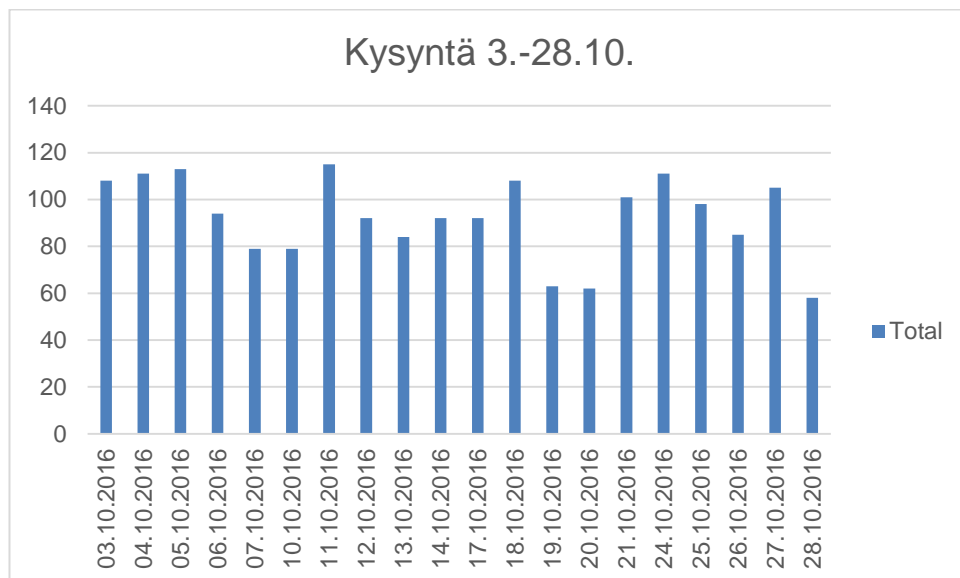
Kuva 16. Large Drives-tuotantolinjan tilaus-toimitusprosessi.

Kuvassa 16 on esitelty Large Drives-tuotantolinjan tilaus-toimitusprosessi. Tuotantolinjaa kuormittaa tilauskanta, joka koostuu ulkoisista asiakastilauksista, sisäisten asiakkaiden tilauksista, takuutilauksista ja keskusvarastojen täydennystilauksista. Laitteita valmistetaan myös tuotekehityksen ja laboratorioiden testauskäyttöön. Tilaukset kirjataan SAP-toiminnanohjausjärjestelmään. Tuotannosuunnittelija käy tilaukset läpi ja laittaa ne tuotannon työjonoon, jonka perusteella valmistus tapahtuu. Valmistuksen ajoitus perustuu asiakkaan toivomaan toimituspäivään eikä päiväkohtaista vaihtelua säännöllisesti tasoiteta järjestelmässä. Laitteiden valmistuttua tuotteet toimitetaan asiakkaalle.

4.3 Tuotantolinjan kuormittaminen

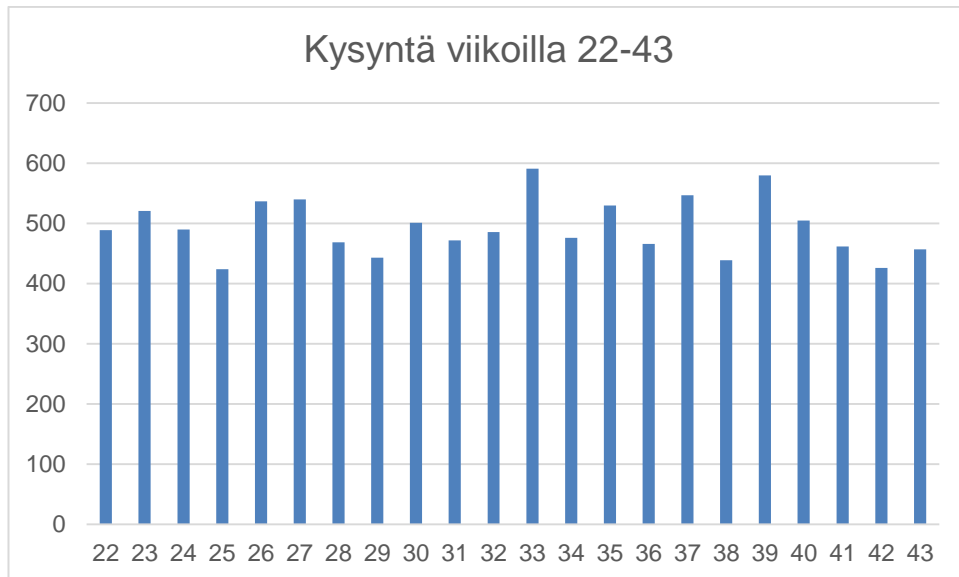
Tuotantolinjan kuormitus on kuukausitasolla kohtuullisen tasaista, mutta viikoittainen ja erityisesti päivittäinen vaihtelu on merkittävää. Vaihtelu hankaloittaa tuotannosuunnittelua ja päivittäistä tuoteryhmäkohtaista valmistusmäärää on vaikea ennustaa. Työnjohtajien rooli tuotannonohjaamisessa on merkittävä, sillä heidän tehtävänsä on määrittää, mitä tuotteita mikin valmistuslinja tai -solu valmistaa. Tämä vaikuttaa siihen, kuinka paljon laitteita tuotantolinjalta valmistuu.

Kuvioiden 1-3 perusteella voidaan todeta kysynnän vaihtelun ja lisäksi päivittäin valmistettavien tuotteiden tuoteryhmäkohtaisen epätasaisuuden olevan merkittävää. Valmistusmäärä riippuu työntekijöiden määrästä ja osaamisesta sekä päivittäisestä tuoteryhmäkohtaisen kysynnän määrästä eli valmistustarpeesta.



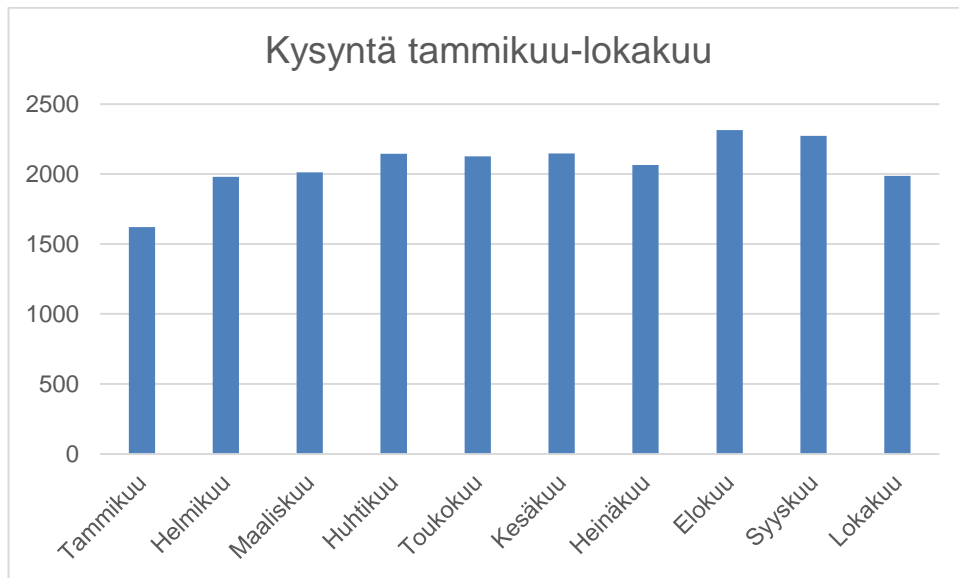
Kuvio 1. Kysynnän vaihtelu päivätasolla Large Drives-tuotantolinjalla.

Päivittäinen kysyntä vaihtelee noin 60–120 laitteen välillä, mutta päivittäin valmistetaan kuitenkin noin 90–110 laitetta. Viikoittainen kysyntä on noin 400–600 laitetta, kun keskimääräinen valmistusmäärä viikossa on noin 500 laitetta.

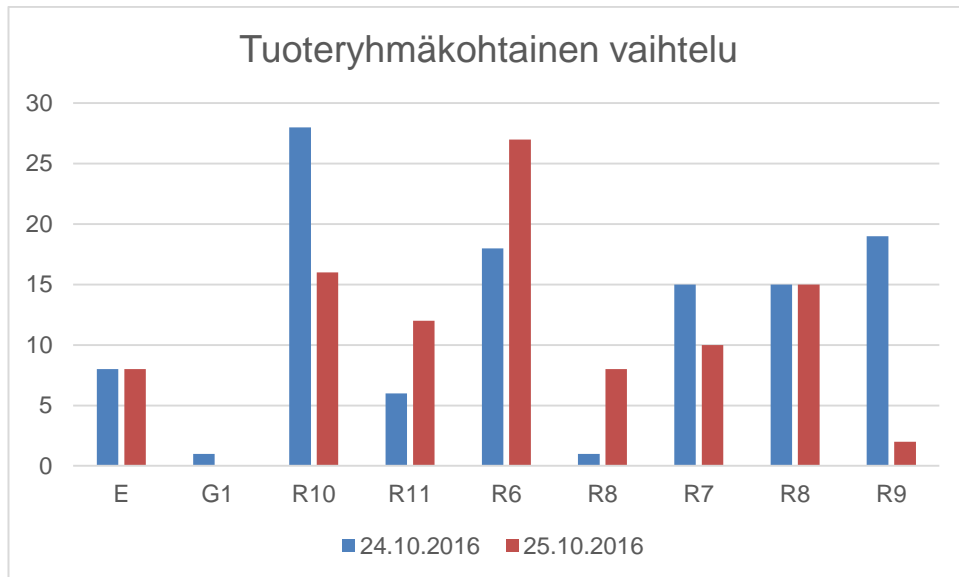


Kuvio 2. Kysynnän vaihtelu viikottasolla Large Drives-tuotantolinjalla.

Kysynnän kuukausittainen vaihtelu riippuu yleisestä markkinatilanteesta ja sen heilahte-
luita pystytään kohtuullisella tasolla ennustamaan.



Kuvio 3. Kysynnän vaihtelu kuukausitasolla Large Drives-tuotantolinjalla.



Kuvio 4. Large Drives-tuotantolinjan tuoteryhmäkohtainen vaihtelu päivätasolla.

Tuotantokapasiteettia rajoittavia tekijöitä ovat henkilöstöresurssit sekä materiaalien saatavuus. Näiden lisäksi testauskapasiteetti, tuotantolinjan rakenne ja tuotantokonseptit rajoittavat valmistettävien laitteiden maksimikapasiteettia, sillä se vaihtelee riippuen kuorman tuotevariaatioista.

4.4 Kuorman epätasaisuuden syyt

Tuotannon kuorman epätasaisuus johtuu pääasiassa asiakastilausten epätasaisuudesta. Tuotantoa kuormitetaan sen mukaisesti, mitä ja milloin asiakkaat tilaavat. Ulkoisten asiakkaiden tilauksia tasoitetaan SIS-järjestelmän avulla. Asiakastilauksia ei siis voida tulla enempää kuin materiaaleja on ennustettu. SIS-järjestelmä ei kuitenkaan tasoita tilausten toimituspäiviä, vaan asiakas voi tilata esimerkiksi 100 laitetta samalle toimituspäivälle, vaikka saatavuus olisi 20 laitetta päivässä. Saatavuus sulkeutuu tällöin viiden päivän ajalta. Saatavuuskäsittelyn avulla suuri osa tilauksista vahvistetaan asiakkaalle sähköisesti.

Sisäisten asiakkaiden tilauksille ja takuutilauksille ei ole käytössä saatavuuskäsittelyä, vaan ne ajoittuvat täysin tarpeen mukaan riippumatta tuotantolinjan muusta kuormasta. Sisäiset asiakkaat ennustavat tarpeensa oman S&OP-prosessinsa mukaisesti suoraan toiminnanohjausjärjestelmään materiaaliennusteeksi. Nämä luvut käydään läpi myös tuotantolinjan kapasiteettia suunniteltaessa.

Ongelma:
Epätasainen päivittäinen kuorma tuotannossa.



Kuva 17. Viisi kertaa miksi -analyysi tuotannon epätasaisesta kuormasta.

Tuotantopäällikön kanssa käydyn palaverin perusteella laadittu kuvan 17 viisi kertaa miksi -analyysi johdattelee tutkimusta lähemmäs perimmäistä ongelmaa. Analyysin mukaisesti päivittäinen kuorma tuotannossa on epätasaista pohjimmiltaan sen vuoksi, että tilausmenetelmät ja saatavuudet vaihtelevat asiakkaasta riippuen. Kaikki tilaukset kuormittavat samaa tuotannon kapasiteettia, mutta saatavuustarkastelu tehdään vain ulkoisten asiakkaiden tilauksille.

5 Tavoitetila ja kehityskohteita sen saavuttamiseksi

Tuotantolinjan ohjattavuuden kannalta tavoiteltavaa on vähentää vaihtelua kuormituksessa. Päämääränä on toimittaa asiakkaille heidän tilaamansa tuotteet oikeaan aikaan. Kun valmistettavien laitteiden määrä on sekä viikko- että päivätasolla tasaista, on päivittäisten tuotantotavoitteiden asettaminen selkeää. Tavoitteisiin pääseminen edellyttää toisaalta myös tasaista tuotantoa ja ainoastaan pientä vaihtelua päivittäisessä laitteiden valmistusmäärässä. Sairaslomia tai muita henkilöstön välttämättömiä poissaoloja ei pystytä eliminoimaan, mutta mikäli tuotannon kuorma ei vaihtelee merkittävästi, poissaolot pystytään huomioimaan huolellisella kapasiteettisuunnittelulla.

Tavoitetilassa tuotantolinjan kuormitus ja laitteiden valmistusmäärät vaihtelevat mahdollisimman vähän. Tällöin tuotannon päivittäistä valmistusmäärää on helpompi ennustaa ja näin ollen myös suunnitella ja ohjata tuotantoa. Tämä edellyttää tilausvirran ja tuotannon tasaisuutta. Asiakkaan tilauskäyttäytymistä voidaan ohjata tasaisemmaksi myynnin tai järjestelmien avulla, mutta isot tilaukset, jotka halutaan toimitettavan samana päivänä, aiheuttavat päiväkohtaisia tilauspiikkejä. Näiden tuotantoa tulisi pystyä tasoittamaan tuotannosuunnittelun työkaluilla.

Merkittävin kehityskohde, joka tuli esille tätä tutkimustyötä tehdessä on se, että saatavuuskäsittelyä tulisi kehittää. Tällä hetkellä käytössä oleva saatavuuskäsittely ei ole linjan tarpeita vastaava ja riittävän joustava. Myös saatavuuslukujen syöttäminen järjestelmään on kankeaa ja tämä saataisiin ratkaistua kehittämällä toiminnanohjausjärjestelmässä olevia upload-ohjelmia. Kun saatavuuskäsittely ja lukujen syöttäminen järjestelmään on saatu päivitettyä, saataisiin tuotannosuunnittelun työtä ja hienokuormitusta tarkennettua simulaationtyökalun avulla. Nämä kaikki kolme kehityskohdetta on esitelty tässä luvussa.

5.1 Saatavuuskäsittely joustavammaksi

Asiakkaiden tilaamien laitteiden toimituspäivät määrittelevät tuotannon tavoitteita. Tällä hetkellä käytössä oleva saatavuuskäsittely tasoittaa tilauksia tuotepäivä- ja raamikohtaisesti, muttei tasaa tuotantolinjan päivittäistä kuormaa. Saatavuusluvut perustuvat tuotekohtaisiin materiaaliennusteisiin, joiden perusteella määritellään tuotantolinjan kapasiteetti.

Saatavuuden määrittelyssä tulisi ottaa huomioon materiaalien saatavuus, tuotantolinjan kapasiteetti ja toimitusaikavoitteet. Saatavuuslukujen määrittelyssä voidaan optimoida jotain edellä mainituista, mutta ei kaikkia samanaikaisesti. Mahdollisimman lyhyt toimitusaika asiakkaalle voidaan varmistaa varastoimalla materiaaleja sekä varaamalla ylimääräistä kapasiteettia. Tämä ei ole optimaalista varaston arvon eikä henkilöstökulujen kannalta, mutta takaa asiakkaan tyytyväisyyden. Mikäli halutaan optimoida varaston arvoa, säädetään asiakkaalle näytettäviä saatavuuslukuja materiaalisaatavuuden ja kapasiteetin perusteella, mutta joustetaan toimitusajan pituudessa.

Tuotantolinjan asentajien määrä ja osaaminen vaikuttavat kapasiteettiin riippumatta siitä, mitä tuotteita myydään. Tuotantolinjan kapasiteettia tulisi voida näyttää asiakkaille joustavammin tuotteesta riippumatta. Saatavuutta rajoittavana tekijänä voitaisiin käyttää tuotantolinjan pullonkaulaa (TOC), joka voi olla esimerkiksi asentajien työaika suhteessa laitteiden valmistusaikaan riippumatta tuotevariaatioista tai testauslaitteiston kapasiteetti. Saatavuuden ohjaaminen tuotantolinjan pullonkaulan mukaisesti vaatii joustoa materiaalisaatavuudessa, mutta mahdollistaa silti lyhyet toimitusajat.

Large Drives -tuotantolinjan saatavuusluvut perustuvat tällä hetkellä materiaaliennustukseen, jonka perusteella on suunniteltu linjan kapasiteetti. Saatavuus ei kuitenkaan ole kovin joustava tilanteiden muuttuessa vaan vaatii lukujen manuaalista muuttamista tuotekohtaisesti. Saatavuuskäsittelyä tulisi saada helpommin muokattavaksi kapasiteetin ja materiaalitytilanteen muuttuessa sekä asiakastarpeen vaihdellessa eri tuotteiden välillä. Saatavuuskäsittelyn tapahtuessa dynaamisemmin tuotantolinjan kapasiteettiin perustuen esimerkiksi tuotannon tai testauksen pullonkaulaa kuormittamalla (TOC), tulisi se ottaa käyttöön kaikille tuotantolinjaa kuormittaville tilauksille.

5.1.1 Upload-ohjelmien kehittäminen toiminnanohjausjärjestelmässä

Eräs epätasaisuutta materiaaliennusteessa aiheuttava tekijä on SAP-toiminnanohjausjärjestelmään rakennettu ohjelma, jolla ennusteluvut ladataan kuukausittain järjestelmään. Ohjelman avulla järjestelmään ladataan tiedosto, joka on tallennettu csv (comma delimited) -muodossa. Ohjelma ymmärtää tiedoston tarkkaan määritellyn muotoilun. Tiedostossa luvut ovat kuukausitasolla ja ohjelma jakaa luvut viikoille.

Jokaisella tuoteryhmällä on SAP:issa oma ennustetaulunsa, jonne luvut ladataan ennustemateriaalikoodeittain. Jokaista taulua varten on luotu oma upload-ohjelma. Vuosien

kuluessa upload-ohjelmia on luotu järjestelmään kymmeniä ja tämä hankaloittaa niiden päivittämistä ja ylläpitoa. Ohjelma jakaa ennusteen viikkotasolle taulukossa 1 esitetyllä tavalla riippuen siitä kuinka monelle viikolle kuukauden päivät jakaantuvat.

Taulukko 1. Upload-ohjelman logiikka lukujen jakamisessa.

Esimerkki 1.	Viikko 1	Viikko 2	Viikko 3	Viikko 4	Viikko 5	Viikko 6
	1	4	2	5	3	6
Esimerkki 2.	Viikko 1	Viikko 2	Viikko 3	Viikko 4	Viikko 5	
	1	4	2	5	3	
Esimerkki 3.	Viikko 1	Viikko 2	Viikko 3	Viikko 4		
	1	3	2	4		

Taulukossa 1 on esitetty ennusteen jakautuminen kolmen erilaisen esimerkin avulla. Ohjelma jakaa ennusteen kappalemäärää taulukossa esitetyn järjestyksen mukaisesti niin kauan kuin ennustetta riittää. Logiikka ei ota kantaa siihen, kuinka monta päivää kuuluu millekin kuukaudelle niillä viikoilla, kun viikko sisältää kahden eri kuukauden lukuja. Kuukauden vaihteeseen kertyy enemmän ennustetta etenkin silloin, kun edellisessä kuukaudessa on ollut viisi viikkoa ja seuraavassa on neljä viikkoa. Kuukauden ensimmäinen viikko saa suurimmalla todennäköisyydellä eniten arvoja, kuten myös taulukon 1 esimerkin 2 viides viikko. Luvut eivät olisi merkittäviä, jos ennustemateriaalikoodeja olisi vain muutama. Laskentalogiikka toteutuu kuitenkin jokaisen ladattavan ennustemateriaalikoodin kohdalla, joten ongelma kertaantuu. Taulukon 1 ensimmäisen esimerkin mukainen tapaus on erittäin harvinainen, mutta mahdollinen.

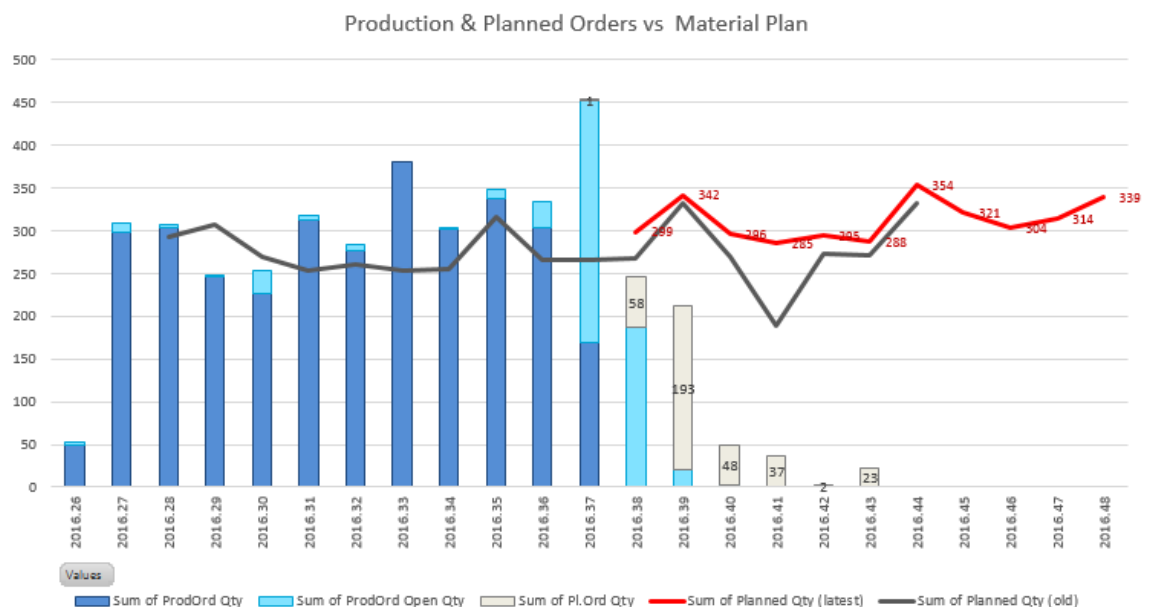
Ohjelman luoneen SAP-konsultin mukaan logiikkaa on parannettu muutama upload-ohjelmaan siten, että se huomioi kullekin kuukaudelle kuuluvien päivien määrän kuun vaihteessa, jolloin ennuste jakautuu tasaisemmin. Upload-ohjelmien suuresta määrästä johtuen logiikkaa ei kuitenkaan ole parannettu kaikkiin ohjelmiin. Tämä aiheuttaa entistä enemmän epätasaisuutta järjestelmään ladattavissa luvuissa.

Kaikkien upload-ohjelmien laskentalogiikan päivittämisen sijaan tulisi yhteistyössä SAP-konsultin kanssa luoda yksi ohjelma kaikkien ennusteiden lataamista varten. Ohjelmassa voitaisiin valita, mitä ennustetta kulloinkin halutaan päivittää ja ohjelma lataisi luvut SAP-tuotannonohjausjärjestelmään aina samalla logiikalla. Tämä upload-ohjelmien yhdistäminen myös helpottaisi ohjelman ylläpitoa ja päivittämistä jatkossa, sillä muutosta ei tarvitsisi kopioida jokaiseen ohjelmaan erikseen.

Tässä tutkimuksessa todettiin aiemmin, että SIS-järjestelmässä näytettävät saatavuusluvut määritellään järjestelmään S&OP-prosessista saatujen ennustelukujen mukaisesti. Saatavuusluvut syötetään samoihin tauluihin kuin ennusteetkin, mutta ei kuitenkaan upload-ohjelman avulla vaan manuaalisesti. Kuukauden ennusteen lukumäärä jaetaan kuukauteen kuuluvien viikkojen määrällä tai vaihtoehtoisesti luvulla 4.3, joka vastaa viikkojen keskimääräistä lukumäärää kuukaudessa. Tämä aiheuttaa sen, että materiaalienusteet ja asiakkaille näytetty saatavuusluku eivät aivan vastaa toisiaan.

Upload-ohjelman käyttö saatavuuslukujen lataamisessa nopeuttaisi prosessia ja voitaisiin ottaa käyttöön sen jälkeen, kun on varmistettu, että jokaista saatavuuslukua sisältäen pitävää taulua varten on luotu upload-ohjelma. Mikäli näin ei ole, olisi näiden lukujen kohdalla upload-ohjelman käyttöönotossa perusteltavaa odottaa yhdistettyä upload-ohjelmaa sen sijaan, että luotaisiin jälleen uusi. Upload-ohjelman laskentalogiikka ei aiheuta kuukauden vaihteen saatavuuteen piikkejä niin huomattavasti kuin ennusteluissa, sillä saatavuusmateriaalikoodeja eli kerrannaisuutta on huomattavasti vähemmän. Tämä kuitenkin aiheuttaa eroavaisuutta ennustelukujen ja saatavuuslukujen kesken, joten suotavaa on yrittää toteuttaa yksi yhtenevä upload-ohjelma sekä saatavuus- että ennustelukujen päivittämistä varten mahdollisimman pikaisesti.

5.1.2 Upload-ohjelman päivittämisen ja käyttöönoton vaikutukset



Kuva 18. Ennusteen vaihtelu kuun vaihtuessa keskellä viikkoa.

Kuvassa 17 musta ja punainen viiva kuvaavat viikoille asetettua ennustetta. Musta viiva on aiempi ja punainen myöhemmin järjestelmään syötetty tarkempi ennuste. Kummas-takin viivasta erottuvat selkeästi piikit, jotka asettuvat viikoille, joihin kuun vaihde asettuu. Upload-ohjelman päivittämisen jälkeen piikit tasaantuvat ja ennuste on tasaisempaa myös viikkotasolla.

5.2 Tuotannon kuorman tasaamisen problematiikkaa

Jos kaikille asiakkaille ei näytetä samaa saatavuutta, on tuotannon kuormitusta erittäin vaikea tasoittaa. Esimerkiksi seuraavien seitsemän päivän kuorman suuruus on joka päivä erilainen, sillä asiakas voi päättää toimituspäivän itse. Jos saatavuutta on 5 kappaletta seuraaville viidelle päivälle ja asiakas haluaa 20 laitetta, hänen tilauksensa toimituspäivä on neljän päivän kuluttua. Tällöin laitteita tulisi kapasiteetin mukaisesti valmistaa 5 kappaletta päivässä, mutta viimeisenä päivänä ei yhtään. Koska laitteet on toimitettava asiakkaalle ajoissa, ei viidennen päivän kapasiteettia voida huomioida tuotannon kuormitusta suunniteltaessa.

Tuotannon kuorman tasaaminen olisi mahdollista myös varastoimalla puolivalmiita laitteita. Tällöin pystyttäisiin vastaamaan tasaisemmalla tuotannolla epätasaiseen asiakaskysyntään. Järjestelmätasolla se vaatisi osaluettelorakenteen päivittämistä ja tuotantolinjalla muutoksia layotiin sekä materiaalivirtoihin. Osaluettelorakenne muuttuisi siten, että puolivalmis laite valmistettaisiin ensin ja lopputuote käyttäisi varastosta puolivalmiin laitteen ikään kuin komponenttina. Tämä helpottaisi kouluttamista ja työohjerakennetta, sillä tyyppikoodien määrä valmistuksessa vähenisi huomattavasti ja lopputuotteiden tyyppikoodit vaikuttaisivat ainoastaan testauksen jälkeen asiakaskohtaista laitetta valmistettaessa.

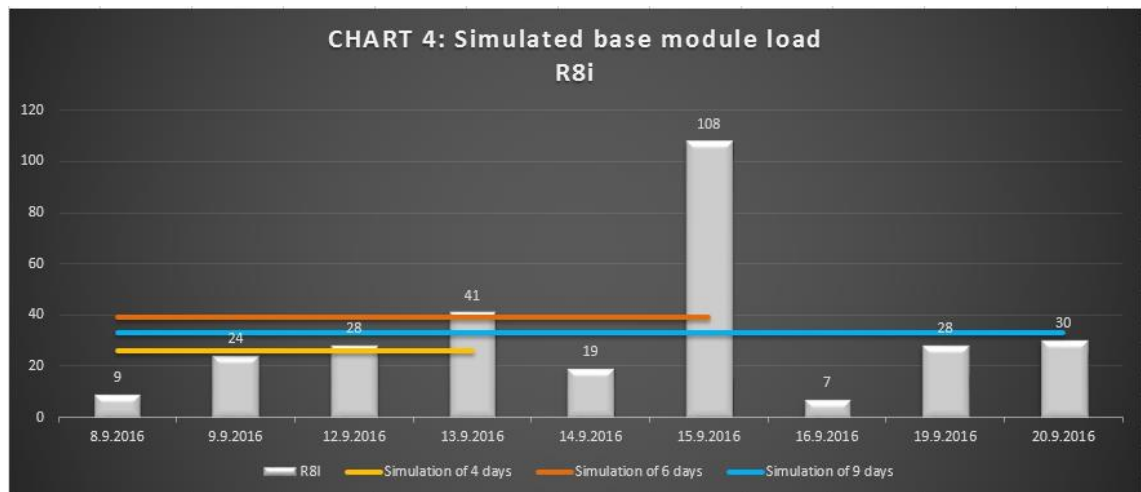
Tällainen osaluettelorakennemuutos helpottaisi myös ennustamista, sillä ennustekoodien rakennetta pystyttäisiin yksinkertaistamaan ja täten tarkentamaan ennusteita. CCC-linjan laitteet tilataan toimittajalta tai CPL-linjalta puolivalmiina ja tuotantolinjalla niistä tehdään asiakastilauksen mukaisia lisäämällä tarvittavat lisäominaisuudet erilaisilla irtoptioilla tai softaamalla. Koska tehtaalla on tällainen toimintatapa käytössä, sitä voitaisiin vertailla ja analysoida tarkemmin. Tämä vaatisi kuitenkin perusteellisemmän tutkimuksen kustannussäästölaskelmineen, joten se rajataan laajuutensa vuoksi tästä tutkimuksesta pois.

Nykytilanteessa tuotteita valmistetaan siis asiakastilausta vastaan ja perimmäinen tavoite on toimittaa asiakkaalle oikeanlainen laite juuri hänen toivomanaan ajankohtana. Kattavan tuotantolinjaan, asiakaskäyttäytymiseen sekä tuotevalikoimaan tutustumisen seurauksena voidaan todeta, että tuotannon kuorma tulee jatkossakin vaihtelevaan päiväkohtaisesti ainakin jonkin verran. Oleellista on siis kysynnän ja tuotannon kuorman vaihtelun vähentämisen lisäksi paneutua myös siihen, että tuotannosta valmistuvien laitteiden virta olisi tasaista suhteutettuna eri tuotevariaatioihin. Tasainen valmistuvien laitteiden määrä mahdollistaisi asiakkaiden toivomien toimituspäivien mukaiset toimitukset, sillä tuotannon kyvykkyyttä pystyttäisiin ennustamaan käytettävän henkilömäärän mukaan tuotevalikoimasta riippumatta.

Käytännössä työnjohtajat simuloivat tuotannon kuormaa päivittäin sijoittaessaan asentajia eri työpisteille valmistamaan laitteita sen mukaan millaisia laitteita asiakkaat minäkin päivänä haluavat. Kaikesta tästä ponnistelusta huolimatta tulevien päivien kuormaa on vaikea ennakoida ja kapasiteetista johtuvia myöhästymiä esiintyy.

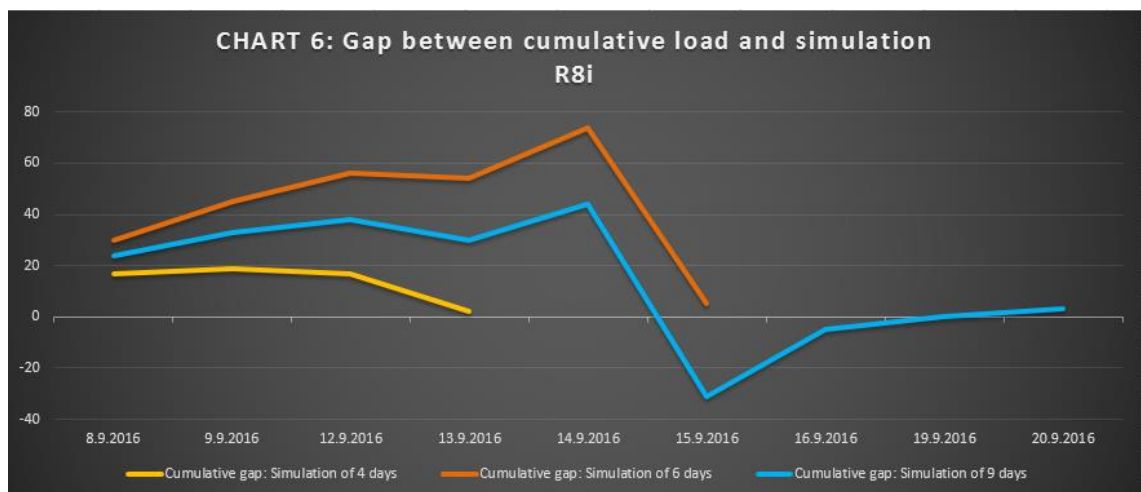
Tuotannonsuunnittelulle ja työnjohdolle olisi erittäin tarpeellista ja aikaa säästävää kehittää työkalu, jolla tuotannon kuormaa voitaisiin simuloida. Tämän avulla seuraavien päivien kuorman tekemistä ja asentajien sijoittamista eri tuotteiden valmistukseen pystyisi paremmin suunnittelemaan. Simuloinnin tulisi onnistua todellisen kuorman mukaan niin, että huomioon otetaan asentajien lukumäärä ja osaaminen sekä asiakkaiden toivotat toimituspäivät.

ABB:n toisella yksiköllä on käytössä kuorman optimointiin tarkoitettu työkalu, jolla kuormaa voidaan simuloida. Työkalu kertoo, kuinka monta laitetta päivässä tulisi valmistaa, jotta pysyttäisiin aikataulussa. Large Drives -tuotantolinjan simulaatiotyökalun suunnittelussa voitaisiin tutustua tämän "Load Optimization Tool"-työkalun toimintaan. Tätä ei voida suoraan ottaa käyttöön Large Drives -tuotannossa, sillä tuotantokonsepti on erilainen.



Kuva 19. Kuorman simulointityökalu ABB:n eräässä tuotantoyksikössä.

Kuvassa 19 simulaatio on tehty neljän, kuuden ja yhdeksän päivän kuorman mukaan. Kuormassa nähdään merkittävä huippu kuudennen päivän kohdalla, joten olennaista on nähdä kuinka monta laitetta tulisi tehdä, jotta iso tilaus saataisiin toimitettua ajallaan. Oranssi viiva näyttää tasaisen tuotannon päivittäisen kuorman, jolloin tavoiteltava aika-taulu saavutettaisiin. Tässä kuvan 19 esimerkissä kuuden päivän simulaatio eli oranssi viiva saa arvon 39. Jos laitteita valmistetaan 39 kappaletta päivässä, ei myöhästymiä tule. Kuvaajaan voitaisiin asettaa myös päivittäinen maksimikapasiteetti, johon simuloidua kuormaa vertaamalla nähtäisiin suoraan päivittäinen myöhästymä.



Kuva 20. Kuorman käyttäytyminen simulaatiossa kumulatiivisesti.

Yhdeksän päivän kuormaa simuloitaessa saatiin päiväkuormaksi 33 laitetta. Kuvan 20 kuvaaja osoittaa, että mikäli laitteita valmistettaisiin 33 kappaletta päivässä, olisi kuudentena päivänä myöhästymä jo 31 laitetta.

Simulaatiotyökalun toiminta on käytännössä matematiikkaa, mutta tärkeää on suunnitella näkymät selkeiksi ja tarpeita vastaaviksi. Työkalun helppokäyttöisyys ja luotettavuus myös kannustaa käyttämään sitä, joten suunnitteluun ja tarpeiden läpikäymiseen kannattaa käyttää reilusti aikaa.

6 Yhteenveto

Large Drives -tuotantolinjan tuotannosuunnittelulla ja työnjohdolla kuluu päivittäin paljon aikaa päivittäisen työn suunnitteluun. Suunnitteluun ei ole olemassa standardoitua, tehokasta ja systemaattista prosessia, joten päivittäisen valmistusmäärän ennustaminen on usein arpapeliä. Päivittäisen työn suunnittelu ja täten asiakastarpeiden täyttäminen on ensisijaisen tärkeä tavoite tuotantolinjalla. Tähän kulutettu työaika on kuitenkin monien muiden tarpeellisten töiden ohella arvokasta ja kuitenkin mahdollista osittain automatisoida.

Tämän tutkimustyön tavoitteena oli kuvata tuotantolinjan kuormittamisen nykytilaa ja tuoda esille kehityskohteita tuotannosuunnittelun näkökulmasta. Taulukkoon 2 on kirjattu kehityskohteet, jotka ovat saatavuuskäsittelyn ja SAP-toiminnanohjausjärjestelmässä olevien upload-ohjelmien kehittäminen sekä tuotannon kuorman simulaatiotyökalun luominen ja kehittäminen. Nämä kolme ehdotusta toteutuessaan tehostaisivat merkittävästi tuotannosuunnittelun sekä työnjohdon päivittäistä työntekoa. Suunnittelusta tulisi myös standardoidumpaa ja näin ollen tulokset olisivat tarkempia ja käyttökelpoisempia raportointia ja jatkuvaa parantamista silmällä pitäen.

Taulukko 2. Taulukkoon on koottu yhteenveto ehdotetuista kehityskohteista.

Nykytila	Kehitys	Resurssit
Saatavuusluvut vastaavat materiaaliennustetta.	Saatavuuskäsittelyä tulisi kehittää dynaamisemmaksi esimerkiksi tuotannon pullonkaulaa kuormittamalla.	Vaatii erillisen projektin saatavuuskäsittelyn kehittämiseksi.
Saatavuuskäsittelyä ei tehdä kaikille tuotantolinjaa kuormitaville tilauksille.	Saatavuuskäsittely tulisi ottaa käyttöön kaikille tilauksille.	Vaatii erillisen projektin saatavuuskäsittelyn kehittämiseksi.
Upload-ohjelmien logiikka on epätarkka eikä niitä käytetä saatavuuslukujen lataamiseen.	Upload-ohjelmien kehittäminen tarkemmiksi ja helppokäyttöisemmiksi.	Vaatii järjestelmäkehitystä SAP-konsultin kanssa. Kehityksen määrittely n. 8 h, konsultin työ n. 20 h, testaaminen ja käyttöönotto n. 8 h.
Tuotannon hienokuormitukseen ei ole työkalua.	Tuotannosuunnittelun ja työnjohdon käyttöön tulisi luoda tilauskannassa olevan kuorman simulaatiotyökalu.	Muutaman henkilön ryhmässä työkalun suunnittelua ja manuaalista testaamista n. 2-3 pv, konsultin tai vastaavan työtä n. 2 pv, työkalun testaaminen ja kehittäminen 2 pv.

Lean -filosofian mukaisesti nämä kehitykset poistaisivat toimihenkilöiden työstä hukkaa ja vaihtelua sekä standardoisivat ja tasoittaisivat työtä sekä toimistossa että tuotantolinjalla. Tasaisemman kuorman tueksi myös tuotannon virtaus ja valmistusmäärät tulisi saada tasaiseksi kouluttamalla henkilöstöä ja parantamalla tuotannon prosesseja jatkuvasti. Kehitysten avulla pystyttäisiin myös ehkäisemään epätasaisuudesta johtuvia yksittäisiä myöhästyksiä ja siten asiakkaan kokema arvo lisääntyy.

Lähteet

ABB Intranet 2016. Verkkodokumentti. ABB. Yrityksen sisäinen materiaali. Luettu 11.8.2016.

ABB Lyhyesti 2016. Verkkodokumentti. ABB. <<http://new.abb.com/fi/>>. Luettu 11.8.2016.

Karjalainen, Eero E. 2015. Lean-toiminnan lainalaisuudet. Verkkodokumentti. <<http://www.sixsigma.fi/>>. Luettu 10.6.2016.

Krajewski, Lee, J. 2016. Operations Management, Processes and Supply Chains. London: Pearson Education Limited.

Liker, Jeffrey K. 2010. Toyotan tapaan. Helsinki: A Bonnier Group Company.

Lean-sanasto 2012. Verkkodokumentti. <<http://leaniksi.fi/>>. Luettu 10.6.2016.

Modig, Niklas & Åhlström, Pär. 2015. Tätä on lean. Tukholma: Rheologica Publishing.

Piirainen, Antti. 2014. Lean ja hukka – Muda, Mura ja Muri. Verkkodokumentti. <<http://www.qk-karjalainen.fi/>>. Luettu 6.6.2016.

Quality Systems 2016. Problem solving with the '5 Why 1 How' technique. Verkkodokumentti. <<http://www.qualitysystems.com/>>. Luettu 10.6.2016.

Roser Christoph. 2016. Muda, Mura, Muri: The Three Evils of Manufacturing. Verkkodokumentti. <<http://www.allaboutlean.com/>>. Luettu 10.6.2016.

Torkkola, Sari. 2015. Lean asiantuntijatyön johtamisessa. Helsinki: Talentum Media Oy.

Toyota Production System. Jidoka — Manufacturing high-quality products. Verkkodokumentti. Toyota Motor Corporation Global. <<http://www.toyota-global.com/>>. Luettu 5.6.2016.

Tuominen, Kari. 2010. Lean – kohti täydellisyyttä. Helsinki: A Bonnier Group Company.

Voss, C. A. 1995. Operations management – from Taylor to Toyota – and Beyond? Verkkodokumentti. *British Journal of Management*. <<http://onlinelibrary.wiley.com/>>. Luettu 20.10.2016.