

**Eemeli Kivelä**

**TUOTANNON TEHOSTAMINEN TUOTETIEDON HALLINTAA  
KEHITTÄMÄLLÄ**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Tuotantotalouden koulutusohjelma  
Maaliskuu 2018**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Maaliskuu 2018	<b>Tekijä/tekijät</b> Eemeli Kivelä
<b>Koulutusohjelma</b> Tuotantotalous		
<b>Työn nimi</b> TUOTANNON TEHOSTAMINEN TUOTETIEDON HALLINTAA KEHITTÄMÄLLÄ		
<b>Työn ohjaaja</b> Jari Kaarela, Sakari Pieskä		<b>Sivumäärä</b> 25
<b>Työelämäohjaaja</b> Urpo Kuronen		
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa kohdeyrityksen tuotannon suorituskykyä laskevia ongelmia ja hukkaa ja tehdä toimenpide-ehdotukset niiden vähentämiseksi. Kartoituksen perusteella tarkemmiksi kehityskohteiksi rajautuivat tuotetiedon hallintaan liittyvät ongelmat ja hukka.</p> <p>Kehityskohteiden kartoittaminen suoritettiin tekemällä ensin riittävän tarkka kuvaus sellaisten tuotetiedon hallintaan liittyvien toimintojen nykytilasta, jotka vaikuttivat tuotannon suorituskykyyn. Kartoituksen perusteella löydettiin ongelmia ja hukkaa tuotekehityksestä, tuotannosta ja tiedon liikkumisesta niiden välillä. Kartoitukseen ja toimenpide-ehdotuksien tekemiseen käytettiin lean-toimintamalliin kuuluvia työkaluja ja toimintatapoja.</p>		

<b>Asiasanat</b> lean, tuotannon kehittäminen, tuotetiedon hallinta, tuotteen elinkaaren hallinta
--

**ABSTRACT**

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> March 2018	<b>Author</b> Eemeli Kivelä
<b>Degree programme</b> Industrial Management		
<b>Name of thesis</b> PDM DEVELOPMENT TO INCREASE PRODUCTION PERFORMANCE		
<b>Instructor</b> Jari Kaarela, Sakari Pieskä		<b>Pages</b> 25
<b>Supervisor</b> Urpo Kuronen		
<p>The main objective of this thesis was to map problems and waste that lowered the performance of the production process in the company that commissioned the thesis and to make suggestions on how to fix them. During the mapping process, the main focus point of this thesis was assigned to problems and waste that were related to PDM, or product data management.</p> <p>The mapping for potential areas of development started with making a sufficiently accurate description of the way the company currently performed operations that were related to PDM and influenced the performance of the production process. The areas that were found to have problems and waste were product development, production and product data related communication between the processes. Tools and principles from the lean production model were used to perform the problem and waste mapping and to make the suggestions on how to fix them.</p>		

<p><b>Key words</b> lean, product data management, product lifecycle management, production development</p>
---

## KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

CAD	Computer-Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu.
PDM	Product Data Management, tuotetiedon hallinta.
PLM	Product Lifecycle Management, tuotteen elinkaaren hallinta.
Revisio	Nimikkeen muutos joka on sellainen, että nimike on muutoksen jälkeenkin yhteensopiva nimikkeen vanhempien revisioiden kanssa.
Versio	Tässä opinnäytetyössä nimikkeen versiolla tarkoitetaan sel- laista nimikkeen muutosta, että se ei enää ole yhteensopiva vanhempien revisioiden kanssa, joten siitä tulee kokonaan uusi nimike.
Komponentti	Osa, josta jokin kokonaisuus rakentuu. Opinnäytetyön yhtey- dessä komponentilla tarkoitetaan kohdeyrityksen tuotteina ole- vien koneiden valmistettavia osia, kokoonpanoja, hitsausko- koonpanoja ja ostettavia komponentteja.
BOM	Bill Of Materials, komponenttilista, josta selviää tuotteen ra- kenne ja sen sisältämät komponentit sekä niiden kappalemää- rät.
Johtosarja	Sähköisen komponentin käyttöön ja ohjaukseen liittyvät säh- kökaapelit.
PDF	Portable Document Format, siirrettävä tiedostomuoto, joka toi- mii laajasti eri käyttöjärjestelmillä ja ohjelmilla. Opinnäytetö n kohdeyritys käyttää tätä tiedostomuotoa tuotteiden piirustusten siirtämiseen.

DXF	Drawing Exchange Format, piirustusten jakamiseen käytetty tiedostomuoto. Opinnäytetyön kohdeyritys käyttää tätä tiedostomuotoa leikattavien teräslevyosien leikkausratojen siirtämiseen tietokoneohjattuun plasma- tai laserleikkuriin.
Plasmaleikkuri	Työstökone, jolla leikataan metalleja valokaarta hyödyntäen.
Laserleikkuri	Työstökone, jolla leikataan eri materiaaleja lasersädettä hyödyntäen.
Verkkolevy	Tietokoneen kovalevy tai muu kiinteä massamuisti, joka on kytketty verkkoon ja jaettu verkon käyttäjille.

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**  
**SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 LEAN JA TUOTETIEDON HALLINTA .....</b>	<b>2</b>
2.1 Toimintamallin päätavoite .....	2
2.2 Ongelman kuvaaminen .....	3
2.3 Työn vakiinnuttaminen.....	3
2.4 Tuotetiedon ja elinkaaren hallinta.....	4
<b>3 KEHITYSKOHTTEIDEN KARTOITTAMINEN .....</b>	<b>5</b>
3.1 Kehityskohteiden rajaaminen .....	5
<b>4 TUOTETIEDON HALLINNAN NYKYTILANNE .....</b>	<b>7</b>
4.1 Tuotetiedon hallinta tuotekehityksessä.....	7
4.2 Tuotetiedon siirtäminen tuotekehityksestä tuotantoon .....	9
4.3 Tuotetiedon hallinta tuotannossa.....	10
<b>5 ONGELMAT TUOTETIEDON HALLINNASSA .....</b>	<b>12</b>
5.1 Puuttuva komponentti .....	12
5.2 Vääränlainen komponentti.....	14
5.3 Yhteenveto ongelmista ja niiden juurisyyistä.....	15
<b>6 HUKKA TUOTETIEDON HALLINNASSA .....</b>	<b>16</b>
6.1 Hukka tuotekehityksessä.....	17
6.2 Hukka tuotannossa ja tuotekehityksen ja tuotannon välillä .....	18
6.3 Yhteenveto hukasta tuotetiedon hallinnassa .....	19
<b>7 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET ONGELMIEN JA HUKAN VÄHENTÄMISEKSI .....</b>	<b>20</b>
7.1 Työn vakiinnuttaminen.....	20
7.2 Kappalemäärien piirustuksiin merkitsemisen lopettaminen .....	20
7.3 Viiveen pienentäminen piirustuksen valmistumisen ja komponenttien tilaamisen välillä ...	21
7.4 PLM-järjestelmä hukkaa vähentämässä .....	21
7.5 Yhteenveto.....	23
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>25</b>

## **KUVIOT**

KUVIO 1. Viisi miksi-analyysi komponentin puuttumisesta .....	12
KUVIO 2. Viisi miksi-analyysi vääränlaisesta komponentista .....	14
KUVIO 3. Tuotetiedon hallinnan toimintoja, joissa ilmenee hukkaa.....	16

## **KUVAT**

KUVA 1. BOM-lista Autodesk Inventor- ohjelmistossa .....	8
KUVA 2. Kansiorakenne PDM-järjestelmän sisällä .....	9
KUVA 3. Vastaava kansiorakenne verkkolevyllä .....	10
KUVA 4. Tuotannon käyttämä jäsenneily BOM-lista Excel-ohjelmistossa avattuna .....	10
KUVA 5. Kokoonpano jäsenneilyssä- ja osat- listauksessa Autodesk Inventor-ohjelmistossa .....	11

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana on keskisuuri konepaja, joka suunnittelee ja valmistaa työkoneita. Yrityksellä on oma tuotekehitys ja tuotanto. Oman tuotannon lisäksi yritys käyttää joidenkin komponenttien valmistamiseen muutamia eri alihankkijoita ja osa komponenteista on kokonaan eri yrityksen valmistamia. Yrityksen valmistamina tuotteina on laaja valikoima erilaisia työkoneita, joissa käytetään suhteellisen paljon automaatiota. Opinnäytetyö sai alkunsa yrityksessä tehdystä päätöksestä alkaa kartoittamaan lean-toimintamallin mukaisia kehitysmahdollisuuksia tuotannon toiminnan tehostamiseksi. Yrityksen johdon kanssa yhdessä tehdyssä kehityskohteiden alkukartoituksessa tämä opinnäytetyö päätettiin rajata tarkastelemaan sitä, kuinka tuotekehitys ja tuotanto luovat ja hallinnoivat tuotetietoa, sekä sitä, miten tuotetieto liikkuu tuotekehityksen ja tuotannon välillä. Näiden kohteiden katsottiin olevan vahvasti yhteydessä toisiinsa ja niiden toiminnalla arvioitiin olevan suuret vaikutukset koko tuotantoprosessin suorituskykyyn.

Työn tavoitteena on kartoittaa tuotekehityksen, tuotannon ja niiden välisen tuotetiedonhallinnan kehityskohteita ja tehdä yritykselle esitys siitä, miten näitä kohteita voitaisiin kehittää. Kehityskohteiden kartoitukseen ja kehitystoimenpide-ehdotusten luomiseen käytetään lean-toimintamallin mukaisia työkaluja ja toimintatapoja. Tarkoituksena on löytää sellaisia ensisijaisia kehityskohteita, jotka ovat selkeästi havaittavissa ja joita kehittämällä saavutetaan selkeät ongelmaa poistavat ja toimintaa tehostavat vaikutukset tuotantoprosessiin ja tätä kautta tuetaan sen mahdollista jatkokehitystä. Työssä pyritään lisäksi havainnollistamaan lean-toimintamallin mukaisten työkalujen ja toimintatapojen käyttöä, jotta työ toisi lisäarvoa yritykselle mahdollisten jatkokehitystoimien helpottamisen muodossa.



## 2 LEAN JA TUOTETIEDON HALLINTA

Lean on toimintamalli, joka pohjautuu alkuperin autovalmistaja Toyotan kehittämään tuotantojärjestelmään, jossa pyritään tuotannon jatkuvaan kehittämiseen ja tehostamiseen (Pascal 2007, 13). Toyotan tuotantojärjestelmä on osa laajempaa Toyotan toimintafilosofiaa, jonka perimmäisenä tarkoituksena on haastaa koko organisaatiota kehittämään toimintaansa jatkuvasti ja tätä kautta kyetä palvelemaan asiakkaitaan paremmin ja tehokkaammin (Liker 2004, 25-26).

### 2.1 Toimintamallin päätavoite

Lean-toimintamalliin kuuluu työkaluja, joilla pyritään ennen kaikkea vähentämään tai poistamaan tarpeetonta hukkaa (Liker 2004, 27-29). Hukkaa ovat sellaiset prosessin sisältämät toiminnot, jotka käyttävät resursseja mutta ne eivät luo tuotteelle tai palvelulle lisäarvoa asiakkaan näkökulmasta (Womack & Jones 1996, 15). Hukka on usein vielä jaettu kahdeksaan eri hukkatyyppiin, jotka ovat: ylituotanto, odottaminen, tarpeeton kuljettaminen, tarpeeton tai virheellinen käsittely, ylimääräinen varasto, tarpeeton liikkuminen, viat sekä työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen. Toimintamallissa asiakkaalla ei tarkoiteta ainoastaan loppuasiakasta, joka vastaanottaa valmiin tuotteen tai palvelun, vaan lisäksi sellaisia yrityksen sisäisiä toimintoja, jotka vastaanottavat jonkin muun toiminnon tuottamia asioita. Vaikka lean-toimintamalli on alkuperin kehitetty tuotannon kehittämiseen, sen ajattelumalleja ja työkaluja voidaan soveltaa laajasti myös kaikkien muiden yrityksen sisältämien prosessien kehittämiseen. (Liker 2004, 27-29.)

Hukka voidaan määritellä tarpeettomaksi tai tarpeelliseksi riippuen siitä, onko sen olemassaolo tarpeellista tukemaan jotain muuta lisäarvoa tuottavaa toimintoa. Mikäli toiminto ei itsessään tuota lisäarvoa, eikä se myöskään ole tarpeellinen lisäarvoa tuottavan toiminnon toiminnan kannalta, se voidaan määritellä tarpeettomaksi hukaksi, jolloin se pyritään poistamaan kokonaan. Tarpeellista hukkaa ovat puolestaan sellaiset lisäarvoa tuottamattomat toiminnot, joiden suorittaminen on välttämätöntä lisäarvoa tuottavan toiminnon toiminnan kannalta. Tarpeellista hukkaa pyritään vähentämään toimintoa kehittämällä ja tehostamalla. (Nicholas 2011, 58.)

## 2.2 Ongelman kuvaaminen

Lean toimintamallissa ongelmia lähdetään ratkaisemaan rakentamalla ensin riittävän tarkka kuvaus valitsevasta ongelmatilanteesta. Ongelmankuvauksen tarkoituksena on ymmärtää ongelman syyt ja seuraukset tarkemmin sekä paikallistaa ongelman lähde, jotta ongelmaa ja sen aiheuttajia voidaan analysoida tarkemmin. (Liker 2004, 255.) Ongelmien ratkaisutoimenpiteiden etsimiseen käytetään viisi miksi-analyysia. Analyysissa ongelmaa tarkastellaan tarkemmin ja selvitetään sen juurisyy kysymällä mistä kyseinen ongelma johtuu niin kauan, kunnes sen juurisyy löydetään. Kysymyksissä edetään taso tasolta syvemmälle ongelman sisälle ja näin pystytään havainnoimaan ongelmaketju, joka lopulta päättyy juurisyyhyn, josta ongelma loppujen lopuksi johtuu. Tarkoituksena on päästä pintaa syvemmälle ongelman sisälle ja keskittyä poistamaan ongelman aiheuttaja, jottei ainoastaan korjata ongelmasta aiheutuneita seurauksia siellä missä ne esiintyvät. (Liker 2004, 252-253.)

## 2.3 Työn vakiinnuttaminen

Lean-toimintamalliin kuuluu tärkeänä osana myös työn vakiinnuttaminen, tai toisin sanoen standardoiminen, jonka tarkoituksena on luoda yhtenäinen työtapa, jonka mukaisesti jokin toistuva työtehtävä suoritetaan. Vakiinnuttamisen lopputuloksena on työohje, jossa on listattuna ohjeen laatimisen hetkellä parhaat tiedossa olevat menetelmät työn suorittamiseen. Työohjetta on kuitenkin tarkoituksena kyseenalaistaa ja pyrkiä kehittämään jatkuvasti paremmaksi, kun työn suorittamisen ohessa löydetään uusia, parempia menetelmiä. (Pascal 2007, 49.)

Vakiinnuttamisen avulla työ suoritetaan vakioidulla tavalla, joka toimii työn jatkuvan kehittämisen perustana. Ilman vakiinnutusta työ suoritetaan vaihtelevilla tavoilla, jolloin kehitystoimien vaikutuksia ei pystytä tarkasti erottamaan, vaan ne hukkuvat vaihteluun. (Liker 2004, 142.) Vakiinnuttaminen myös parantaa ennustettavuutta ja tasoittaa laatua, kun työt suoritetaan järjestelmällisellä tavalla. Suorittaessa työ aina samoin, tiedetään siihen kuluva aika ja näin ollen sen suorittamisajankohta pystytään ennustamaan normaalitilanteissa. Vakiinnuttamisen yhteydessä luotu työohje auttaa myös ylläpitämään työtä kehittäessä opittua tietoa, vaikka työn suorittaja vaihtuisikin. (Liker 2004, 38.)

## 2.4 Tuotetiedon ja elinkaaren hallinta

Tuotetiedon hallinta, eli PDM (Product Data Management), tarkoittaa menetelmäkokonaisuutta, jonka tavoitteena on hallita tuotteeseen liittyviä tietoja tehokkaasti (Laakko, 1998, 239). Nykypäivänä tuotetiedon hallintaan käytetään lähes aina tietokonepohjaista PDM-järjestelmää, mutta tuotetiedon hallintaa voidaan kehittää myös määrittelemällä ja yhtenäistämällä tuotetiedon käsittelyyn liittyviä toimintatapoja (Sääksvuori & Immonen, 2002, 18). Tuotetiedolla voidaan tarkoittaa kaikkea tuotteeseen liittyvää tietoa, mutta tuotetiedon hallintaa käsiteltäessä se on kuitenkin yleensä rajattu tarkoittamaan pelkästään tuotteen teknisiä tietoja. Tekniset tiedot sisältävät tuotteen valmistuksessa tarvittavat, yleensä tuotekehityksen tuottamat tiedot. Useat PDM-järjestelmät ovatkin alkuperin kehitetty tuotekehityksen tarpeisiin, joka näkyy niiden sisältämissä, varsinkin tuotekehitykselle tarpeellisissa työkaluissa. (Peltonen, Martio & Sulonen, 2002, 9.)

Tuotetiedon hallinnasta on myös laajempi käsite PLM (Product Lifecycle Management), joka käsittää tuotteen koko elinkaaren hallinnan. Tuotteen elinkaaren hallinta sisältää kaikki sen elinkaaren aikana tarvittavat tiedot, tuotteen alkumäärittelystä sen käytöstä poistamiseen saakka. PDM- ja PLM-termejä käytetään usein myös sekaisin tarkoittamaan suunnilleen samaa asiaa. (Martio, 2015, 47.) Tässä opinäytetyössä termit on kuitenkin eroteltu edellä mainitulla tavalla, eli PDM viittaa tuotekehityksen sisällä tapahtuvaan tuotetiedon hallintaan ja PLM laajempaan tuotteen elinkaaren hallintaan, johon sisällytetään mukaan myös yrityksen muiden prosessien, kuten tuotannon, valmistamat tuotteeseen liittyvät tiedot ja niiden hallinnoiminen. Tämä määrittelytapa on yhtenäinen työn tilanteen yrityksen jo käyttämän termin kanssa.

### 3 KEHITYSKOHTTEIDEN KARTOITTAMINEN

Tuotannon kehitysmahdollisuuksien kartoitus suoritettiin yhdessä yrityksen johdon, muutamien toimihenkilöiden ja opinnäytetyön tekijän toimesta. Kartoituksessa löydettiin paljon mahdollisia kehityskohteita, joiden ajateltiin vaikuttavan tuotannon tehokkuuteen. Selkeimmiksi ongelmiksi nousivat valmistettävien tai ostettavien komponenttien puuttuminen, komponenttien väärin versioiden tai revisioiden käyttö sekä työn suorittaminen piirustuksista poikkeavalla tavalla. Näiden ongelmien johdosta tuotannossa ilmeni merkittävä määrä sekaannusta ja viivästyksiä. Komponenttien puuttuessa tuotanto joutui keskeyttämään meneillä olevia töitä ja selvittämään mitä komponentteja on vielä tilattava, jotta työ pystyttiin suorittamaan. Väärin komponenttien tilaaminen ja käyttäminen puolestaan aiheutti lisätöitä ja hidastuksia, koska komponentteja jouduttiin vielä vaihtamaan tai muokkaamaan kesken tuotannon. Lisäksi oli mahdollista, että väärillä komponenteilla kokoonpantu tuote päätyi joissakin tapauksissa jopa loppuasiakkaalle asti, jolloin tuotetta jouduttiin korjaamaan vielä toimituksen jälkeenkin. Näiden ongelmien takia aiheutui toimitusviivästyksiä ja ylimääräisiä kustannuksia reklamaatioiden muodossa. Ongelmat myös laskivat tuotannon tehokkuutta huomattavasti, koska ongelmatilanteiden selvittäminen ja käsittely vaativat merkittäviä määriä työtä.

#### 3.1 Kehityskohteiden rajaaminen

Komponenttien puuttumiselle löydettiin useita mahdollisia syitä, kuten tarkan varastointijärjestelmän puuttuminen. Komponenteilla ei ole tällä hetkellä määrättyjä paikkoja varastossa vaan ne viedään sinne, missä on tilaa. Varastonhallintaa kehittämällä on mahdollista poistaa merkittävä määrä hukkaa tuotantoprosessista. Paremman varastonhallinnan myötä työntekijät pystyvät keskittymään tuottavan työn suorittamiseen, kun aikaa ei enää tuhlaannu komponenttien etsimiseen tuotantotiloista. Yritys on kuitenkin jo alkanut kehittämään varastointijärjestelmäänsä paremmaksi, joten tähän kohteeseen ei paneuduttu tarkemmin tässä opinnäytetyössä.

Varastonhallinnan ongelmat eivät myöskään selittäneet sitä, miksi komponentit ovat vääränlaisia tai miksi ne puuttuvat varastosta kokonaan. Ongelmia lähemmin tarkasteltaessa niiden voitiin huomata johduttavan ensisijaisesti siitä, että tuotannossa saatetaan tilata komponentteja väärillä revisioilla tai versioilla tai niitä ei tilata ollenkaan. Tuotanto tilaa kaikki valmistettavat komponentit tuotetietoon perustuen, joten

ongelmien syyt voitiin johtaa puutteisiin tuotetiedossa tai sen hallinnassa. Lisäksi tuotanto suorittaa valmistukseen liittyvät työt, kuten hitsauksen, tuotetietoon perustuen, joten virheellinen työn suorittaminen pystyttiin jäljentämään samoihin tuotetiedon hallinnassa ilmeneviin ongelmiin. Kartoituksen perusteella tarkemmaksi kehityskohteeksi valikoitui tuotetiedon hallinta ja sen liikkuminen tuotekehityksessä, tuotannossa sekä niiden välillä. Tuotetiedon hallinnan voidaan arvioida olevan hyvä ensisijainen kehityskohde, koska tuotantoprosessin muu toiminta on riippuvainen tuotetiedosta. Tuotanto suorittaa käytännössä kaikki työt tuotetiedon perusteella, joten tuotetiedon hallinnan kehittäminen vaikuttaa laajasti koko loppu tuotantoprosessiin ja näin ollen se tukee suoraan syvemmillä prosessissa tehtäviä mahdollisia kehitystoimia.

## 4 TUOTETIEDON HALLINNAN NYKYTILANNE

Tuotetiedon hallinnan nykytilaa tarkasteltiin tuotekehityksen ja tuotannon osalta paljolti haastattelemalla edellä mainittujen prosessien yhteydessä työskenteleviä henkilöitä, sekä yrityksessä käytössä olevia yleisiä toimintatapoja tutkimalla. Haastatteluista ja toimintatapoja tutkimalla kerätyn tiedon pohjalta pystyttiin rakentamaan kuvaus siitä, miten tuotetietoa luodaan ja hallinnoidaan tuotekehityksessä ja tuotannossa sekä siitä, miten tuotetieto liikkuu näiden prosessien välillä. Nykytilan kuvauksen tarkoituksena on rakentaa riittävän selkeä kuvaus siitä, miten kehityskohteena olevia toimintoja suoritetaan tällä hetkellä, jotta toimintatapoja pystyttäisiin kehittämään systemaattisesti. Kehityksen ollessa näin alkuvaiheessa, toimintatapoja ei ole lähdetty kirjaamaan ylös kohta kohdalta erittäin tarkasti, vaan on pikemminkin pyritty rakentamaan kuvaus tämän hetkisistä toimintatavoista yleisellä tasolla.

### 4.1 Tuotetiedon hallinta tuotekehityksessä

Tuotekehitys kehittää ja suunnittelee yrityksen valmistamien tuotteiden mekaniikan. Mekaniikan suunnittelutyöhön käytetään pääsääntöisesti Autodesk Inventor-CAD-ohjelmistoa, jolla tuotteet mallinnetaan kolmiulotteisesti. Mallinnuksen yhteydessä kaikille komponenteille määrittyy automaattisesti myös nimike, jonka perusteella eri komponentit pystytään tunnistamaan yksiselitteisesti. Nimikkeenä toimii juokseva numerosarja. Tuotekehitys valmistaa myös tuotteen valmistukseen tarvittavat piirustukset mallinnustietoa hyödyntäen. Piirustukset tehdään kaikista osista, hitsauskokoonpanoista ja kokoonpanoista, jotka yritys valmistaa itse tai tilaa alihankintana.

Tuotekehitys kokoaa tuotteesta lisäksi BOM-listan, josta selviää tuotteen sisältämät, omassa tuotannossa tai alihankintana valmistettavat tuotteen mekaniikkaan liittyvät komponentit, sekä suurin osa ostettavista komponenteista (KUVA 1). BOM-listan sisältämä tuoterakenne ei ole siis täydellinen, vaan siitä puuttuu joitakin komponentteja joita ei ole mallinnettu, kuten hydrauliletkut ja -putket, johtosarjat, sekä joitain muitakin, lähinnä käyttövoimaan ja sähköohjaukseen liittyviä komponentteja. Valmistettavat osat ovat lähes poikkeuksetta teräksestä valmistettuja levy-, putki- ja sorviosia, mutta tuotteissa käytetään jonkin verran myös muitakin materiaaleja, kuten muoveja. Tuotekehitys valmistaa myös käyttövoiman, yleensä hydrauliiikan, kaaviokuvat. Kaaviokuvien piirtämiseen käytetään erillistä kaksiulotteista AutoCAD-ohjelmistoa.

Item	Part Number	Title	QTY
1	00029013	Pääkokoonpano	1
1.1	500-125-050	5x5000-207590	2
1.3	TC3000905	OHJELMISTO	3
1.5	TC3000908	OHJELMISTO	1
1.6	500-95-49018	Synter 55-91-075...	1
1.6.1	500-95-49018	Synter 55-91-075...	2
1.6.2	500-95-49018	Synter 55-91-075...	1
1.6.3	500-95-49018	Synter 55-91-075...	1
1.6.4	500-95-49018	Synter 55-91-075...	2
1.6.5	500-95-49018	Synter 55-91-075...	1
1.6.6	500-95-49018	Synter 55-91-075...	1
1.6.7	500-95-49018	Synter 55-91-075...	1
1.6.7.1	500-95-49018	Synter 55-91-075...	1
1.6.7.2	500-95-49018	Synter 55-91-075...	1
1.6.8	500-95-49018	Synter 55-91-075...	1
1.6.9	500-95-49018	Synter 55-91-075...	1
1.6.10	500-95-49018	Synter 55-91-075...	2
1.6.11	500-95-49018	Synter 55-91-075...	1
1.6.11.1	500-95-49018	Synter 55-91-075...	1
1.6.11.2	500-95-49018	Synter 55-91-075...	2
1.6.11.3	500-95-49018	Synter 55-91-075...	1
1.6.11.4	500-95-49018	Synter 55-91-075...	1

KUVA 1. BOM-lista Autodesk Inventor- ohjelmistossa

Tuotekehityksessä käytetään Autodesk Vault Workgroup-PDM-järjestelmää tuotetiedon hallintaan ja mahdollistamaan useamman kuin yhden suunnittelijan yhtäaikaista työskentelyä. Eri suunnittelijat pystyvät mm. lukitsemaan tiettyjen tiedostojen muokkaamisen vain omaan käyttöönsä, jottei useampi suunnittelija pysty muokkaamaan samaa tiedostoa yhtä aikaa. Järjestelmän avulla tuotetieto myös pysyy oikeanlaisena siitä löytyvien työkalujen avulla, koska kaikista järjestelmän sisälle tuoduista tiedostoista on automaattinen versio- ja revisiohistoria. PDM-järjestelmään tuodaan sisälle kaikki muu tuotekehityksen tuottama suunnittelutieto, paitsi kaaviokuvat.

## 4.2 Tuotetiedon siirtäminen tuotekehityksestä tuotantoon

Tuotteiden valmistuksessa tarvittavat piirustukset siirtyvät tuotekehitykseltä tuotannon käytettäväksi piirustusten julkaisutyökalun avulla. Julkaisutyökalu luo piirustuksista PDF- ja DXF-dokumentit verkkolevyllä sijaitsevaan jaettuun kansioon. Kansiorakenne verkkolevyllä noudattaa PDM-järjestelmän sisällä määriteltyä rakennetta kuvissa 2 ja 3 esitetyllä tavalla. Julkaisutyökalu on erillinen CAD-ohjelmistoon ja PDM-järjestelmään integroitava kolmannen osapuolen toimittama lisäosa, joka vähentää tuotekehityksen työmäärää dokumenttien julkaisuvaiheessa merkittävästi. Lisäosa asettaa tiedoston julkaistavaksi automaattisesti samalla, kun suunnittelija merkitsee tiedoston valmiiksi CAD- tai PDM-järjestelmän sisällä. Valmiiksi merkityt tiedostot lukittuvat PDM-järjestelmässä, jolloin niitä ei voida enää muuttaa tekemättä tiedostosta uutta revisiota tai versiota. Mikäli lukittu tiedosto on piirustus, se siirtyy odottamaan julkaisua. Julkaisu ei tapahdu välittömästi, vaan piirustusten siirtymisessä tuotannolle saattaa kestää normaalitilanteessa muutamista sekunneista kauimmillaan noin tuntiin jonon pituudesta riippuen. Tuotekehitys julkaisee piirustusten lisäksi BOM-listan Excel-taulukkona tuotannon käytettäväksi.

Name	Title	Descripti...	Subject	State	Revision
<b>Folder</b>					
Folder	Kokoonpanot				
Folder	Muut				
Folder	PL1.5 kyva				
Folder	PL10 S355				
Folder	PL15 S355				
Folder	PL20 S355				
Folder	PL25 S355				
Folder	PL3 S355				
Folder	PL4 S355				
Folder	PL6 S355				
Folder	PL8 S355				
Folder	Putket				
Folder	Räjäytykset				
Folder	Sorvit				

KUVA 2. Kansiorakenne PDM-järjestelmän sisällä



Nimi	Muokkauspäivä	Tyyppi ^	Koko
Muut	10.1.2018 10.17	Tiedostokansio	
PL1.5 kyva	31.12.2017 12.53	Tiedostokansio	
PL3 S355	9.1.2018 15.33	Tiedostokansio	
PL4 S355	31.12.2017 14.06	Tiedostokansio	
PL6 S355	31.12.2017 14.19	Tiedostokansio	
PL8 S355	31.12.2017 14.29	Tiedostokansio	
PL10 S355	9.1.2018 15.31	Tiedostokansio	
PL15 S355	31.12.2017 13.33	Tiedostokansio	
PL20 S355	8.1.2018 10.59	Tiedostokansio	
PL25 S355	8.1.2018 10.59	Tiedostokansio	
Putket	9.1.2018 11.02	Tiedostokansio	
Sorvit	28.12.2017 18.43	Tiedostokansio	

KUVA 3. Vastaava kansiorakenne verkkolevyllä

### 4.3 Tuotetiedon hallinta tuotannossa

Tuotannolla ei ole käytössään minkäänlaista erillistä tietojärjestelmää, vaan tuotekehityksen julkaisemat piirustukset kerätään verkkolevyllä manuaalisesti. Tuotanto etsii tilattavien osien nimikkeet ja lukumäärät tuotekehityksen julkaisemilta mallinnustietoon perustuvilta BOM-listoilta sekä kokoonpano- ja hitauskokoonpanopiirustuksissa olevilta osalistailla. BOM-listat ovat julkaistu tuotannon käytettäviksi Excel-tiedostoina (KUVA 4). Kaikki piirustukset eivät ole välttämättä samassa tuotemallikohtaisessa pääkansiossa, joten usein tiedostojen etsimiseen käytetään Windows-käyttöjärjestelmässä olevaa resurssienhallinnan hakutoimintoa.

Item	Part Number	QTY
1.11	00029018	1
1.11.2	00029021	1
1.11.2.1	00029033	2
1.11.2.2	00029032	1
1.11.2.3	00029028	4
1.11.2.4	00029024	2
1.11.2.5	00029031	1
1.11.2.6	00029022	1

KUVA 4. Tuotannon käyttämä jäsennelty BOM-lista Excel-ohjelmistossa avattuna

Tuotekehityksen julkaisemia BOM-listoja on käytössä kaksi erilaista; jäsenely lista ja osat-lista (KUVA 5). Jäsenelyllä listalla tuotteen sisältämät nimikkeet on jäsenely mallinnettujen kokoonpanojen rakenteen mukaisesti kaikilla kokoonpanotasoilla, joten pääkokoonpanosta tehdyllä listalta selviävät kaikki mallinnetut tuotteen sisältämät komponentit. Myös osat-listalta nähdään pääkokoonpanon sisältämät nimikkeet kaikilla kokoonpanotasoilla. Eroavaisuutena tässä listaustavassa on se, että siinä näkyvät vain yksittäiset osat ja sellaiset osakokonaisuudet, jotka ovat erottamattomia, kuten hitsauskokoonpanot. Tältä listalta ei siis selviä esimerkiksi hitsauskokoonpanon sisältämien osien nimikkeitä ja niiden kappalemääriä, vaan pelkästään hitsauskokoonpanon nimike ja kappalemäärä. Lopullinen tuoterakenne nähdään ainoastaan tuotannon ylläpitämällä BOM-listalta. Lista perustuu tuotekehityksen julkaisemiin listoihin, mutta tuotanto lisää siihen manuaalisesti myös ne nimikkeet, joita ei ole mallinnettu.

Item	Part Number	BOM Structure	QTY	Item	Part Number	BOM Structure	QTY
1	Osa1	Normal	2	1	Osa1	Normal	6
2	Kokoonpano1	Normal	1	2	Hitsauskokoonpano1	Inseparable	1
2.1	Hitsauskokoonpano1	Inseparable	1	3	Osa2	Normal	5
2.1.1	Osa4	Normal	4	4	Osa3	Normal	1
2.1.2	Osa5	Normal	2				
2.2	Osa2	Normal	3				
2.3	Osa3	Normal	1				
3	Kokoonpano2	Normal	2				
3.1	Osa1	Normal	2				
3.2	Osa2	Normal	1				

KUVA 5. Kokoonpano jäsenelyssä- ja osat-listauksessa Autodesk Inventor-ohjelmistossa

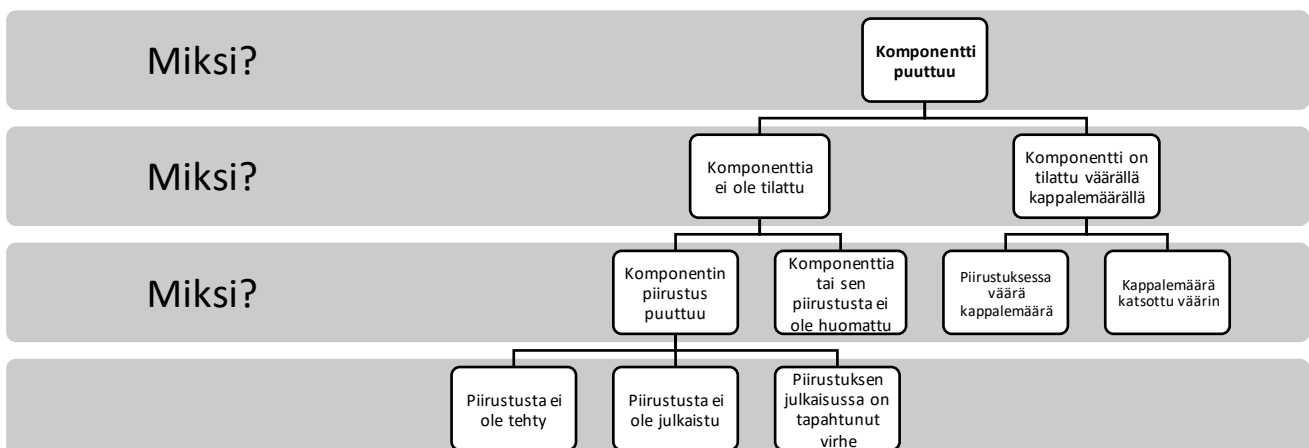
Tuotanto tekee tilaukset ja toimittaa piirustukset eteenpäin komponentin valmistavalle taholle sähköpostilla tai paperille tulostettuna. Tulostettuja piirustuksia käytetään lähinnä omassa tuotannossa valmistettavissa sorvi- ja putkiosissa sekä hitsauskokoonpanoissa, koska ne valmistetaan manuaalisia laitteita käyttäen. Käytännössä kaikki levyosat leikataan tietokonepohjaisesti ohjatulla plasmaleikkurilla tai ne tilataan alihankinnasta laserleikkeinä, mikäli osa vaatii korkeampaa valmistustarkkuutta. Kokoonpanosastolla on käytössään tietokone, jolla pystytään avaamaan kokoonpanossa tarvittavat piirustukset.

## 5 ONGELMAT TUOTETIEDON HALLINNASSA

Tuotekehityksen valmistamat piirustukset pysyvät oikeanlaisina tuotekehityksen sisällä PDM-järjestelmän ansiosta, mutta ongelmia ilmenee etenkin siinä vaiheessa, kun piirustukset pitää saattaa tuotannon käytettäviksi. Ongelmaksi muodostuvat varsinkin piirustusten julkaisun jälkeiset toiminnot, koska julkaisun yhteydessä piirustukset poistuvat PDM-järjestelmän sisältä, jolloin niiden järjestelmällinen hallinnoiminen päättyy. Tämän jälkeen kaikki tiedon hallinnoiminen suoritetaan manuaalisesti ihmisten toimesta, joka altistaa tuotetiedon hallinnan useille erilaisille ongelmille ja virheille. Ongelmia esiintyy kuitenkin myös tuotekehityksen sisällä piirustusten julkaisua edeltävissä ja sen aikaisissa toiminnoissa. Tuotannon tärkeimmiksi nousseiden ongelmakohtien, eli puuttuvien ja vääränlaisten komponenttien tuotetiedon hallintaan liittyviä juurisyytä selvitettiin käyttämällä lean-toimintamallin mukaista viisi miksi-analyysiä (KUVIO 1 & KUVIO 2). Analyysin avulla saatiin rakennettua toimenpide-ehdotuksia varten riittävän tarkka kuvaus ongelmista.

### 5.1 Puuttuva komponentti

Komponentin puuttumisen pääsyyksi löytyivät komponentin kokonaan tilaamatta jääminen sekä komponentin tilaaminen väärällä kappalemäärällä. Näitä ongelmia on vielä analysoitu syvemmillä, jotta päästään kiinni niihin tuotetiedon hallinnallisiin ongelmiin, joista komponentin puuttuminen lopulta johtuu.



KUVIO 1. Viisi miksi -analyysi komponentin puuttumisesta

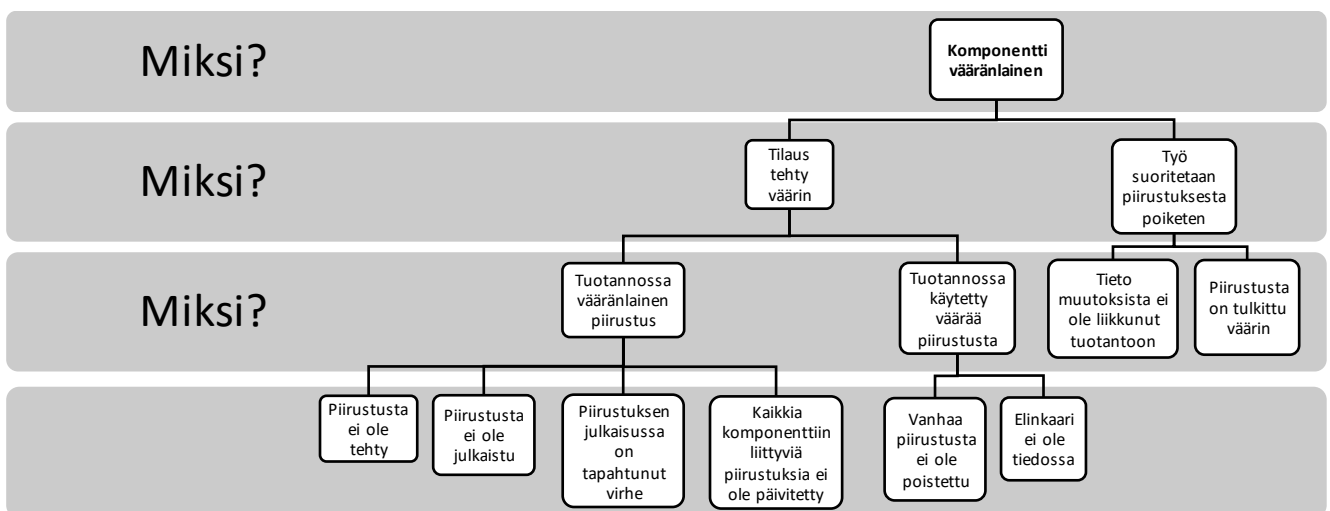
Piirustuksen puuttumiselle tuotannon verkkolevyiltä löytyi kolme eri syytä: piirustusta ei ole tehty, piirustusta ei ole julkaistu tai piirustuksen julkaisu on epäonnistunut. Piirustus voi jäädä tekemättä tuotekehityksessä inhimillisestä unohduksesta johtuen. Piirustusten tekemiselle ei ole yhtenäistä määriteltyä toimintatapaa tai järjestelmää, jolla niiden valmistumista seurataan. Joskus piirustus puolestaan on tehty, mutta sitä ei ole muistettu lukita ja näin ollen julkaista. Julkaisemisen suorittaminen on myös täysin ihmisen muistamisen varassa. Lopulta on vielä mahdollista, että kaikki toiminnot on muistettu tehdä mutta julkaisutoiminnossa tapahtuu jokin tietotekninen ongelma, jonka seurauksesta piirustus ei siirry tuotannolle. Piirustuksen puuttuminen on vakava ongelma, koska se huomataan useimmiten vasta tuotannossa. Pahimmillaan sitä ei huomata vielä tilausta tehdessäkään, vaan vasta tuotteen valmistuksen yhteydessä.

Tuotanto ei aina huomaa kaikkia piirustuksia verkkolevyiltä, vaikka ne ovatkin julkaistu. Piirustukset on jäsennely kansioihin etsimisen helpottamiseksi, mutta niitä voi kuitenkin olla yhdessä kansiossa useita kymmeniä tai yli satakin. Piirustusten suuren määrän johdosta on suuri todennäköisyys sille, että yksittäisiä piirustuksia jää huomaamatta. Komponenttien nimikkeet etsitään useimmiten erilliseltä BOM-listalta tai kokoonpano- ja hitsauskokoonpanopiirustuksissa olevilta osalistoilta. Tuotanto käy listat läpi manuaalisesti, joten on mahdollista, että yksittäinen rivi jää huomaamatta. Piirustuksia on usein monissa eri paikoissa verkkolevyillä, koska komponentteja ja näin ollen myös piirustuksia saatetaan kierrättää useiden eri tuotemallien välillä. Tämä vaikeuttaa tiedostojen hakemista entisestään. Piirustuksien etsimiseen käytettävä Windows-hakutoiminto on myös epäluotettava ja hidas, joten piirustusten etsiminen vie usein paljon aikaa.

Käytännössä ainoa väärin tilausmääriin vaikuttava piirustuksen tekovaiheessa mahdollisesti tehtävä virhe on komponentin lukumäärän väärin merkitseminen piirustukseen. Muilla mahdollisilla virheillä, kuten esimerkiksi jonkin mitan tai hitsausmerkinnän puutteella, ei ole suoranaisesti vaikutusta tilaukseen. On myös mahdollista, että lukumäärä katsotaan väärin tuotannossa. Lukumäärät on merkattu osien piirustuksiin ja ne näkyvät myös BOM- ja osalistoilta, joista ne tarkastetaan ihmisen toimesta. Näissä merkinnöissä voi kuitenkin olla ristiriitaisuuksia komponenttien kierrättämisen johdosta. Komponentin piirustukseen on sen alkuperäisessä yhteydessä merkitty jokin tietty tarvittava lukumäärä, mutta tämä ei enää pidä paikkaansa, kun komponenttia käytetään myös jossakin muussa tuotteessa.

## 5.2 Vääränlainen komponentti

Komponenttien vääränlaisuus johtui vääränlaisista tilauksista ja ostoista, sekä työn suorittamisesta piirustuksista poikkeavalla tavalla. Tilauksia ja ostoja tehtiin väärin, koska tuotannon käytössä olleet piirustukset olivat väärää versiota tai revisiota. Lisäksi oli mahdollista, että oikeanlaiset piirustukset olivat tuotannon käytettävissä, mutta tuotanto käytti silti virheellisesti väärää piirustuksia. Hitsaus- ja kokoonpanotöitä saatettiin puolestaan suorittaa piirustuksista poikkeavasti tiedon liikkumisessa ja toimintata-voissa ilmenevien ongelmien johdosta.



KUVIO 2. Viisi miksi -analyysi vääränlaisesta komponentista

Tuotannossa saattoi olla myös piirustuksia väärillä versioilla tai revisioilla. Uusi revisio tai versio syntyy, kun tuotekehitys tekee muutoksia johonkin jo olemassa olevaan nimikkeeseen. Syyt tälle ongelmalle olivat pitkälti samat, kuin koko piirustuksen puuttuessa. Tuotekehityksessä tehdään muutoksia, mutta uutta piirustusta ei muisteta tehdä, piirustusta ei muisteta julkaista tai piirustuksen julkaisussa tapahtuu jokin tietotekninen virhe. Uudet versiot ja revisiot tuovat kuitenkin yhden mahdollisen lisäongelmakohtaan. Mikäli päivitettävä komponentti sijaitsee alikokoonpanon sisällä tai samasta kokoonpanosta on useampia piirustuksia eri tarpeisiin, saatetaan joutua muuttamaan useita eri piirustuksia, joissa muutettu komponentti on esitetty yksistään tai jonkin kokoonpanon sisällä. Ongelmana onkin mahdollisuus unohtaa päivittää kaikki muutettuun komponenttiin liittyvät piirustukset. Jos kaikkia päivityksen tarpeessa olevia piirustuksia ei päivitetä, piirustuksiin tulee ristiriitoja, eivätkä ne ole enää yksiselitteisiä. Tämä puolestaan voi aiheuttaa sekaannusta komponentteja tilattaessa ja mahdollistaa virheiden tapahtumisen tilausta tehdessä.

Väärän piirustuksen käyttäminen tuotannossa voi johtua muutamasta eri tekijästä. Tuotannossa saattaa olla käytössä vain yksi versio tai revisio komponentista, mutta vanhat piirustukset on unohdettu poistaa tuotannosta. Tällöin on vaarana, että uutta piirustusta ei huomata vanhojen joukosta ja käytetään edelleen vanhaa piirustusta. Toisaalta joskus useiden eri versioiden ja revisioiden käyttö on tarpeellista, eli vanhojenkin piirustuksien täytyy olla tuotannon käytettävissä. Tällaisia tilanteita voi tulla esimerkiksi silloin, kun ennen komponenttien päivittämistä valmistettuihin tuotteisiin täytyy valmistaa varaosia. Ongelmien juurisyys tässä tapauksessa ilmenevät tuotteen elinkaaren hallinnassa olevat puutteet. Tuotteiden elinkaaren hallintaan ei ole määriteltyä toimintatapaa tai järjestelmää, jolloin valmiiden tuotteiden eri versioiden erottaminen toisistaan on käytännössä ihmisen muistin varassa. Tämä vaikeuttaa huomattavasti esimerkiksi juurikin varaosamyyntiä, koska ei suoraan tiedetä mitä versiota tai revisiota asiakkaan tuote on.

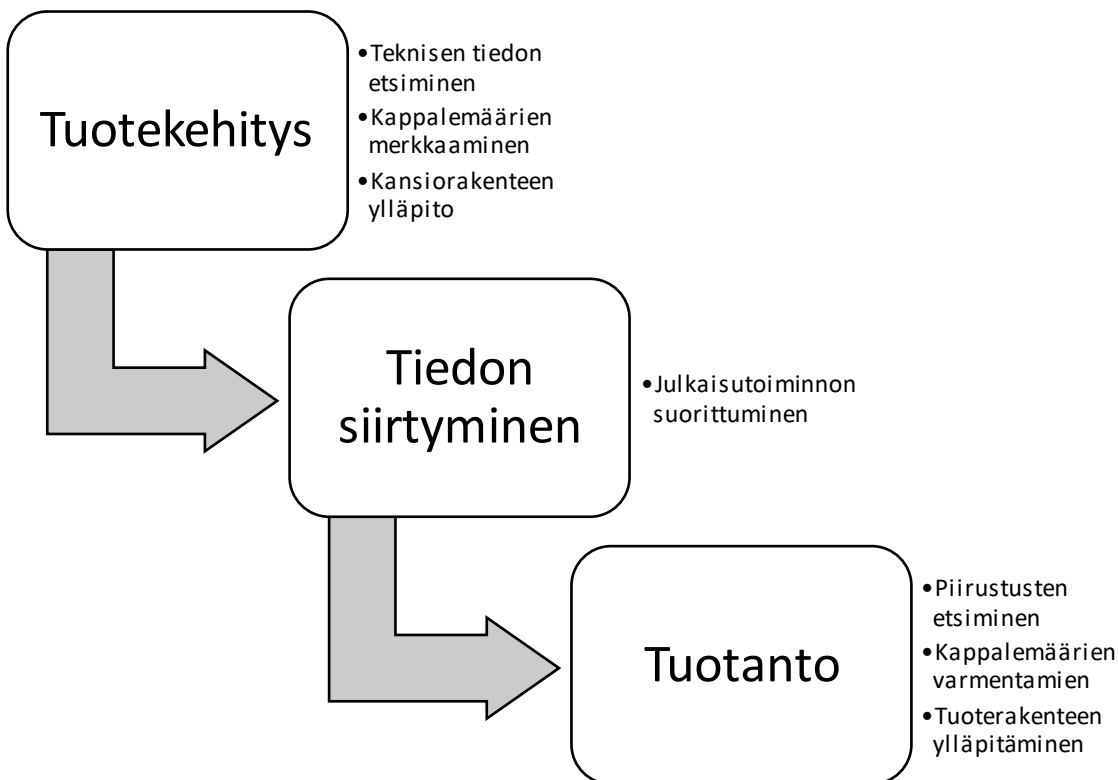
Jotkin komponentit, yleensä hitsauskokoönpanot, saatetaan myös joskus valmistaa väärin, vaikka tuotannon käyttämät piirustukset olisivatkin oikeanlaiset. Tämä johtuu yleisesti ottaen tiedon liikkumisessa ja toimintatavoissa olevista ongelmista. Työt suoritetaan väärin, koska tieto muutoksista piirustuksiin ei ole päätenyt työtä suorittaville työntekijöille tai piirustusta ei tulkita oikein. Tällöin työ suoritetaan vanhoja piirustuksia käyttäen tai käytetään uusia piirustuksia, mutta niissä tapahtuneita muutoksia ei huomata ja työ suoritetaan samoin kuin aiemminkin. Tämä on ongelma, joka aiheuttaa paljon turhaa työtä, koska virheen lähteen selvittäminen on usein haastavaa. Jokin tuotteessa ilmennyt ongelma on saatettu korjata piirustuksiin, mutta piirustusten korjauksien jälkeiset tuotteet valmistetaan kuitenkin edelleen virheellisesti. Tällaisissa tilanteissa saatetaan joutua tekemään paljon selvitystyötä, jotta löydetään syyt sille, miksi tuotteet ovat edelleen virheellisiä, vaikka piirustusten mukaan virhettä ei pitäisi enää esiintyä.

### **5.3 Yhteenveto ongelmista ja niiden juurisyistä**

Kaikkien yllä käsiteltyjen ongelmien juurisyys löytyi pohjimmiltaan unohdukset ja muut virheet työn suorittamisessa. Nämä virheet johtuvat pohjimmiltaan siitä, että töiden suorittamistapoja ei ole määritelty, eli työtehtäviä ei ole vakiinnutettu. Standardoimisen puutteen takia työt suoritetaan vaihtelevilla tavoilla, eikä niiden suorittamisen oikeanlaisuudelle ole myöskään määritelty varmennustapoja. Työtehtävien suorittaminen vaihtelevilla tavoilla mahdollistaa virheiden jatkuvan tapahtumisen ja tekee toiminnan kehittämisen näiden työtehtävien osalta lähes mahdottomaksi.

## 6 HUKKA TUOTETIEDON HALLINNASSA

Hukkaa tuotetiedon hallinnassa on tarkasteltu tuotekehityksen ja tuotannon sisällä, sekä tuotetiedon liikumisessa näiden prosessien välillä (KUVIO 3). Tuotekehityksen sisältä löydettiin opinnäytetyön yhteydessä myös sellaista hukkaa, joka ei suoranaisesti liity tehtäviin, joissa tuotanto toimii asiakkaana. Tämäkin hukka on kuitenkin mainittu, koska se osaltaan vähentää tuotekehityksen tehokkuutta ja näin ollen hidastaa tuotetiedon luomista, jolloin se kasvattaa läpimenoaikaa tuotteiden suunnittelusta asiakkaalle toimitukseen asti mitattuna. Toimintoja ei ole lähdetty arvioimaan vielä kehityksen ollessa näin alkuvaiheessa tarkasti, vaan on pyritty keskittymään ainoastaan selkeään hukkaan, jota voidaan alkaa vähentämään suhteellisen yksinkertaisin menetelmin. Tarkemman mittauksen katsottiin olevan vielä tässä vaiheessa osaltaan turhaa, koska ongelmat ovat selkeitä ja toisaalta tämän opinnäytetyön yhteydessä käytössä olleet resurssit eivät olisi siihen riittäneetkään.



KUVIO 3. Tuotetiedon hallinnan toimintoja, joissa ilmenee hukkaa

## 6.1 Hukka tuotekehityksessä

Tuotekehityksen sisällä tuotetiedon hallinnallista hukkaa ilmenee selkeästi siinä, ettei kaikkea tuotekehityksessä tarvittavaa tuotteisiin liittyvää tietoa ole lisätty PDM-järjestelmän sisälle. Tällaista tietoa on esimerkiksi tekninen dokumentaatio, joka liittyy johonkin ostettavaan komponenttiin. Teknisiä tietoja tarvitaan usein suunnitteluvaiheessa, kun erilaisiin sovelluksiin etsitään sopivia, ostettavissa olevia komponentteja. Lisäksi osa tuotekehityksen itse tuottamasta tuotetiedosta, kuten kaaviokuvat, on PDM-järjestelmän ulkopuolella erillisissä kansioissa verkkolevyllä. Tällaisten erillisten dokumenttien etsimiseen voi kuluja paljonkin aikaa, koska tietoa ei ole jäsennelty selkeästi, vaan se on pirstaloituneena useissa eri kansioissa verkkolevyllä. Lisäksi tuotekehityksen puolelta löytyy selkeää hukkaa kappalemäärien merkitsemisessä piirustuksiin ja piirustusten jäsentelystä kansiorakenteeseen. Nämä ovat toimintoja, joissa tuotanto on asiakkaana.

Tuotekehitys merkitsee valmistettavien osien kappalemäärät niiden piirustuksiin manuaalisesti. Kappalemäärät joudutaan laskemaan piirustuksen tekemisen yhteydessä kokoonpanomallinnuksesta tai selvittämään ne BOM-listalta. Listalta kappalemäärää selvittäessäkkin osan kappalemäärä joudutaan kuitenkin osittain laskemaan manuaalisesti. BOM-listalta näkee tarvittavien osien kappalemäärät yhteen kokoonpanoon, muttei suoraan sitä, montako niitä tarvitaan yhteensä, mikäli osan sisältävää kokoonpanoa tarvitaan tuotteessa enemmän kuin yksi kappale. Tällöin kokoonpanon sisältämän osan kappalemäärä joudutaan vielä kertomaan kokoonpanon kappalemäärällä. Kokoonpanojen sisällä voi olla myös useita eri alikokoonpanoja, jotka voivat sisältää osaa monella eri kokoonpanotasolla, jolloin osan kappalemäärä voidaan joutua kertomaan useiden eri kokoonpanojen kappalemäärillä. Tuoterakenteen monimutkaisuudesta riippuen lopullisen kappalemäärän laskeminen saattaa muodostua varsin aikaa vieväksi toiminnoksi.

Kappalemäärien laskemiseen kuluu joka tapauksessa aikaa ja laskenta sekä piirustuksiin merkitsemisen suoritetaan manuaalisesti, joten laskenta tai merkintä voidaan suorittaa väärin. Kappalemäärien selvittämiseen kuluva aika myös kasvaa merkittävästi varsinkin silloin, kun useampi kuin yksi suunnittelija työskentelee tuotteen parissa sen kehitysvaiheessa, kuten usein onkin tapana. Tällöin komponentin kappalemäärän selvittäminen vaikeutuu, koska komponenttia on voitu kierrättää eri kokoonpanojen sisällä sellaisissa paikoissa, joissa kappalemäärä ei ole välittömästi selkeästi nähtävissä. Komponentteja myös kierrätetään jonkin verran eri tuotteiden välillä. Tällöin piirustukseen merkitty kappalemäärä tulee olemaan väärä uuden tuotteen yhteydessä. Komponentti on alkuperin mallinnettu eri tuotteeseen, joten myös sen piirustukseen merkitty lukumäärä on laskettu siinä yhteydessä.



Piirustukset jaotellaan tuotekehityksen toimesta kansiorakenteisiin komponenttityypin ja materiaalien mukaan piirustusten etsimisen helpottamiseksi. Tämä on hyödyllistä nopeuttamaan tuotannon toimintaa tilauksia tehdessä, mutta toisaalta se vain siirtää hukkaa tuotannolta tuotekehitykseen. Piirustukset ja muukin tuotetieto pysyvät jäsennehtynä ja helposti löydettävänä tuotekehityksessä käytetyn PDM-järjestelmän sisällä automaattisesti.

## **6.2 Hukka tuotannossa ja tuotekehityksen ja tuotannon välillä**

Tuotannon sisällä tapahtuvaa tuotetiedon hallinnan hukkaa löytyy tuotannon omista, sekä osaltaan myös tuotekehityksen toimintatavoista johtuen. Selkeintä hukkaa komponenttien tilaamiseen liittyen huomattiin tulevan piirustusten etsimisestä ja kappalemäärien tarkistamisesta. Nämä molemmat voidaan luokitella hukaksi, koska niiden suorittamiseen käytetty aika ei suoranaisesti luo lisäarvoa loppuasiakkaan näkökulmasta. Ne ovat kuitenkin tarpeellisia toimintoja, joten niiden suorittamista ei voida lopettaa kokonaan, vaan tehtävien suorittamiseen kuluva aikaa pyritään vähentämään. Tuotetiedon siirtymisessä tuotekehitykseltä tuotantoon hukkaa esiintyy ensisijaisesti viiveenä piirustusten julkaisemisen ja komponenttien tilaamisen välillä. Komponenttien tilaaminen suoritetaan useimmiten vasta silloin, kun kaikki tuotteen piirustukset ovat valmiita ja julkaistu tuotannolle. Tämä pidentää tuotteen valmistukseen kuluva aikaa ja osaltaan myös lisää osien varastotilan tarvetta.

Tuotanto kuluttaa paljon aikaa piirustusten etsimiseen verkkolevyiltä ja BOM-listoilta. Piirustusten hakeminen ja komponenttien tilaaminen niiden perusteella on tietenkin välttämätöntä, mutta tämänhetkistä toimintatapaa voidaan kuitenkin kehittää hukan ja aikaisemmin listattujen ongelmien esiintyvyyden vähentämiseksi. Tämän kohteen kehittäminen on erittäin tärkeää, koska myös tuotekehitys joutuu suorittamaan erinäisiä toimintoja, kuten piirustusten jäsentelyä, tämän toiminnon nopeuttamiseksi. Toimintoa kehittämällä pystytään siis vähentämään hukkaa samalla useasta eri kohteesta.

Tilausta tehdessä tuotanto joutuu tarkistamaan komponenttien kappalemäärät BOM-listoilta, vaikka ne ovatkin merkitty piirustuksiin. Komponentteja on voitu kierrättää tuotteiden välillä, jolloin kappalemäärä piirustuksessa ei enää pidä paikkaansa. Kappalemäärien erillinen tarkistaminen tuotannon toimesta piirustusten julkaisemisen jälkeen on tehoton toimintatapa siinäkin mielessä, että tuotanto ei pysty muuttamaan kappalemäärää piirustuksiin. Näin ollen tuotanto joutuu lähettämään korjauspyynnön tuotekehitykseen, jossa piirustusta voidaan muuttaa.

Tuotanto ylläpitää lopullista tuoterakennetta omalla BOM-listalla, joka perustuu tuotekehityksestä saatavaan listaan, mutta siihen on lisätty loputkin tuotteen valmistamiseen tarvittavat komponentit. Tuoterakenteen ylläpitäminen on tärkeää, jotta tiedetään tarkasti mistä komponenteista tuote kokonaisuudessaan rakentuu. Nykyinen toimintatapa on kuitenkin tehoton ja helposti alttiina ongelmille, koska lisäykset joudutaan tekemään manuaalisesti. Ongelmia aiheuttaa varsinkin se, että tuotteet kehittyvät usein suhteellisen nopealla aikataululla, jolloin tuotekehityksestä tulee uusi, päivittynyt BOM-lista. Tällöin tuotanto joutuu käytännössä tekemään listaan paljolti samat lisäykset, eli toistamaan jo aiemmin tehtyä työtä uudestaan. Käytännössä usein tilanne onkin se, että tuotekehityksen ja tuotannon sisäiset tuoterakenteet eroavat toisistaan, jonka seurauksena aiheutuu ylimääräistä työtä tuoterakenteen paikkansapitävyyden varmentamisessa puolin ja toisin.

### **6.3 Yhteenveto hukasta tuotetiedon hallinnassa**

Hukkaa tarkastelemalla voidaan huomata, että komponenttien kappalemäärien laskemista suoritetaan sekä tuotekehityksessä, että tuotannossa. Sama työtehtävä suoritetaan siis kahdesti, mikä on lähtökohteisesti tarpeetonta. Tämän lisäksi tuoterakennetta ylläpidetään kahdessa eri paikassa, jolloin sen oikeanlaisuuden varmentaminen muodostuu erittäin vaikeaksi ja lisäksi tuotetaan hukkaa, koska samaa tietoa joudutaan ylläpitämään useammassa kuin yhdessä paikassa. Tuoterakenteen ylläpitotavan vuoksi myös tuotteen elinkaaren hallinta hankaloituu merkittävästi. Tuoterakenne on hajanainen, eikä sitä ole kunnon pidetty ajan tasalla. Tämän johdosta ei pystytä helposti suoraan näkemään, mitä komponentteja tuotteessa tarkalleen käytetään tällä hetkellä tai aikaisemmin sen elinkaaren aikana. Tämä hankaloittaa esimerkiksi jälkimarkkinointia merkittävästi, koska ei suoraan tiedetä, mistä komponenteista asiakkaan tuote tarkalleen koostuu. Tuotekehityksessä ja tuotannossa piilevät tuotetiedon ja elinkaaren hallinnan ongelmat heijastuvat siis myös yrityksen muihinkin toimintoihin.

## **7 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET ONGELMIEN JA HUKAN VÄHENTÄMISEKSI**

Ratkaisuehdotuksena ongelmien ja hukan vähentämiseksi on toimintatapojen kehittäminen työn vakiinnuttamisen muodossa tuotekehityksessä ja tuotannossa, sekä ohjelmistopohjaiset ratkaisut varsinkin hukan vähentämiseen. Esitetyt ehdotukset on tehty pintapuolisina, suhteellisen yleispätevinä ehdotuksina, eikä niissä ole keskitytty tarkasti yksittäisiin tekijöihin ongelmien ja hukan sisällä. Kaikki opinnäytetyössä esitellyt ongelma ja -hukkakohtat ovatkin luonteeltaan varsin selkeitä ja suhteellisen helposti erotettavissa, jolloin myös kehitysehdotukset niiden parantamiseksi on päätetty esittää pintapuolisesti. Lopulliset tarkat ratkaisutoimenpiteet tulee tehdä yrityksessä yhdessä kehityskohteen yhteydessä työskentelevän henkilöstön kanssa.

### **7.1 Työn vakiinnuttaminen**

Työtehtävien suoritustapojen vakiinnuttaminen toimisi etenkin ongelmien poistamiseen, koska käytännössä kaikki opinnäytetyön yhteydessä löydetty ongelmakohdat johtuivat pohjimmiltaan inhimillisistä virheistä. Lean-toimintamallin mukainen työn vakiinnuttaminen toimii juuri tällaisten jatkuvasti samalla tavalla toistettavien työtehtävien suorittamisessa tapahtuvien virheiden mahdollisuuksien minimoimiseen. Vakiinnuttaminen tulisi suorittaa yhdessä tuotetietoa hallinnoivan ja käyttävän henkilöstön kanssa ja pyrkiä löytämään sellaiset työtavat, jotka eivät lisää merkittävästi hukkaa, mutta vähentävät virheiden mahdollisuutta. Tärkeintä olisi kuitenkin se, että henkilöstöllä on yhtenäiset työtavat samoilla työtehtävillä, jotka on kirjattu ylös riittävän tarkasti. Tällöin työtapoja pystytään hiljalleen kehittämään tehokkaammiksi järjestelmällisesti, koska pystytään selkeämmin näkemään ne syyt, joista virheet pohjimmiltaan johtuvat.

### **7.2 Kappalemäärien piirustuksiin merkitsemisen lopettaminen**

Hukkaa tarkastellessa huomattiin, että komponenttien lukumääriä tarkistelevat sekä tuotekehitys, että tuotanto. Sama työ suoritetaan moneen kertaan, koska piirustuksissa oleviin lukuihin ei voida aina luottaa. Ehdotuksena onkin lopettaa kappalemäärien merkitseminen piirustuksiin ja ottaa kappalemäärät BOM-listauksilta tuotannossa, kuten jo osittain tehdäänkin. Tällöin tuotekehityksen ei enää tarvitse laskea ja merkata komponenttien määriä piirustuksiin. BOM-listauksien tekemiseen liittyviä toimintatapoja

voidaan myös kehittää siten, että niihin on laskettu valmiiksi osien kokonaiskappalemäärät kokoonpanojen kappalemäärien avulla. Käyttämällä pelkästään BOM-listan tietoja, tieto on ainoastaan yhdessä paikassa ja se tulee aina suoraan tuotekehityksen sisäisestä tuoterakenteesta. Tällöin pystytään välttämään ristiriitaisuuksista piirustusten ja BOM-listan välillä.

### **7.3 Viiveen pienentäminen piirustuksen valmistumisen ja komponenttien tilaamisen välillä**

Mikäli komponentit tilataan piirustusten valmistuessa kaikkien valmistumisen odottamisen sijaan, saadaan läpimenoaika pienennettyä. Toisaalta piirustusten valmistumisen odottaminen voi olla tarpeellistakin, mikäli komponentit valmistutetaan alihankintana. Tällöin yksikköhintaa saadaan pienennettyä, koska samalla tilauksella valmistutetaan suurempia määriä komponentteja. Tämä toimintatapa toimisi siis parhaiten omassa tuotannossa valmistettavien komponenttien tapauksessa. Toimintatapa saataisiin toimimaan myös osittain alihankintana tilattavien komponenttien kanssa, mikäli tuotekehitys valmistaisi piirustukset komponenttien tyyppin perusteella järjestyksessä. Tällöin voitaisiin tehdä ensin piirustukset esimerkiksi kaikista sorviosista ja tuotanto pystyisi tilaamaan ne kaikki alihankinnasta menettämättä massatilauksen etuja.

### **7.4 PLM-järjestelmä hukkaa vähentämässä**

Pelkällä työn vakiinnuttamisella ei pystytä kuitenkaan poistamaan kaikkea hukkaa, kuten tuotannossa tapahtuvaa piirustusten etsimistä. Piirustuksiin liittyviä toimintatapoja vakiinnuttamalla saadaan kuitenkin vähennettyä virheitä, joka auttaa osaltaan tehostamaan toimintaa. Hukan vähentämiseksi ehdotuksena on ottaa käyttöön ohjelmistopohjaisia ratkaisuja. Yhtenä selkeänä ratkaisuehdotuksena on ottaa käyttöön PLM-järjestelmä, jota käyttää tuotekehitys ja tuotanto. Kunnollisen järjestelmän avulla pystyttäisiin vähentämään piirustuksien etsimiseen ja tuoterakenteen hallintaan liittyvää hukkaa merkittävästi. Järjestelmä pystyisi myös vähentämään virheistä aiheutuvia ongelmia, jolloin osaltaan työn vakiinnuttamisen tarve voisi vähentyä joiltakin osin. Esimerkiksi väärin piirustusten käytön todennäköisyys pieneni merkittävästi kunnollisen yhtenäisen tuoterakenteen ansiosta. Tuotekehityksen ja tuotannon lisäksi tehostaminen ulottuisi myös muihin yrityksen toimintoihin, kuten myyntiin, kunnollisen tuotteiden elinkaaren hallinnan ansiosta.

PLM-järjestelmän käyttöönottoaminen tulee kuitenkin suunnitella yrityksessä tarkasti, jotta siitä saadaan suurin hyöty. Järjestelmiä on markkinoilla monenlaisia mutta ne ovat yleisesti ottaen ominaisuuksiltaan suhteellisen samankaltaisia, koska PLM-järjestelmät on pohjimmiltaan kehitetty ratkaisemaan samankaltaisia tuotetiedon hallinnallisia ongelmia. Järjestelmissä voi kuitenkin olla suuriakin eroja joidenkin ominaisuuksien toteutuksessa, joten riittävän laaja ominaisuuksien selvittäminen ja tuote-esittelyjen tilaaminen eri järjestelmien tarjoajilta on tarpeen. Mikäli yritys päättää investoida PLM-järjestelmän toiminnan tehostamiseen, sen tulee ottaa huomioon monia seikkoja järjestelmää valittaessa. PLM-järjestelmät ovat suhteellisen kalliita, joten on ensisijaisen tärkeää valita sellainen järjestelmä, joka palvelee yrityksen tarpeita parhaalla mahdollisella tavalla. Tällöin vältetään tekemästä kallista investointia, josta lopulta ei kuitenkaan saada kaikkia niitä hyötyjä, joita haettiin. On tärkeää tehdä tarpeeksi tarkka tarvekartoitus yhdessä tuotekehityksen ja tuotannon kanssa, jotta saadaan selvitettyä oikeasti tarpeelliset ominaisuudet. Liian laajan järjestelmän käyttöönottoaminen liian nopeasti voi tehdä toiminnasta vaikeampaa suuren muutoksen takia ja tällöin järjestelmästä saatavat hyödyt jäävät odotettua vähäisemmiksi.

Erittäin tärkeänä ominaisuutena kohdeyrityksen tarpeisiin on myös saumaton integroituminen yrityksen jo käyttämään CAD-ohjelmistoon ja PDM-järjestelmään. Tuoterakenteen ja piirustusten tulee pystyä siirtymään PLM-järjestelmään automaattisesti, ilman erillistä manuaalisen lisäyksen tarvetta. PLM-järjestelmän ansiosta tuotannon suorittama piirustusten etsiminen poistuu käytännössä kokonaan, mutta mikäli piirustukset jouduttaisiin siirtämään järjestelmän sisälle manuaalisesti, piirustusten etsimiseen liittyvä hukka vain siirtyisi tuotannosta tuotekehitykseen, eikä se kokonaisuutena vähenisi. Kunnollisen integraation myötä yritys voisi myös lopettaa erillisen julkaisutyökalun käytön, koska tiedot siirtyisivät suoraan PLM-järjestelmään verkkolevyn sijasta

Hukan vähentämiseksi toisena tärkeänä ominaisuutena on tarpeeksi kattavat tiedostojen hallintaominaisuudet järjestelmässä. Piirustuksia tulee voida etsiä ja tulostaa ulos järjestelmästä eri tietojen, kuten materiaalivahvuuksien mukaan. Lisäksi on tärkeää, että tuoterakenteita ja komponenttiniimikkeitä pystytään hallitsemaan myös tuotannon toimesta. Ostettaville komponenteille tulee voida lisätä esimerkiksi tietoja siitä, pitääkö ne tilata aina tuote-erän valmistuksen yhteydessä vai ovatko ne vakio-osia, joita on jo varastossa.

## 7.5 Yhteenveto

Suurimpien hyötyjen arvioidaan syntyvän työtehtävien suoritustapojen vakiinnuttamisella, sekä PLM-järjestelmän käyttöönotolla. Työtehtävien suoritustapojen vakiinnutuksella pyritään poistamaan ensisijaisesti virheiden esiintymistä ja PLM-järjestelmällä puolestaan vähentämään hukkaa, mutta molemmat toimenpide-ehdotukset myös täydentävät toisiaan. PLM-järjestelmän arvioidaan olevan tehokkain tapa vähentää tällä hetkellä esiintyvää hukkaa massiivisesta tuotetietomäärästä johtuen. Yrityksellä on suuri valikoima erilaista tuotteita ja useista tuotteista on myös erilaisia variaatioita, joka monimutkaistaa tiedonhallintaa entisestään. Lisäksi yrityksen PDM-järjestelmän sisällä on noin 33 000 kpl nimikkeitä, joten kaiken tämän tiedon hallitseminen manuaalisesti tulee olemaan aikaa vievää, vaikka toimintatapoja kehitettäisiinkin. PLM-järjestelmien välillä on kuitenkin tarpeen tehdä investointi- ja takaisinmaksulaskelmat ennen käyttöönottopäätöksen tekemistä. Laskelmien suorittamiseksi pitää kerätä tarpeeksi tietoa ongelmien ja hukan esiintymismääristä sekä niistä aiheutuvista kuluista. Tämä olisi kuitenkin ollut jo niin laaja kokonaisuus, että se olisi riittävä itsenäiseksi opinnäytetyökseen. Investointi- ja takaisinmaksulaskelmat päätettiin tästä syystä jättää kokonaan käsittelemättä tässä opinnäytetyössä.

Mahdollisia jatkokehityskohteita löytyi tuotetiedon hallinnassa ja välityksestä työn kohdeyrityksen ja sen yhteistyökumppaneiden väliltä. Yritys ei suunnittele tuotteiden elektroniikka- ja ohjelmistopuolta itse, vaan sen tekee opinnäytetyön tilanneen yrityksen tytäryhtiö. Yritysten välillä oli havaittavissa ongelmia tiedon välityksessä, joka ilmeni muun muassa väärin ohjelmistoversioiden toimittamisena. Tuotteen mukana saatettiin esimerkiksi virheellisesti toimittaa ohjelmisto, joka oli tarkoitettu käytettäväksi erilaisten varusteiden kanssa, kuin mitä tuotteeseen oli asennettu. Tuotetiedon hallintaa ja välitystä kehittämällä myös tällä osa-alueella saataisiin poistettua hukkaa ja vähennettyä ongelmia, mutta se tietenkin vaatisi molemminpuolista yhteistyötä yritysten välillä, joka asettaa kehitystoimintaan omat haasteensa, koska niillä on omat jo vakiintuneet toimintatapansa. Yritykset tekevät yhteistyötä kuitenkin varsin tiivistä, joten kummankin osapuolen toimintatapojen kehittäminen toisi hyötyjä kokonaisvaltaisesti molemmille yrityksille.

Työssä oli tarkoituksena kartoittaa ja tehdä ehdotuksia tuotetiedon hallinnan kehittämiseen liittyen lean-toimintamallin työkaluja ja toimintatapoja hyödyntäen. Lisätavoitteena oli pyrkimys käyttää lean-toimintamallin työkaluja ja toimintatapoja selkeällä tavalla, jotta työstä olisi lisähyötyä yritykselle mahdollisten jatkokehittämistoimien kartoituksen ja toimenpide-ehdotusten tekemisen osalta. Työn lopputuloksena oli listaus selkeistä, jo suhteellisen pintapuolisella tarkastelulla erotettavissa olevista ensisijaisista ongelma- ja hukkakohteista sekä ehdotukset toiminnan kehittämiseksi niihin liittyen. Kohdeyritys

sai uutta, yrityksen ulkopuolista näkökulmaa siellä esiintyvistä ongelmista ja hukasta, joka auttoi osaltaan havaitsemaan kehitystä kaipaavia toimintoja.

Opinnäytetyön tekemisen aikana opin henkilökohtaisesti enemmän lean-toimintamallista ja sain havainnollistettua itselleni sen sisältämien työkalujen ja ajattelumallien käyttöä erilaisissa käytännön kohteissa. Opinnäytetyön aihepiirinä toiminut tuotetiedon hallinta auttoi näkemään selkeästi, kuinka lean-toimintamallia pystytään hyödyntämään laajasti käytännössä kaikkiin kehitystä kaipaaviin osa-alueisiin eikä pelkästään tuotannon kehittämiseen. Työn aihepiiri oli muutenkin kokonaisuudessaan mielenkiintoinen päästessäni pohtimaan useita erilaisia potentiaalisia ongelma- ja hukkakohtia yrityksen toimissa.

## LÄHTEET

Dennis, P. 2007. *Lean Production Simplified*. Boca Raton, Florida: CRC Press.

Laakko, T. 1998. *Tuotteen 3D-CAD suunnittelu*. Helsinki: WSOY.

Liker, J. 2004. *The Toyota Way*. New York: McGraw-Hill Education.

Martio, A. 2015. *Tuotekonfigurointi ja tuotetiedon hallinta*. Espoo: Amartekno Oy.

Nicholas, J. 2011. *Lean Production for Competitive Advantage*. Boca Raton, Florida: CRC Press.

Peltonen, H., Martio, A. & Sulonen, R. 2002. *PDM-tuotetiedonhallinta*. Helsinki: Edita.

Sääksvuori, A. & Immonen, A. 2002. *Tuotetiedon hallinta–PDM*. Helsinki: Talentum Media Oy.

Womack, J. & Jones, D. 1996. *Lean Thinking*. New York: Simon & Schuster.