

Opinnäytetyö (YAMK)

Teknologiaosaamisen johtaminen

2021

Jari Laitonen

TEOLLISUUSVAIHTTEIDEN TILAUS-TOIMITUSPROSESSIN KEHITYS



Jari Laitonen

TEOLLISUUSVAIHTEDEN TILAUS-TOIMITUSPROSESSIN KEHITYS

Teollisessa liiketoiminnassa on jatkuva paine lisätä tuotteiden asiakaskohtaista räätälöintiä. Samalla on myös tarve tuotteiden toimitusaikojen parantamiseen. Tutkimuksen tavoitteena on kehittää yrityksen tilaus-toimitusprosessia vastaamaan markkinoiden muuttuvia haasteita. Tavoitteena on lisäksi tutkia yrityksen sisäisten tilaus-toimitusprosessien yhdenmukaisuutta eri osastojen näkökannasta. Tutkimuksen teoreettisen viitekehyksen muodostavat mallit ja periaatteet tilaus-toimitusprosesseista, valmistusprosesseja tukevasta tuoterakenteesta sekä tuotteen modulaarisuudesta suunnittelun ja valmistuksen näkökulmasta.

Tutkimusmenetelminä tutkimuksessa on tapaustutkimus (case-study) sekä toimintatutkimus (action research). Tutkimuksen empiirisessä osuudessa aineistoa kerättiin teemahaastatteluilla eri osastoilta. Lisäksi tutkimusaineistoa hankittiin yrityksen tietojärjestelmistä sekä yrityksen muista tietokannoista.

Tutkimuksen tuloksena voidaan päätellä, että tutkittavalle tuotteelle tilaus-toimitusprosessiksi sopii *tilauksesta suunnittelu* (ETO engineer-to-order)-prosessi sekä *tilauksesta valmistus* (MTO make-to-order)-prosessi. Ennakkoon sopivimmaksi tilaus-toimitusprosessiksi arvioitu *tilauksesta kokoonpano* (ATO assemble-to-order)-prosessi ei tämän tutkimuksen perusteella ole suositeltavin prosessi erikoispiirteiselle tuotteelle. Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan lisäksi todeta että tilaus-toimitusprosessien yhdenmukaisuudessa on kehitettävää, jotta prosessit saadaan toimivammiksi eri osastojen välillä.

Jatkotutkimuskohteeksi kohdeyrityksessä sopii tuotetiedonhallinta sekä myynti- ja tuotantokonfiguraattoreiden tutkiminen. Tuotetiedonhallinta on merkittävässä roolissa tutkitun tuotteen menestyksessä, kun toimintaympäristö ja markkinatilanne ympärillä muuttuu. Toinen suositeltu jatkotutkimuskohde on kohdeyrityksen tuotannon valmistusprosessit tutkitun tuotteen osalta. Ulkoinen kilpailutilanne sekä muun muassa tässä tutkimuksessa mainittu ulkomaisen yrityksen palvelukonseptit luovat jatkuvan paineen vastata asiakkaiden tarpeisiin joustavalla ja nopealla toiminnalla kaikessa yrityksen toiminnassa.

ASIASANAT:

Tilaus-toimitusprosessi, Modulaarinen tuoteperhe, Tilauksesta kokoonpano (ATO), Tilauksesta valmistus (MTO), Tilauksesta suunnittelu (ETO).

MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Technological Competence Management

2021 | 69 pages, number of pages in appendices 9.

Jari Laitonen

DEVELOPMENT OF THE ORDERING AND DELIVERY PROCESSES FOR THE INDUSTRIAL GEAR UNITS

There is constant pressure in the industrial business to increase customer-specific customization of the products. At the same time, there is a need to improve delivery times of the products. The purpose of the study is to develop the company's ordering and delivery process to meet the changing challenges of the market. The aim is also to study the conformity of the company's internal processes from the perspective of the different departments.

The theoretical framework of the study consists of models and principles of ordering and delivery processes, the product structures supporting manufacturing processes and the modularity of the product from the perspective of design and manufacturing. The research methods in the study are case study and action research. In the empirical part of the study, material was collected through semi-structured interview from the different departments. In addition, research material was acquired from the company information systems and databases.

As a result of the study, it can be concluded that the ordering and delivery process, *engineer-to-order* (ETO)-process and *make-to-order* (MTO)-process, are suitable for the researched product. Based on this study, the assemble-to-order (ATO)-process, which was estimated to be the most suitable ordering and delivery process, is not the most appropriate process for a product with special features. Based on the results of the study, it can also be stated that the conformity of ordering and delivery processes needs to be developed in order to make the processes more efficient between different departments.

Recommended areas for further research in the company are product information management and sales and production configurators. Product information management has significant role in the success of a researched product as the operating environment and market situation around it changes. Another recommended area for further research are the production processes of the company for the studied product. The external competitive situation and, among other things, the sales concepts of the foreign company mentioned in this study create constant pressure to meet the needs of customers with flexible and fast actions in all internal operations.

KEYWORDS:

Ordering and delivery processes, Modular product family, Assemble-to-order (ATO), Make-to-order (MTO), Engineer-to-order (ETO).

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	8
1 JOHDANTO	9
1.1 Kohdeyritys	9
1.2 Tutkimuksen tausta	9
1.3 Tutkimusongelma ja tutkimuksen tavoitteet	10
1.4 Tutkimuksen rajaus	11
1.5 Tutkimuksen rakenne	11
2 TUOTANTOMENETELMÄT JA TILAUS-TOIMITUSPROSESSI	13
2.1 Make-to-stock (MTS). <i>Tilauksesta toimitus.</i>	16
2.2 Assemble-to-order (ATO). <i>Tilauksesta kokoonpano.</i>	16
2.3 Make-to-order (MTO). <i>Tilauksesta valmistus.</i>	17
2.4 Engineer-to-order (ETO). <i>Tilauksesta suunnittelu.</i>	18
2.5 Design-to-order (DTO). <i>Tilauksesta tuotekehitys.</i>	18
3 VALMISTUSPROSESSIA TUKEVA TUOTERAKENNE	20
3.1 Tuotestrategia	20
3.1.1 Perusstrategiat	21
3.1.2 Massaräätälöinti	22
3.2 Tuotearkkitehtuuri	25
3.2.1 Modulaarinen tuotearkkitehtuuri	27
3.2.2 Integraalinen tuotearkkitehtuuri	28
3.3 Tuotealusta (Product Platform)	29
3.4 Tuoteperhe (Product Family)	29
4 TUOTTEEN MODULAARISUUS SUUNNITTELUN JA VALMISTUKSEN NÄKÖKULMASTA	31
4.1 Tuotemodulaarisuus	31
4.2 Standardointi	36
4.3 Tuotekonfigurointi	37
5 TUTKIMUSMENETELMÄT	40
5.1 Case – tutkimus (tapaustutkimus)	42
5.2 Toimintatutkimus (action research)	43

6 TUTKIMUKSEN TULOKSET	45
6.1 Nykytilan analysointi	45
6.1.1 Suunnittelun mittareiden analysointi	45
6.1.2 Toiminnanohjausjärjestelmän analysointi	46
6.2 Tuotteiden erilaiset piirteet	48
6.2.1 Piirre 20:n tarkempi analysointi	48
6.2.2 Piirre 16:n tarkempi analysointi	50
6.3 Teollisuusvaihteiden rakenteen analysointi	52
6.3.1 Yhden piirteen muutos	54
6.3.2 Useamman piirteen muuttuminen	56
6.3.3 Toistuvat tuotteet	57
6.4 Sisäinen vertailututkimus tuotteiden välillä	59
 7 POHDINTA JA TULOSTEN ARVIOINTI	 61
7.1 Tutkimuksen analysointien tulokset	61
7.2 Teemahaastattelujen tulokset	63
7.3 Tulosten merkitys sekä arviointi	64
7.4 Mahdolliset jatkotutkimuskohteet	66
 LÄHTEET	 67

LIITTEET

- Liite 1. Suunnittelun mittareiden tutkiminen (luottamuksellinen aineisto).
- Liite 2. Piirre 20 esiintyminen tuotteessa (luottamuksellinen aineisto).
- Liite 3. Piirre 16 esiintyminen tuotteessa (luottamuksellinen aineisto)..
- Liite 4. Tuotteen vaatimustason määrittely (luottamuksellinen aineisto).
- Liite 5. Piirre 20 tutkimukseen valitussa kokoluokassa (luottamuksellinen aineisto).
- Liite 6. Piirre 16 tutkimukseen valitussa kokoluokassa (luottamuksellinen aineisto).
- Liite 7. Myynti parametrirajoitteet 3.5.2021 (luottamuksellinen aineisto).
- Liite 8. ATO5 & ETO15 piirteet (luottamuksellinen aineisto).
- Liite 9. Comparison of the Product (luottamuksellinen aineisto).

KUVAT

Kuva 1. Varasto-ohjautuva ja tilausohjautuva (Porter ym.1999 s.193).	14
Kuva 2. Asiakastilauksen kytkentäpiste CODP eri tuotantomenetelmissä (mukaillen Yang, B. & Burns, N. 2003 s.2077).	15
Kuva 3. Perusstrategiat nelikenttänä (mukaillen Porter, M.E. 1989 s.64).	21
Kuva 4. Massaräätälöinnillä pyritään yhdistämään yksittäistuotannon variaatiotaso sekä massatuotannon tehokkuus (mukaillen Forza, C. & Salvador, F. 2006 s.9).	22
Kuva 5. Massaräätälöinnin nelikenttä (mukaillen Ahoniemi ym. 2007 s.18).	24
Kuva 6. Tuotearkkitehtuurin kolme tasoa: Tuotevalikoimataso, tuotetaso sekä komponenttitaso. Monimutkaisuus vähenee eksponentiaalisesti siirryttäessä tasolta toiselle (mukaillen Ericsson, A. & Erixon, G. 1999 s.18).	26
Kuva 7. Tuoteperheiden arkkitehtuuri (mukaillen Erens, F. & Verhulst, K. 1997 s.166).	26
Kuva 8. Modulaarisella tuotearkkitehtuurilla toteutettu peräkärry. Jokainen komponentti toteuttaa yhden toiminnon (mukaillen Ulrich, K. 1995 s.421).	27
Kuva 9. Integraalisella tuotearkkitehtuurilla toteutettu peräkärry. Yksittäinen komponentti saattaa toteuttaa useamman toiminnon (mukaillen Ulrich, K. 1995 s.422).	28
Kuva 10. Moduulien ja toimintojen suhde (mukaillen Pahl, G. & Beitz, W. 1990 s.438).	32
Kuva 11. Väylämodulaarisuus (mukaillen Österholm, J. & Tuokko, R. 2001 s.11).	33
Kuva 12. Lohkomodulaarisuus (mukaillen Österholm, J. & Tuokko, R. 2001 s.11).	34
Kuva 13. Paikkamodulaarisuus (mukaillen Österholm, J. & Tuokko, R. 2001 s.11).	35
Kuva 14. Konfiguroitavan tuotteen toimitusprosessi (mukaillen Martio, A. 2015 s.24).	38
Kuva 15. Case-tutkimuksessa aineistoa kerätään eri tietolähteistä kokonaiskuvan saamiseksi (mukaillen Kananen, J. 2013 s.77).	43

KUVIOT

Kuvio 1. Tutkimusotteet voidaan nähdä jatkumona, joiden ääripäinä ovat laadullinen ja määrällinen tutkimus (mukaillen Kananen, J. 2013 s.22).	41
Kuvio 2. Pareto-kuvaaja, jossa tarkasteltu kaikkien vuosien 2008-2014 välillä kirjattujen erikoispiirteiden jakautumista.	46
Kuvio 3. Pareto-kuvaaja, jossa tarkasteltu kaikkia vuosien 2008-2014 välillä kirjattuja todellisia erikoispiirteitä.	47
Kuvio 4. Piirre 20:n jakautuminen kyseisen kokoluokan osalta valitulla aikajaksolla.	49
Kuvio 5. Piirre 20 jakautuminen tuotantomenetelmiin kyseisen vaihdekoon osalta.	50
Kuvio 6. Piirre 16 jakautuminen kyseisen kokoluokan tuotteissa valitulla ajanjaksolla.	51
Kuvio 7. Piirre 16 jakautuminen tuotantomenetelmiin.	52
Kuvio 8. Teollisuusvaihteiden jakautuminen eri piirteisiin.	53

TAULUKOT

Taulukko 1. Eri tutkimusotteiden ja menetelmien ominaisuudet (mukaillen Kananen, J. 2013 s.24).	41
Taulukko 2. Toimintatutkimuksen suhde kvalitatiiviseen ja kvantitatiiviseen tutkimukseen (mukaillen Kananen, J. 2009 s.20).	44

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

ATO	Assemble to order. Tilauksesta kokoonpano.
CODP	Customer Order Decoupling Point. Asiakastilauksen kytkentäpiste.
DFA	Design for Assemble. Tuotteen kokoonpantavuus.
DFM	Design for Manufacture. Tuotteen valmistettavuus.
DFMA	Design for Manufacture and Assemble. Tuotteen valmistettavuus ja kokoonpantavuus.
DTO	Design to order. Tilauksesta tuotekehitys.
ETO	Engineer to order. Tilauksesta suunnittelu.
JIT	Just in Time. Juuri oikeaan aikaan.
MTO	Make to order. Tilauksesta valmistus.
MTS	Make to stock. Tilauksesta toimitus.
OEM	Original equipment manufacturer. Alkuperäinen laitevalmistaja.
OSE	Order Specific Engineer. Tilauskohtainen suunnittelu

1 JOHDANTO

1.1 Kohdeyritys

Kohdeyritys on teollisuusvaihteiden sekä voimansiirtokomponenttien valmistaja sekä palveluiden tuottaja. Yritys kuuluu ulkomaalaiseen konserniin, jonka pääkonttori sijaitsee Keski-Euroopassa. Konserniin kuuluu maailman laajuisesti noin 17 000 henkilöä. Konsernilla on Suomessa kaksi yritystä, joista toinen vastaa myynnistä sekä kokoonpanosta ja toinen teollisuusvaihteiden valmistuksesta. Suomessa henkilöstöä on yhteensä noin 250 henkilöä.

1.2 Tutkimuksen tausta

Teollisuusvaihteiden liiketoiminta on jatkuvan paineen alla asiakasräätälöinnin lisäämiseksi ja samalla tuotteiden toimitusaikojen parantamiseksi. Asiakkaista niin alkuperäiset laitevalmistajat (OEM) kuin loppuasiakkaatkin (End users) ovat muuttuneet entistä enemmän globaaleiksi toimijoiksi. Samalla myös markkinoiden kilpailutilanne on muuttunut entistä kansainvälisemmäksi ja kilpailullisemmaksi.

Kohdeyrittäjän tuotestrategiassa on tapahtunut viimeisten vuosien aikana merkittävää muutosta markkinatilanteen sekä asiakastarpeiden muutoksesta johtuen. Aiemmin yrityksen tuotestrategiassa päätuotteet muodostuivat keskikokoisista varasto-ohjautuvista modulaarisista tuotteista, joiden räätälöinti asiakastarpeiden mukaan oli ennalta määriteltä ja rajallinen. Kohdeyrittäjän valmistamien teollisuusvaihteiden tuoteperheiden määrä on lisääntynyt. Tämä muutos on johtanut myös toimintaprosessien muutokseen, jotta pystytään vastaamaan entistä nopeammin ja kustannustehokkaammin muuttuvaan tilanteeseen. Uusien tuoteperheiden koon ja asiakasvariaatioiden määrän kasvamisen myötä varasto-ohjautuvuudesta on siirrytty entistä enemmän tilausohjaukseen. Kohdeyrittäjän tuotestrategiassa uudet tuoteperheet ovat entistä enemmän tilausohjautuvia, jolloin asiakasräätälöinnit ovat helpommin hallittavissa. Yrityksen tuotestrategiassa osa tuoteperheistä on edelleen vakiokomponenttien osalta varasto-ohjautuvia, jolloin tuotteiden vakiopiirteiset komponentit tehdään varastoon. Tällöin kyseisiin tuoteperheisiin ainoastaan asiakasräätälöidyt erikoispiirteet valmistetaan tilausohjautuvasti.

1.3 Tutkimusongelma ja tutkimuksen tavoitteet

Kohdeyrityksessä tilaus-toimitusprosessit on määritelty tuotteiden luonteesta riippuen *tilauksesta tuotekehitys* DTO (Design To Order), *tilauksesta suunnittelu* ETO (Engineer To Order) sekä *tilauksesta kokoonpano* ATO (Assemble to Order) tilaus-toimitusprosesseihin. *Tilauksesta suunnittelu* ETO tilaus-toimitusprosessi jakautuu suunnitteluajan ja vaativuuden mukaan ETO1, ETO2 sekä ETO3 tuotteisiin. *Tilauksesta tuotekehitys* DTO sekä *tilauksesta suunnittelu* ETO tilaus-toimitusprosessit vaativat aina suunnittelun resursseja, joka on havaittu yrityksessä yhdeksi kriittisistä resursseista. Yrityksen tuotteista suurin osa on *tilauksesta suunnittelu* ETO tilaus-toimitusprosessin tuotteita. Yrityksessä on tunnistettu tilanteita, joissa samanlaisia tai lähes samanlaisia tuotteita suunnitellaan uudelleen. Uudelleen suunnittelutyöstä syntyy turhaa työtä sekä kustannuksia. Jo tehdyn tuotteen uudelleen suunnittelu saattaa lisätä tuotetiedonhallintaa, kun tuotteiden tai niiden komponenttien dokumentaatio on tehty useampaan kertaan. Aiemmin tehtyjen tuotteiden uudelleen suunnittelussa mahdollisuus inhimillisille virheille lisääntyy, josta syntyy laatupoikkeamia. *Tilauksesta tuotekehitys* DTO sekä *tilauksesta suunnittelu* ETO tuotteiden läpimenoaika on myös selkeästi pidempi kuin *tilauksesta kokoonpano* ATO tuotteiden. Tämä heikentää asiakastyytyväisyyttä toimitusaikojen pidentymisen johdosta.

Tutkimustyön tavoitteena on kehittää tiettyjen tuoteperheiden avulla prosessi, jolla tuotteiden tilaus-toimitusprosessi voidaan siirtää *tilauksesta kokoonpano* ATO tilaus-toimitusprosessin tuotteiksi. Tavoitteena on tutkia, onko tietyn tuoteperheen tuotteissa tai erikoispiirteissä sellaisia applikaatiokohtaisia räätälöityjä ratkaisuja, jotka on perusteltua standardoida ja jotka on perusteltua siirtää *tilauksesta kokoonpano* ATO prosessiin. Tuotteiden siirtämisellä *tilauksesta tuotekehitys* DTO tai *tilauksesta suunnittelu* ETO tilaus-toimitusprosesseista *tilauksesta kokoonpano* ATO tilaus-toimitusprosessiin voidaan säästää yrityksen kriittisiä resursseja, kuten suunnittelun ja tuotekehityksen resursseja. Siirtymisellä *tilauksesta kokoonpano* ATO prosessiin säästetään myös suunnittelu ja tuotekehitys kustannuksia. Samalla voidaan myös nopeuttaa tuotteiden läpimenoaikaa, parantaa asiakastyytyväisyyttä ja sitä kautta parantaa yrityksen asemaa kiristyvässä kilpailussa. Toisaalta siirtyminen

tilausohjauksesta varasto-ohjaukseen nousee varastokomponenttien määrä ja samalla varaston arvo.

Tutkimustyön tavoitteena on lisäksi tutkia yrityksen tilaus-toimitusprosessin tämänhetkistä yhdenmukaisuutta eri sidosryhmien näkökannalta. Yrityksessä on tunnistettu tilanteita, joissa toimintatavat eivät ole yhteneväisiä sidosryhmien sisällä ja sidosryhmien välillä.

1.4 Tutkimuksen rajaus

Kohdeyrityksen teollisuusvaihteet ja muut tuotteet koostuvat erittäin laaja-alaisista ratkaisuksista. Yrityksellä on useita teollisuusvaihdesarjoja, jotka eroavat toisistaan. Tutkimustyö rajattiin koskemaan yhtä teollisuusvaihdesarjaa, joka on keskikokoisten teollisuusvaihteiden sarja. Teollisuusvaihdesarjaan kuuluu kahdeksan erikokoista tuotetta. Kyseinen teollisuusvaihdesarja valittiin tutkimuksen kohteeksi ensisijaisesti kyseisen teollisuusvaihdesarjan historian johdosta. Teollisuusvaihdesarjan historia on varsin pitkä ja näin ollen valmistusmäärät ja asennuskanta on suuri. Tutkimukseen valitulla teollisuusvaihdesarjalla on myös laaja applikaatiokohtainen räätälöinti, jolloin tutkimustyön otanta saadaan mahdollisimman laajaksi. Kyseinen teollisuusvaihdesarja on pitkästä historiasta huolimatta edelleen varsin kilpailukykyinen ja asiakkaiden haluama vaihdesarja. Vaihdesarjan elinkaaren pidentämiseksi vaihdesarja tullaan siirtämään uuteen globaaliin myyntikonfiguraattori työkaluun.

Kyseisen teollisuusvaihdesarjan tuotteet ovat vakiopiirteiltään varasto-ohjautuvia ja erikoispiirteiltään pääasiassa tilausohjautuvia. Kyseisen teollisuusvaihdesarjan vakiopiirteiset konfiguroitavat tuotteet kuuluvat *tilauksesta kokoonpano* ATO tilaus-toimitusprosessiin. Tuotteet, jotka on räätälöity applikaatiokohtaisesti ja joissa on erikoispiirteitä kuuluvat pääasiassa *tilauksesta tuotekehitys* DTO sekä *tilauksesta suunnittelu* ETO tilaus-toimitusprosesseihin.

1.5 Tutkimuksen rakenne

Tutkimusraportti koostuu seitsemästä luvusta. Ensimmäinen luku on johdanto, jossa kerrotaan tutkimuksen tausta, tutkimusongelma ja tutkimuksen tavoitteet sekä tutkimuksen rajaus.

Luvuissa kaksi, kolme ja neljä käsitellään tutkimuksen teoriaosuutta, joka liittyy tutkimusongelmaan. Tutkimukseen valittiin kolme teoriaosuutta, joiden kautta ja joita vasten tarkasteltiin kohdeyrityksen tilaus-toimitusprosesseja sekä tutkimuksen kohteena olevaa tuotetta ja tuotteen rakennetta. Luvussa kaksi käsitellään tilaus-toimitusprosesseja sekä niiden erilaisia määritelmiä. Tilaus-toimitusprosesseja sekä niiden määrittelyä tarkastellaan teollisuuden vallitsevien toimintamallien ja käytäntöjen mukaan. Luvussa kolme on katsaus valmistusprosessia tukevaan tuoterakenteeseen. Luku käsittelee erilaisia tuotestrategioita, tuotearkkitehtuureita sekä tuoteperheitä. Luvussa on käsitelty myös tuotteen valmistettavuutta sekä kokoonpantavuutta. Luvussa neljä on katsaus tuotteen modulaarisuuteen suunnittelun ja valmistuksen näkökulmasta. Luku neljä käsittelee myös tarkemmin modulaarista tuoteperhettä.

Viidennessä luvussa on esitetty tutkimustyön tutkimusmenetelmät. Kuudennessa luvussa on esitetty tutkimustyön tulokset. Luvussa käydään läpi nykytilan analysoinnin tulokset, erilaisten piirteiden analysointien tulokset sekä teollisuusvaihteen rakenteen analysointien tulokset. Luvussa on myös esitetty sisäisen vertailututkimuksen tulokset. Viimeisessä luvussa, luvussa seitsemän on esitetty tutkimustyön tulosten arviointi sekä pohdinta.

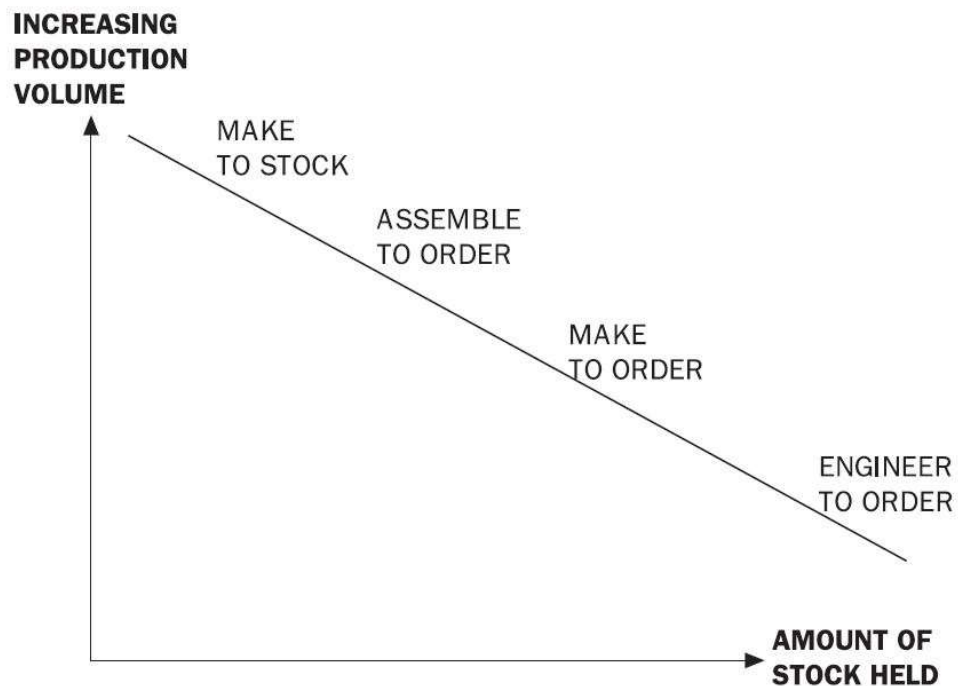
2 TUOTANTOMENETELMÄT JA TILAUS- TOIMITUSPROSESSI

Tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmien kuvaamiseen ja luokitteluun on olemassa monia erilaisia mekanismeja ja lähestymistapoja. Porter ym. (1999 s.192) määrittää tuotantomenetelmät viiteen kategoriaan varasto-ohjautuvan ja tilausohjautuvan välillä:

1. Make to Stock (MTS). *Tilauksesta toimitus.*
2. Assemble to Order (ATO). *Tilauksesta kokoonpano.*
3. Make to Order (MTO). *Tilauksesta valmistus.*
4. Engineer to Order (ETO). *Tilauksesta suunnittelu.*
5. Design to Order (DTO). *Tilauksesta tuotekehitys.*

Tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmät on sovitettava kullekin toimialalle ja yritykselle vastaamaan niiden tarpeita. Jokaisella toimialalla ja yrityksellä on omanlaiset erikoispiirteet, jotka vaikuttavat tilaus-toimitusprosessin määrittelyyn. Porter ym. (1999 s.193) määrittelee tuotantomenetelmät kuvan 1 mukaan varasto-ohjautuvaan ja tilausohjautuvaan. Porter ym. (1999 s.192) toteaa, että todellisuudessa mikään valmistusorganisaatio ei kuulu puhtaasti yhteen luokkaan vaan ylittävät keinotekoiset rajat ja sisältävät elementtejä naapuriluokista.

Stock and manufacturing volume relationships



Kuva 1. Varasto-ohjautuva ja tilausohjautuva (Porter ym.1999 s.193).

Lampel, J. ja Mintzberg, H. (1996 s.25-26) jakavat tuotteet standardoinnin ja kustomoinnin mukaan viiteen kategoriaan:

1. Puhdas standardointi
2. Segmentoitu standardointi
3. Kustomoitu standardointi
4. Räätelöity kustomointi
5. Puhdas kustomointi

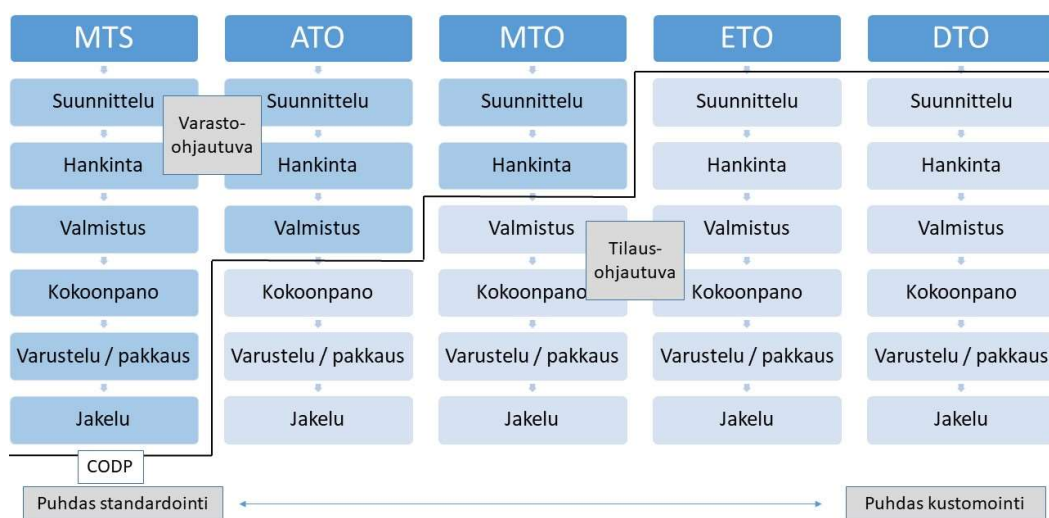
Martio, A. (2015 s.13-19) tarkastelee tuotteita muunneltavuuden näkökulmasta ja hän jakaa tuotteet neljään ryhmään niiden muunneltavuuden mukaisesti:

1. Kiinteät tuotteet. Tuotteelle tyypillistä on suuri tuotantovolyymi ja tuote ei ole lainkaan muunneltava. Tuotteiden tilaus-toimitusprosessi voi olla esimerkiksi *tilauksesta kokoonpano* ATO tai *tilauksesta valmistus* MTO
2. Konfiguroitavat tuotteet. Tuotteesta voidaan valmistaa erilaisia asiakkaan tarpeiden mukaisia räätelöintejä ennakkomääritelmän mukaisesti. Tyypillisesti tuotteeseen liittyvä tilauskohtainen suunnittelu on automatisoitu

konfiguraattorilla. Tuotteiden tilaus-toimitusprosessi voi olla esimerkiksi *tilauksesta kokoonpano* ATO tai *tilauksesta valmistus* MTO.

3. Muunneltavat tuotteet. Tuotteisiin liittyy tyypillisesti tilauskohtaista suunnittelua, vaikka tuotteen perusrakenne on määritelty ja komponentit standardisoitu. Tuotteelle tyypillistä on konfiguroitavaa tuotetta pienempi tuotantovolyymi mutta suurempi asiakasräätälöinnin mahdollisuus. Tuotteiden tilaus-toimitusprosessi voi olla esimerkiksi *tilauksesta suunnittelu* ETO tai *tilauksesta tuotekehitys* DTO
4. Projektituotteet. Tuotteet ovat tyypillisesti projektiluontoisia yksittäisiä tuotteita, joiden tuotantovolyymi on pieni mutta asiakasräätälöinti rajaton. Tilaus-toimitusprosessi on tyypillisesti *tilauksesta tuotekehitys* DTO.

Asiakastilauksen kytkentäpiste CODP (Customer Order Decoupling Point) on kohta, joka erottaa tilaus-toimitusprosessin ennusteen ja suoran asiakastilauksen. Asiakastilauksen kytkentäpisteen CODP yläpuolella olevat ovat suoraan ennusteen mukaan tuotettu ja alapuolella olevat ovat asiakkaan tarpeen mukaan tuotettu. (Gosling, J.& Naim, M. 2009 s.743). Asiakastilauksen kytkentäpisteestä käytetään myös nimitystä *tilauksen kohdennuspiste* OPP (order penetration point). (Olhager, J. 2003 s.319). Kuvassa 2 on esitetty tilaus-toimitusprosessit sekä asiakastilauksen kytkentäpiste CODP. Kuvan 2 alareunassa havaitaan standardoinnin ja kustomoinnin muuttuminen eri tilaus-toimitusprosessien mukaan. Kuvasta 2 havaitaan että mitä ylempänä asiakastilauksen kytkentäpiste CODP on, sitä korkeampi on tuotteen kustomointitaso.



Kuva 2. Asiakastilauksen kytkentäpiste CODP eri tuotantomenetelmissä (mukaillen Yang, B. & Burns, N. 2003 s.2077).

2.1 Make-to-stock (MTS). *Tilauksesta toimitus.*

Tilauksesta toimitus, Make-to-stock (MTS) kuvaa tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmää, jossa valmiit tuotteet tehdään varastoon. *Tilauksesta toimitus* MTS on puhtaasti varasto-ohjautuva tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmä. *Tilauksesta toimitus* MTS tuotantomenetelmässä tuotteiden kysyntä tiedetään tai se on ennustettu. Yksittäisen asiakkaan tarpeet tuotespesifikaatiossa tai tuotteen suunnittelussa on erittäin rajalliset tai olemattomat. Taloudellisten syiden johdosta tuotteet tehdään tyypillisesti suurissa tuotantoerissä. Asiakastyytyväisyys on riippuvainen tuotteen saatavuudesta varastosta, joka toimii myös puskurina. Haasteena *tilauksesta toimitus* MTS menetelmässä on varastokustannukset, jotka nousevat korkeiksi. Valmiit tuotteet saattavat myös vanhentua varastoon. Nämä molemmat edellä mainitut seikat taas nostavat tuotteen lopullista hintaa. (Porter ym. 1999 s.192.).

Tilauksesta toimitus MTS menetelmää käytetään usein standardituotteilla, joiden tuotevalikoima on suhteellisen pieni. *Tilauksesta toimitus* MTS tuotteiden valmistusyksiköt voivat sijaita kaukana asiakkaista. Varsin usein samalle tuotteelle saattaa olla useita paikkoja, joista asiakas voi ostaa tuotteen. Asiakastilauksen kytkentäpiste CODP on *tilauksesta toimitus* MTS tuotantomenetelmässä valmiiden tuotteiden ja varaston kohdalla. (Vollmann ym. 2005 s.20).

2.2 Assemble-to-order (ATO). *Tilauksesta kokoonpano.*

Tilauksesta kokoonpano, Assemble-to-order (ATO) kuvaa tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmää, jossa osat tai osakokoonpanot valmistetaan varastoon. Tilauksen tullessa tuotteet kootaan varastossa olevista osista tai osakokoonpanoista. Puhtaassa *tilauksesta kokoonpano* "Assemble-to-order" tuotantomenetelmässä ei ole valmiiden tuotteiden varastoa tai puskuria. Toimitusaika *tilauksesta kokoonpano* ATO prosessissa on riippuvainen osien tai osakokoonpanojen saatavuudesta varastosta. (Porter ym. 1999 s.192)

Yleisesti *tilauksesta kokoonpano* ATO tuotteiden hallinnassa hyödynnetään konfiguraattoria. Konfiguraattorin tehtävä on varmistaa että osat ja osakokoonpanot voidaan yhdistellä halutuksi tuotteeksi. *Tilauksesta kokoonpano* ATO tuotantomenetelmän menestymisen edellytys on hyvä tekninen suunnittelu, joka

mahdollistaa mahdollisimman suuren joustavuuden yhdistelemällä komponentteja, optioita sekä moduuleja valmiiksi tuotteiksi. Jotkut *tilauksesta kokoonpano* ATO tuotantomenetelmää käyttävät yritykset ovat hyödyntäneet tuotannossa Lean-prosessia vähentääkseen lopputuotteiden kokoonpanoon tarvittavaa aikaa. Tällöin tilaukset pystytään toimittamaan asiakkaalle niin nopeasti, että asiakkaalle yritys näyttäytyy *tilauksesta toimitus* MTS tuotantomenetelmän yritykseltä. Kun siirretään asiakastilauksen kytkentäpistettä CODP valmiista tuotteesta lähemmäs osia tai osakokoonpanoja, saavutetaan merkittäviä etuja. Lopputuotteiden määrä on yleensä oleellisesti suurempi kuin niiden osien tai osakokoonpanojen määrä, josta lopputuote kootaan. (Vollmann ym. 2005 s.21-22).

Tilauksesta kokoonpano ATO tuotteiden tuotantostrategiassa hyödynnetään yleisesti modulaarista tuotesuunnittelua. Tällä luodaan asiakkaalle valinnanvaraa suhteellisen lyhyellä toimitusajalla saavuttaen samalla tuotantotehokkuus erityisesti tuotantoketjun alkupäässä. (Olhager, J. 2003 s.321).

2.3 Make-to-order (MTO). *Tilauksesta valmistus*.

Tilauksesta valmistus, Make-to-order (MTO) on tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmä, jossa vakiotuotteet valmistetaan tilauksesta. Valmistus aloitetaan vasta tilauksen tultua, vaikka materiaalit ja tuotannon suunnittelu voivat olla valmiina. (Porter ym. 1999 s.192).

Tilauksesta valmistus MTO tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmää käytetään tyypillisesti tuotteissa, joissa asiakaskohtainen räätälöinti on suurempaa kuin *tilauksesta kokoonpano* ATO tuotteilla ja asiakaskohtainen räätälöinti kohdistuu varhaisessa tuotantovaiheessa. (Olhager, J. 2003 s.321-327). *Tilauksesta valmistus* MTO tuotantomenetelmässä yritykset hyödyntävät *juuri oikeaan aikaan* (JIT just-in-time) filosofiaa. *Tilauksesta valmistus* MTO tuotantomenetelmää kutsutaan usein myös prosessikeskeiseksi malliksi. (Haitao, L. & Keith, W. 2012 s.118.).

Vollmann ym. 2005. 22-23 toteaa että *tilauksesta valmistus* MTO sekä *tilauksesta suunnittelu* ETO menetelmissä erona *tilauksesta toimitus* MTS sekä *tilauksesta kokoonpano* ATO tuotantomenetelmiin on suunnittelun resurssi. Yang, B. ja Burns, N. (2003 s.2077) määrittelevät kuvassa 2 esitetyn mukaisesti eroavaisuudeksi *tilauksesta valmistus* MTO ja *tilauksesta suunnittelu* ETO välillä asiakastilauksen kytkentäpisteen

sijainnin. *Tilauksesta valmistus* MTO menetelmässä suunnittelu ja materiaali on valmiina hankittuna, jolloin valmistus aloitetaan tilauksen tullessa.

2.4 Engineer-to-order (ETO). *Tilauksesta suunnittelu.*

Tilauksesta suunnittelu, Engineer-to-order (ETO) on tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmä, jossa vakiotuotteeseen tehdään asiakkaan haluamat muutokset ja mukautukset. Tuotteiden läpimenoaika kasvaa johtuen ylimääräisestä suunnittelusta sekä valmistusajasta. (Porter ym. 1999 s.192). Vollmann ym. (2005 s.22-23) toteaa että *Tilauksesta suunnittelu* ETO tuotantomenetelmä eroaa *tilauksesta valmistus* MTO tuotantomenetelmästä suunnittelun tarpeiden erilaisuudella.

Tilauksesta suunnittelu ETO tuotantomenetelmää pidetään yleisesti tuotantomenetelmänä, jossa asiakastilauksen kytkentäpiste CODP sijaitsee suunnitteluvaiheessa. Näin ollen jokainen asiakastilaus läpäisee tuotteen suunnitteluvaiheen. *Tilauksesta suunnittelu* ETO tuotantomenetelmää käytetään tyypillisesti suuriin ja monimutkaisiin projektituotteisiin. (Gosling, J.& Naim, M. 2009 s.741-754).

Joustavuutta pidetään ratkaisevana *tilauksesta suunnittelu* ETO tuotantomenetelmässä. Tuotantoyhtiöiden ohjausrakenteiden pitää olla joustavia tai dynaamisia ja tuotannon ajoituksen tulee olla mukautuva. *Tilauksesta suunnittelu* ETO tuotantomenetelmässä tilaus-toimitusprosessin läpimenoajan pullonkaulana pidetään hankintaa, tarjoustoimintaa sekä suunnitteluvaihetta. (Gosling, J.& Naim, M. 2009 s.741-754).

Gosling, J. ja Naim, M. (2009 s.745) toteavat että modulaarisuus on mahdollinen strategia tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmän ”siirtämisellä eteenpäin”. Modulaarinen kokoonpano ja vakiotuotteet voivat vähentää kustannuksia ja läpimenoaikoja, jolloin *tilauksesta suunnittelu* ETO menetelmästä siirrytään kohti *tilauksesta kokoonpano* ATO. (Gosling, J.& Naim, M. 2009 s.745).

2.5 Design-to-order (DTO). *Tilauksesta tuotekehitys.*

Tilauksesta tuotekehitys, Design-to-order (DTO) on tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmä, jossa tuotteet suunnitellaan ja valmistetaan vastaamaan täysin kunkin yksittäisen asiakkaan tarpeita ja vaatimuksia. *Tilauksesta tuotekehitys* DTO

tuotantomenetelmän tuotteet ovat ainutlaatuisia ja niiden toimitusajat ovat pitkiä. (Porter ym. 1999 s.192).

Tilauksesta tuotekehitys DTO tuotantomenetelmän tuotteet ovat ”ei-standardi” tai asiakasräätälöityjä tuotteita, joita ei voida konfiguroida. *Tilauksesta tuotekehitys* DTO tuotantomenetelmän tuotteiden osalta asiakkaiden vaatimukset tilaus-toimitusprosessin nopeuden sekä kustannusten suhteen eivät ole yhtä tiukat kuin vakiotuotteilla tai massaräätelöidyillä tuotteilla. (Schönsleben, P. 2012 s.179).

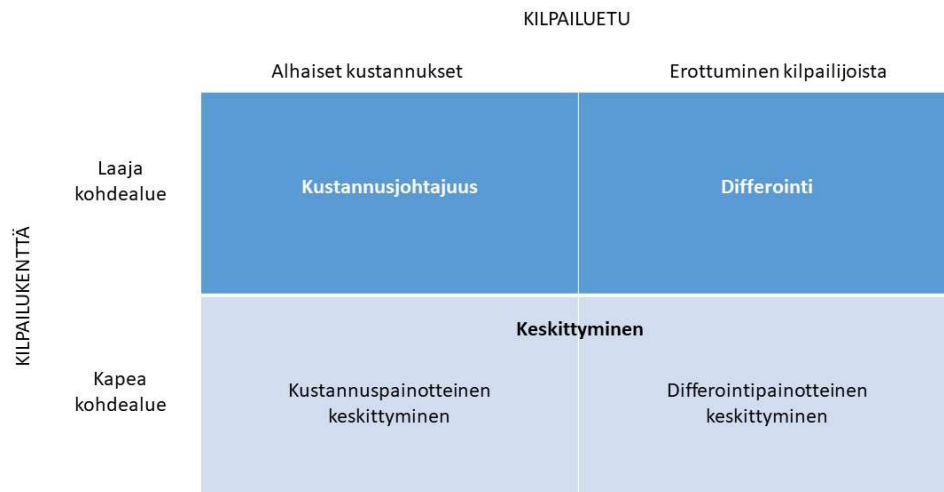
Tilauksesta tuotekehitys DTO tuotantomenetelmässä tilaus-toimitusprosessin läpimenoaikaa pyritään hallitsemaan määrittelemällä selkeästi tuotekehitys sekä tilauskohtainen suunnittelu (Order-Specific-Engineering OSE). Myös erivaiheisia tehtäviä pyritään tekemään samanaikaisesti, jolloin läpimenoaikaa saadaan tehostettua. Menestyäkseen *Tilauksesta tuotekehitys* DTO tuotantomenetelmä vaatii yrityskulttuuria, jossa asiantuntemusta vaihdetaan yritysten yksittäisten sidosryhmien, kuten myynnin, tuotekehityksen, suunnittelun sekä tuotannon välillä. (Schönsleben, P. 2012 s.179–182 : Schönsleben ym. 2017 s.405–408).

3 VALMISTUSPROSESSIA TUKEVA TUOTERAKENNE

Tuotesuunnittelussa pyritään kustannustehokkuuteen maksimoimalla valmistusprosessien käyttö ja minimoimalla komponenttien määrä kokoonpanossa tai tuotteessa. Tästä tuotesuunnittelumenettelystä käytetään nimitystä *tuotteen valmistettavuus ja kokoonpantavuus* DFMA (Design For Manufacture and Assembly). *Tuotteen valmistettavuudella* DFM (design For Manufacture) menetelmällä pyritään maksimoimaan valmistusprosessien käyttö komponenttien suunnittelussa. *Tuotteen kokoonpantavuudella* DFA (Design For Assembly) menetelmällä pyritään maksimoimaan komponenttien käyttö tuotteen suunnittelussa. (Edwards, K.L. 2002 s.651-652). Boothroyd, G. (1996 s.443) toteaa että tuotteen yksinkertaistaminen *tuotteen kokoonpantavuuden* DFA:n kautta tulisi toteuttaa ennen *tuotteen valmistettavuuden* DFM:n toteutusta. Boothroyd, G. (1996 s.443) väittää myös että *tuotteen kokoonpantavuudella* DFA:lla sekä *tuotteen valmistettavuudella* DFM:lla on tietty ristiriitaisuus: *Tuotteen valmistettavuus* DFM ajaa suunnittelijan suunnittelemaan yksinkertaisempia kustannustehokkaita osia, joita on helpompi valmistaa. Edwards, K.L. (2002 s.651-652) toteaa että DFMA menetelmällä tuotteet ovat yksinkertaisempia ja niissä on vähemmän monimutkaisia komponentteja. Tällöin tuotteen valmistuskustannukset alenevat mutta ylläpito sekä päivitys vaikeutuu ja kallistuu. Tällöin painottaminen valmistuskustannusten alentamiseen on ajanut käyttökustannusten edelle. Tällä ei ole suurta ongelmaa edullisten ja lyhyen käyttöiän massatuotetuissa tuotteissa mutta kalliimmissa ja pidemmän käyttöiän tuotteiden osalta pitää arvioida myös käyttökustannuksia. (Edwards, K.L. 2002 s.651-652).

3.1 Tuotestrategia

Porter, M.E. (1980 s.16-17) toteaa että yrityksen liiketoiminnan yleiset strategiat voidaan jakaa kolmeen perusstrategiaan; kustannusjohtajuus, differoituminen sekä keskittyminen. Neljäntenä vaihtoehtona pidetään vaihtoehtojen tarjoamista, joista esimerkkinä massaräätälöinti sekä tuoteperheet. Perusstrategiat eivät ole toisistaan irrallisia vaihtoehtoja vaan yrityksen menestyksen edellytys on hallita myös muita osa-alueita. Kuvassa 3 on esitetty perusstrategiat nelikenttänä. (Soininen, J-P. 1997 s.17-20).



Kuva 3. Perusstrategiat nelikenttänä (mukaillen Porter, M.E. 1989 s.64).

3.1.1 Perusstrategiat

Kustannusjohtajuus on yleisin strategia, johon sisältyy armoton taloudellisuuden ja tehokkuuden tavoittelu kaikessa liiketoiminnassa, jotta tuote tai palvelu voidaan tarjota ostajalle mahdollisimman alhaiseen hintaan. Kustannus johtajuus ei sulje pois laatua tai yksityiskohtia, se ei kuitenkaan ole ensisijainen tavoite. (Porter, M.E. 1980 s.16). Kustannusjohtajuudessa pyritään palvelemaan laajaa kilpailukenttää, jolloin kustannusetu voidaan saavuttaa. Kustannusjohtajuusstrategiassa tuotteet ovat usein standardisoituja ja valmistusvolyymitaan suuria. Kustannusjohtajuuden toteuttaminen edellyttää joko jollain tavoin suljettuja markkinoita tai kilpailijoita edullisempia kustannuksia. (Soininen, J-P. 1997 s.19-20).

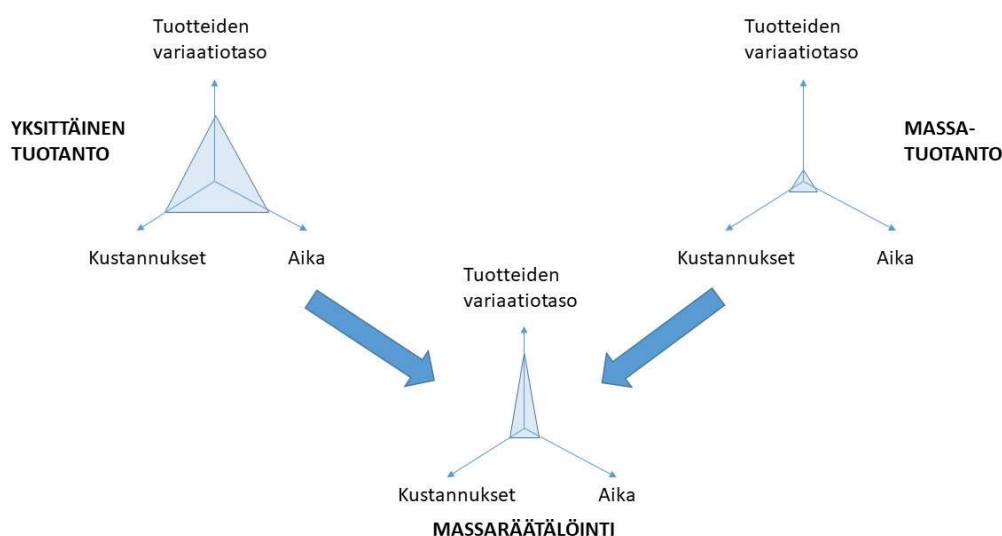
Differoituminen tarkoittaa asiakkaan arvostaman ominaisuuden tai ominaisuuksien kehittämistä niin että erottaudutaan kilpailijoista. (Porter, M.E. 1980 s.16-17). Tuotteessa tai palvelussa on jokin piirre tai ominaisuus, josta asiakas on valmis maksamaan enemmän kuin perustuotteesta. Differoituminen edellyttää moniteknologisissa tuotteissa tyypillisesti teknistä erityisosaamista. (Soininen, J-P. 1997 s.20).

Keskittymisstrategiassa tavoitteena on keskittää toiminta yhdelle tai muutamalle markkinasegmentille. Yhtiön tavoitteena on tarjota kattava tuotepalvelu tarkalleen tunnistetuille asiakkaille, tuotesarjoille tai maantieteellisille markkinoille. Ihanne

tapauksessa tuote saavuttaa sekä differoitumisen että alhaisen kustannustason valitussa markkinasegmentissä. (Porter, M.E. 1980 s.17). Keskittymisstrategiassa kilpailuetu muodostuu asiakastarpeiden tunnistamisesta ja sen seurauksena tuotteiden versioinnista. (Soininen, J-P. 1997 s.20).

3.1.2 Massaräätälöinti

Zipkin, P. (2001 s.81) määrittelee että massaräätälöinnillä tarkoitetaan kykyä tarjota yksilöllisesti räätälöityjä tuotteita tai palveluita suuressa mittakaavassa. Massaräätälöinti tarkoittaa vaihtoehtojen ja asiakaskohtaisuuden lisäämistä joustavuuden ja nopean reagoinnin avulla. Massaräätälöinnissä tavoite on tarjota vaihtoehtoja ja ominaisuuksia niin runsaasti että lähes jokainen asiakas voi löytää juuri haluamansa tuotteen tai palvelun. (Soininen, J-P. 1997 s.21). Kuvassa 4 on esitetty massaräätälöinnin periaate, jossa pyritään yhdistämään yksittäistuotannon variaatiotaso massatuotannon tehokkuuteen.



Kuva 4. Massaräätälöinnillä pyritään yhdistämään yksittäistuotannon variaatiotaso sekä massatuotannon tehokkuus (mukaillen Forza, C. & Salvador, F. 2006 s.9).

Koska massaräätälöinnillä pyritään täyttämään yksittäisen asiakkaan tarpeet, ei asiakkaan haluamaa tuotevariaatiota pystytä tarkalleen ennustamaan. Tästä johtuen valmiita tuotteita ei voida valmistaa valmistusvarastoon ennen kuin tiedetään

asiakkaan tarpeet, joten tuotteet valmistetaan tilausohjautuvasti. Tällä saavutetaan varastokustannusten sekä mahdollisten tuotteen vanhentumisriskin pienentymistä. Massaräätälöidyt tuotteet koostuvat vain asiakkaiden haluamista ominaisuuksista, joten tuotteessa ei ole mahdollisesti vakiotuotteessa olevia turhia mutta kalliita tuoteominaisuuksia. Tällöin tuotteen hinta laskee myös asiakkaalle. Massaräätälöinnillä saavutetaan myös muita kuin taloudellisia etuja. Vuorovaikutus asiakkaan ja yrityksen välillä paranee, ja asiakas tarpeet pystytään tunnistamaan paremmin. Tämä antaa myös mahdollisuuden kehittää tuotteita vastaamaan paremmin asiakas tarpeita. (Blecker, T. & Friedrich, G. 2007 s.4-5).

Haasteena massaräätälöinnissä on muun muassa kustannusten ja tuotevariaatioiden suhde. Vaikka asiakas saattaa saada edullisemmin räätälöidyn tuotteen juuri haluamillaan ominaisuuksilla, saman tuotteen valmistaminen vakiotuotteena olisi vielä edullisempaa. Tästä johtuen massaräätälöidyt tuotteet ovat kalliimpia kuin vastaavat massatuotteet. Massaräätälöinnissä myös toimitusaika on kriittinen, koska tuotteet tehdään tilausohjautuvasti esimerkiksi *tilauksesta valmistus* MTO tuotantomenetelmän mukaan eikä varasto-ohjautuvasti esimerkiksi *tilauksesta toimitus* MTS tuotantomenetelmän mukaan. (Blecker, T. & Friedrich, G. 2007 s.5-6).

Tuotteen räätälöintitarve voi olla erilainen asiakkaiden sekä asiakasryhmien välillä. Massaräätälöintiä voidaan tarkastella neljällä erilaisella tavalla tuotteiden sekä palveluiden ja ulkoasun muutoksen kautta; mukautuva massaräätälöinti, kosmeettinen massaräätälöinti, läpinäkyvä massaräätälöinti sekä yhteistoiminnallinen massaräätälöinti. Nämä massaräätälöintitavat eivät ole toisensa poissulkevia vaan yritykset voivat toteuttaa ne samanaikaisesti eri asiakkaille. Jaottelun tarkoitus on selkeyttää massaräätälöinnin soveltamisen mahdollisuuksia. Kuvassa 5 on esitetty massaräätälöinnin tavat tuotteiden muutoksen ja ulkoasun muutoksen nelikenttänä. (Ahoniemi ym. 2007 s.18-19).



Kuva 5. Massaräätälöinnin nelikenttä (mukaillen Ahoniemi ym. 2007 s.18).

Mukautuvassa massaräätälöinnissä tuotteiden tai palveluiden muutos on matala, samoin ulkoasun muutos. Mukautuva massaräätälöinti perustuu tuotteiden tai palveluiden moduulien yhdistelmien etukäteissuunnitteluun ja niiden tuomiseen asiakkaan käyttöön esimerkiksi suunnittelujärjestelmänä tai tuotekonfiguraattorina. Tällöin asiakas kykenee itse määrittelemään esimerkiksi haluamansa lisävarusteet tuotteeseen. Tuoteperheen sisällä voidaan tehdä erilaisia vaihtoehtoja, jolloin massaräätälöity tuote tai palvelu tai niiden ulkoasu ei välttämättä merkittävästi muutu. Sähköiset työkalut, kuten web-pohjaiset palvelujärjestelmät, antavat hyvät työkalut mukautuvaan massaräätälöintiin. Tällaiset työkalut edellyttävät yritykseltä hyvää tuotetiedon hallintaa. (Ahoniemi ym. 2007 s.18).

Kosmeettisessa massaräätälöinnissä tuotteiden tai palveluiden muutos on pieni mutta ulkoasun muutos on suuri. Kosmeettisessa räätälöinnissä tuotteen rakenteeseen ei juuri puututa vaan räätälöinti kohdistuu esimerkiksi lopputuotteen väriin tai asiakkaan haluamiin varusteisiin. Räätälöinti tapahtuu tuotantoprosessin loppuvaiheessa. (Ahoniemi ym. 2007 s.18-19).

Läpinäkyvässä massaräätälöinnissä tuotteiden tai palveluiden muutos on suuri mutta ulkoasun muutos pieni. Läpinäkyvän massaräätälöinnin lähtökohtana on asiakastuotetieto, joka on kerätty eri palvelukanavista ja jonka pohjalta tuotteet tai palvelu räätälöidään. Asiakasta ei suoraan vaivata tuotteen tai palvelun ominaisuus

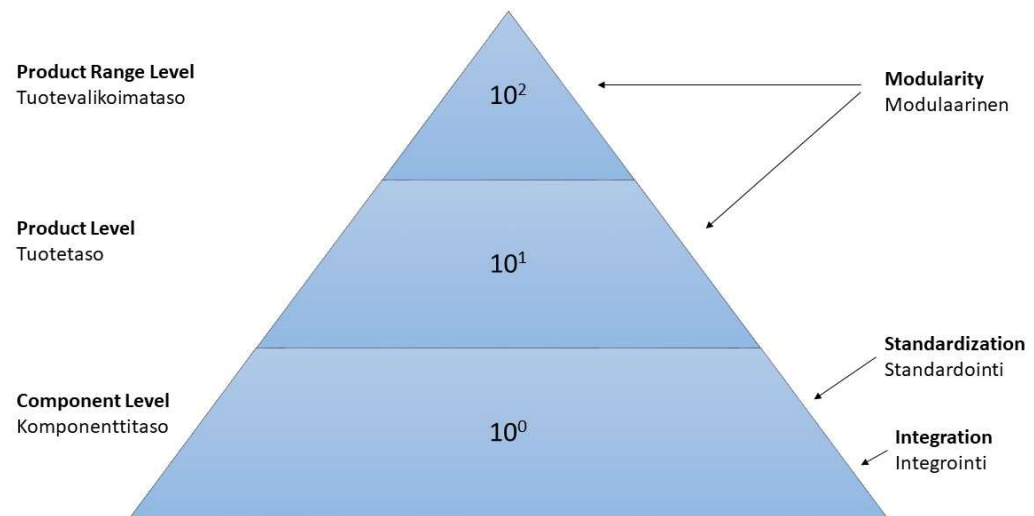
määrittelyillä tai kaupankäyntiin liittyvillä kyselyillä. Asiakasmielemykset pyritään tallentamaan mahdollisimman laajasti, jolloin voidaan parantaa asiakastuntemusta ja palvella asiakastarpeita tulevaisuudessa. Avainasemassa on asiakastietojärjestelmät, johon luodaan palvelu- ja markkinointiprofiilit. (Ahoniemi ym. 2007 s.19).

Yhteistoiminnallinen massaräätälöinti on massaräätälöinnin tavoista haasteellisin ja kustannuksiltaan korkein. Yhteistoiminnallista massaräätälöintiä käytetään silloin, kun asiakas ei kykene määrittelemään tai edes hahmottamaan tuotteeseen tai palveluun liittyviä monimutkaisia määrittelyjä, jotka muodostavat lopputuotteen. Yhteistoiminnallinen massaräätälöinnin perustana on asiakasvuorovaikutus tuotteen tai palvelun ominaisuuksien määrittelyssä. Yritys ei voi yksin tietää, mitä asiakas lopputuotteelta haluaa. Jotta asiakkaan tarpeet saadaan huomioitua lopputuotteessa, tarvitaan yleensä suunnittelua, jolloin esisuunniteltujen moduulien käyttäminen voi olla haasteellista. (Ahoniemi ym. 2007 s.19).

3.2 Tuotearkkitehtuuri

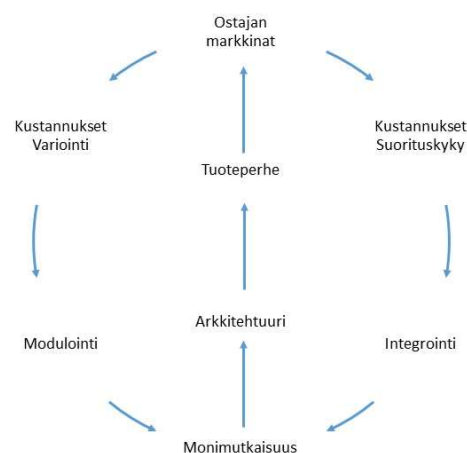
Järjestelmäarkkitehtuuri on abstrakti kuvaus järjestelmän kokonaisuuksista sekä niiden yksiköiden välisistä suhteista. Arkkitehtuuri on tärkeä useimmilla tekniikan aloilla, kuten rakennustekniikassa, fyysisissä tuotteissa, ohjelmistoissa, tietoverkoissa, suurissa teknisissä järjestelmissä sekä infrastruktuurissa. Jokaisella järjestelmällä on arkkitehtuuri ja sillä suuri vaikutus järjestelmän käyttäytymiseen. Järjestelmäarkkitehtuurit luodaan osana järjestelmien luomista ja suunnittelua. Monet teollisuuden järjestelmät, kuten esimerkiksi autoteollisuus, on suunniteltu tarkoituksellisesti prosessin mukaan ja niiden arkkitehtuuri on huolella suunniteltu. Toiset järjestelmät, kuten esimerkiksi isot infrastruktuurit, voivat kasvaa pienempien järjestelmien liittymisen myötä. (Crawley ym. 2004 s.2-3).

Tuoterakenne tai tuotearkkitehtuuri on avain monimutkaisuuden käsittelyyn. Rikkomalla monimutkainen rakenne pienemmiksi yksiköiksi, yritykset voivat hallita tuotteita ja tuotteisiin liittyvään toimintaan. Hyvä tuotearkkitehtuuri voidaan saavuttaa modulaarisuudella. Tuotearkkitehtuuria voidaan tarkastella kolmella tasolla: tuotevalikoima tasolla, tuotetasolla sekä komponenttitasolla. Kuvassa 6 on esitetty tuotearkkitehtuurin kolme tasoa. Kuvasta 3 havaitaan että monimutkaisuus vähenee eksponentiaalisesti siirryttäessä komponentti tasolta tuotetasolle ja tuotevalikoima tasolle. (Ericsson, A. & Erixon, G. 1999 s.17-18).



Kuva 6. Tuotearkkitehtuurin kolme tasoa: Tuotevalikoimataso, tuotetaso sekä komponenttitaso. Monimutkaisuus vähenee eksponentiaalisesti siirryttäessä tasolta toiselle (mukaillen Ericsson, A. & Erixon, G. 1999 s.18).

Ulrich ym. (2020 s.191) määrittelevät että tuotearkkitehtuuri on järjestelmä, jolla tuotteen tehtävät kohdistetaan fyysisille osille ja jonka avulla osat ovat vuorovaikutuksessa. Tuotearkkitehtuurit voidaan jakaa kuvan 7 mukaisesti modulaariseen arkkitehtuuriin sekä integraaliseen arkkitehtuuriin.



Kuva 7. Tuoteperheiden arkkitehtuuri (mukaillen Erens, F. & Verhulst, K. 1997 s.166).

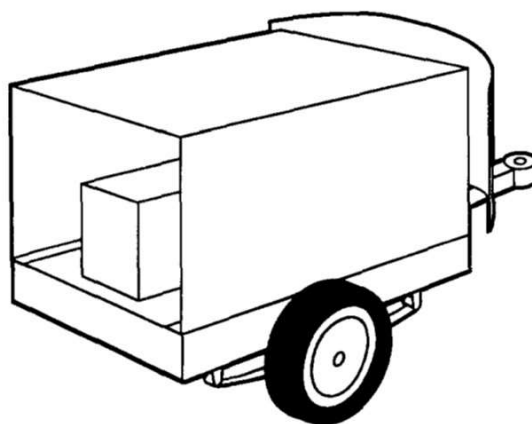
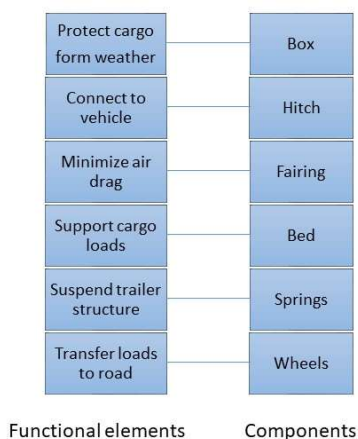
3.2.1 Modulaarinen tuotearkkitehtuuri

Modulaarisella tuotearkkitehtuurilla on kaksi ominaisuutta (Ulrich ym. 2020 s.191):

- Osat toteuttavat yhden tai muutaman toiminnon
- Osien väliset vuorovaikutukset ovat hyvin määritelty ja ne ovat yleensä olennaisia tuotteen päätoimintojen kannalta.

Modulaarisimmillaan arkkitehtuuri on sellainen, jossa jokainen toiminnallinen tehtävä toteutetaan täsmälleen yhdellä fyysisellä osalla ja jossa osien välillä on muutamia hyvin määriteltyjä vuorovaikutuksia. Tällöin modulaarinen arkkitehtuuri sallii suunnittelumuutoksen yhteen osaan, ilman että muita osia tarvitsee vaihtaa. Osat voidaan myös suunnitella erikseen riippumatta toisista. (Ulrich ym. 2020 s.191)

Esimerkkinä modulaarisesta ja integraalisesta tuotearkkitehtuurista käytetään Ulrichin (Ulrich, K. 1995 s.421-422) tekemää esimerkkiä peräkärryistä, jotka on toteutettu kahdella erilaisella tuotearkkitehtuurilla. Kuvassa 8 on modulaarisella tuotearkkitehtuurilla toteutettu peräkärry. Peräkärryn jokainen komponentti toteuttaa yhden toiminnon. Esimerkiksi peräkärryn kuomu (box) suojaa rahtia säältä eikä kuomulla ole mitään muuta toimintoa.



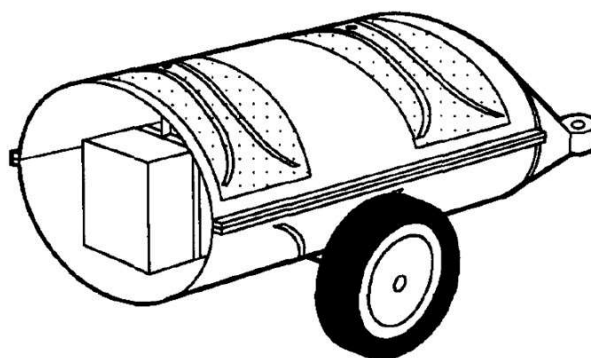
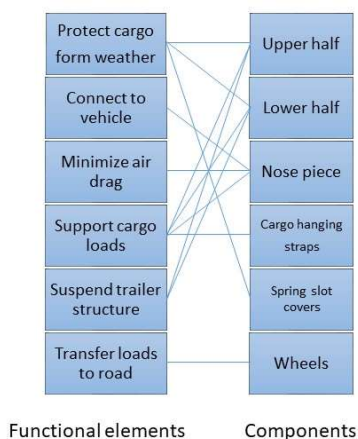
Kuva 8. Modulaarisella tuotearkkitehtuurilla toteutettu peräkärry. Jokainen komponentti toteuttaa yhden toiminnon (mukaillen Ulrich, K. 1995 s.421).

3.2.2 Integraalinen tuotearkkitehtuuri

Integraalisella tuotearkkitehtuurilla on yksi tai useampi seuraavista ominaisuuksista (Ulrich ym. 2020 s.191-192):

- Tuotteen toiminnalliset tehtävät toteutetaan useammalla kuin yhdellä osalla.
- Yksi osa toteuttaa useampia toiminnallisia tehtäviä.
- Osien välinen vuorovaikutus on huonosti määritelty.

Integraalinen tuote on suunniteltu usein korkeimman mahdollisen suorituskyvyn mukaan. Tietty toiminnallinen tehtävä voidaan jakaa useamman osan tehtäväksi jolloin osien välisiä rajoja voi olla vaikea tunnistaa tai ne voivat olla olemattomat. Suorituskyvyn optimoimiseksi tiettyyn fyysiseen osaan voidaan yhdistää useampia toiminnallisia tehtäviä. Tällöin on kuitenkin mahdollista että muutettaessa jotain tiettyä osaa, se saattaa vaatia tuotteen laajempaa uudelleensuunnittelua. (Ulrich ym. 2020. 191-192). Kuvassa 9 on integraalisella tuotearkkitehtuurilla toteutettu peräkärry. Peräkärryn komponentit saattavat toteuttaa useampaa toimintoa. Esimerkiksi peräkärryn yläpuoliskon (upper half) tehtävänä on suojata rahtia säältä, tukea rahdin painoa sekä vaimentaa peräkärryn rakennetta.



Kuva 9. Integraalisella tuotearkkitehtuurilla toteutettu peräkärry. Yksittäinen komponentti saattaa toteuttaa useamman toiminnon (mukaillen Ulrich, K. 1995 s.422).

3.3 Tuotealusta (Product Platform)

Tuotealusta lähestymistavalla yritys pystyy tuottamaan tehokkaammin räätälöityjä tuotteita vastaamaan asiakastarpeita tai asiakassegmenttiä. Sillä säästetään tuotekehityskustannuksia ja tuotekehitysaikaa. Myös tuotantokustannuksia on mahdollista alentaa kun tuotteita tehdään suuremmissa tuotantovolyymeissa. Tuotealusta lähestymistavalla pienennetään myös riskiä. (Robertson, D. & Ulrich, K., 1998 s.20).

Tuotealustaa voidaan pitää perusyksikkönä, johon erilaisia muunnelmia lisäämällä saadaan erilaisia tuotemuunnelmia. Tuotealustoja kutsutaan usein myös vakiosuunnitelmaksi (standard design) ja niiden oleellinen ominaisuus on uudelleen käytettävyys. (Huhtala, P. & Pulkkinen, A. 2009 s.139 -141). Mayer, M. ja Lehnerd, A. (1997 s.7) määrittelevät että tuotealusta on joukko yhteisiä komponentteja, moduuleja tai osia, joista tuotevirtaa voidaan kehittää ja käynnistää tehokkaasti.

Tuotealustan suunnittelu tuo yritykselle sekä uhkia että mahdollisuuksia. Tuotealustan suunnittelun perustana on tietämys siitä, mistä tuotealusta koostuu. Robertson, D. ja Ulrich, K., (1998 s.20) määrittelevät tuotealustan kokoelmana ominaisuuksia, jotka jaetaan tuotesarjojen mukaan ja he jakavat ne neljään luokkaan.

- Komponentit
- Prosessit
- Tietotaito
- Ihmiset ja suhteet

3.4 Tuoteperhe (Product Family)

Tuoteperhe on joukko tuotteita, jotka jakavat jotain tai joilla on jotain yhteistä. Yhteneväisyys voi olla esimerkiksi markkinalähtöinen, tuotannollinen tai suunnittelulähtöinen. (Pulkkinen ym. 1999 s.53). Simpson, T. (2003 s.4) määrittää että tuoteperhe on joukko toisiinsa liittyviä tuotteita, jotka ovat polveutuneet tuotealustasta täyttämään erilaiset markkinaraot. Tuoteperhe koostuu tuoteyksiköistä.

Soininen (2001 s.41-42) jakaa tuotteen neljään ryhmään:

- Versioperhe: Versioperheen kaikki tuotteet on tehty samaa tarkoitusta varten mutta yhdellä tuotteella ei ole kannattavaa tai mahdollista täyttää kaikkien asiakkaiden tarpeita. Tuotteet saattavat näyttää asiakkaille hyvinkin erilaisilta vaikka niissä pyritään käyttämään yhteisiä ominaisuuksia ja rakennneosia.
- Sukupolviperhe: Sukupolviperhe muodostuu teknologisen kehityksen seurauksena. Sukupolviperheen uudemman sukupolven tuotteilla on esimerkiksi parempi suorituskyky kuin edellisen sukupolven tuotteilla.
- Laiteperhe: Laiteperheen jäsenet ovat eri tuotteita, jotka muodostavat yhdessä tuoteperheen. Laiteperhettä kutsutaan myös brändi-perheeksi.
- Teknologiaperhe: Teknologiaperheen tuotteita yhdistää käyttötarkoituksen sijaan teknologia.

Tuoteperheen suunnittelussa on perinteisesti kaksi lähestymistapaa. Ensimmäinen on ylhäältä alas oleva lähestymistapa (proactive platform), jossa yritys strategisesti hallinnoi ja kehittää tuotealustaan ja sen johdannaisiin perustuvaa tuoteperhettä. Toinen tapa on alhaalta ylös oleva lähestymistapa (reactive platform), jossa yritys uudelleen suunnittelee tai vakioi ryhmän erillisiä tuotteita standardoitavaksi tuoteperheeksi. (Simpson, T. 2003 s.4).

Simpson, T. (2003.) määrittelee tuoteperheet kahteen tyyppiin; skaalautuvaan tuoteperheeseen sekä modulaariseen tuoteperheeseen. Skaalautuvassa / parametrisessä tuoteperheessä variaatioita kehitetään yhtä tai useampaa muuttujaa ”venyttämällä” tai ”kutistamalla” vastaamaan erilaisia asiakkaiden tarpeita. Vaikka jotkut pitävät skaalautuvia tuoteperheitä modulaarisen tuoteperheen osana, on skaalautuva yleinen strategia monilla teollisuuden aloilla. (Simpson, T. 2003 s.7).

4 TUOTTEEN MODULAARISUUS SUUNNITTELUN JA VALMISTUKSEN NÄKÖKULMASTA

Moduuli, modulaarisuus ja modulaarinen suunnittelu on hyvin tunnettuja käsitteitä teollisuudessa sekä tiedemaailmassa. Kyseisille termeille on kuitenkin haastavaa löytää yksiselitteisiä määritelmiä. (Ericsson, A. & Erixon, G. 1999 s.19). Niitä on käytetty laajasti erilaisissa yhteyksissä, kuten valmistuksessa, mekaanisessa- ja sähkösuunnittelussa sekä ohjelmistoissa. (Kusiak, A. 2002 s.223-224).

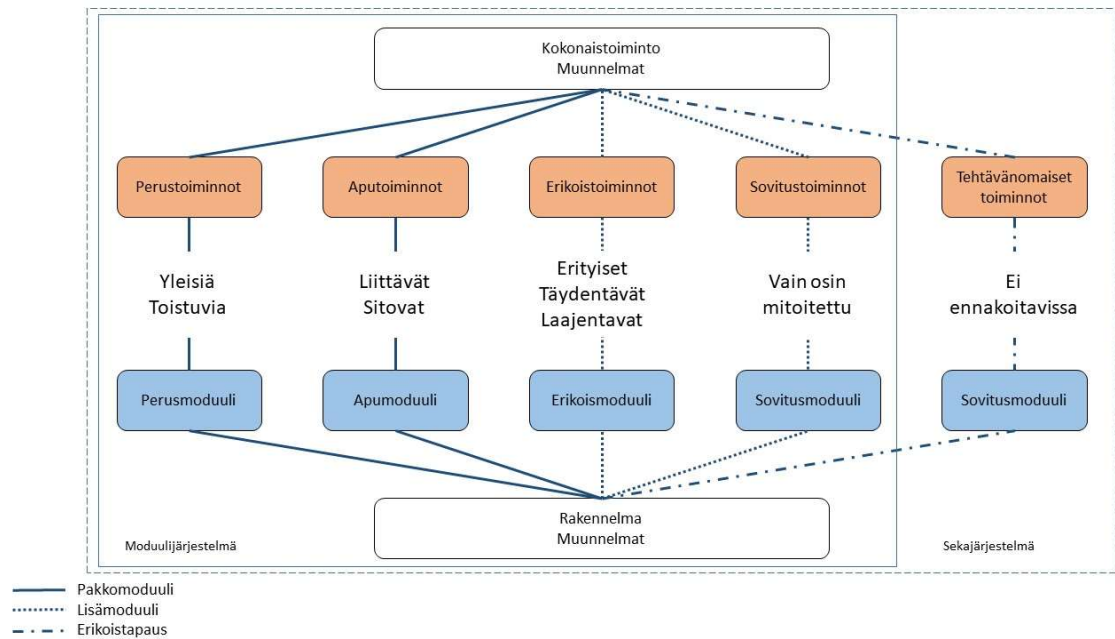
Modulaarisuudella voi olla monia erilaisia muotoja. Kusiak A. (2002 s.224) jakaa modulaarisuuden kolmeen luokkaan, jotka ovat vahvasti sidoksissa toisiinsa. Kaikki kolme luokkaa tulisi optimoida ajan, kustannusten, luotettavuuden, laadun, valmistettavuuden kannalta.

- Tuotemodulaarisuus.
- Prosessimodulaarisuus.
- Resurssimodulaarisuus.

Tässä työssä käsitellään tuotemodulaarisuutta.

4.1 Tuotemodulaarisuus

Tuotemoduulin määritelmään vaikuttaa yrityksen toimiala sekä strategia. Moduuli voi olla yksittäinen osa tai komponentti mutta se voi myös olla alikokoonpano. (Ericsson, A. & Erixon, G. 1999 s.19). Moduulit voidaan luokitella kuvan 10 mukaisesti toiminnon perusteella viiteen luokkaan: (Pahl, G. & Beitz, W. 1990 s.437 - 438).



Kuva 10. Moduulien ja toimintojen suhde (mukaillen Pahl, G. & Beitz, W. 1990 s.438).

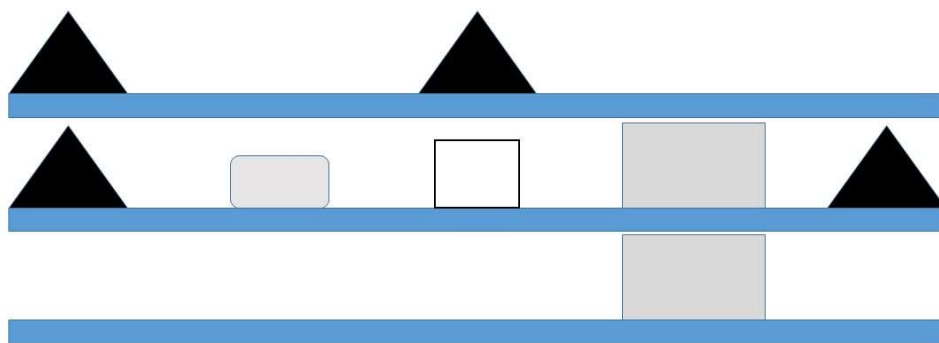
- Perusmoduulit. Perusmoduuleilla toteutetaan perustoiminnot. Perusmoduulit ovat pakkomoduleja, ne ovat aina toistuvia ja yleisiä moduuleja.
- Apumoduulit. Apumoduuleilla toteutetaan aputoiminnot. Apumoduulit ovat pakkomoduleja, ne ovat sitovia ja liittäviä moduuleja.
- Erikoismoduulit. Erikoismoduuleilla toteutetaan erikoistoiminnot. Erikoismoduulit ovat lisämoduleja, ne ovat erityisiä, täydentäviä ja laajentavia. Erikoismoduuleja ei aina tarvita kaikissa muunnelmissa.
- Sovitusmoduulit. Sovitusmoduuleilla toteutetaan sovitustoiminnot. Sovitusmoduulit voivat olla lisämoduleja tai pakkomoduleja. Ne ovat mitoiltaan ennakkoon vain osaksi määritelty ja täydennetään tapauskohtaisesti sopiviksi.
- Epämoduulit. Epämoduuleilla toteutetaan tehtävänomaiset toiminnot, joita ei voida ennakoita. Epämoduulit johtavat sekajärjestelmään.

Tuotemodulaarisuus on tuotteen purkamista moduuleiksi, joissa on määritellyt rajapinnat ja joita ohjaavat yrityksen strategiat. Tuote voidaan moduloida monella tapaa. Kaksi yritystä, jotka valmistavat samankaltaista tuotetta, voivat käyttää erilaisia modulaarisia tuoterakenteita. (Ericsson, A. & Erixon, G. 1999 s.19).

Tuotemodulaarisuuden tyypit vaihtelevat eri lähteistä riippuen. Kuciak ja Huang (1996) jakavat modulaarisuuden kolmeen erilaiseen tyyppiin, joka on laajasti käytetty erilaisissa tieteellisissä julkaisuissa: Komponenttienvaihtomodulaarisuus (Component-swapping

modularity), Komponenttienjakomodulaarisuus (Component-sharing Modularity) sekä Väylämodulaarisuus (Bus modularity). Österholm ja Tuokko (2001 s.10-11) jakavat modulaarisuuden tyypit niin ikään kolmeen ryhmään mutta hieman erilaisella lähestymistavalla: Paikkamodulaarisuus, Lohkomodulaarisuus sekä Väylämodulaarisuus. Paikkamodulaarisuus jakaantuu neljään osaan: Komponenttienvaihtomodulaarisuus, Komponenttienjakomodulaarisuus, Parametrinen modulaarisuus sekä näiden yhdistelmänä Yhdistelmämodulaarisuus.

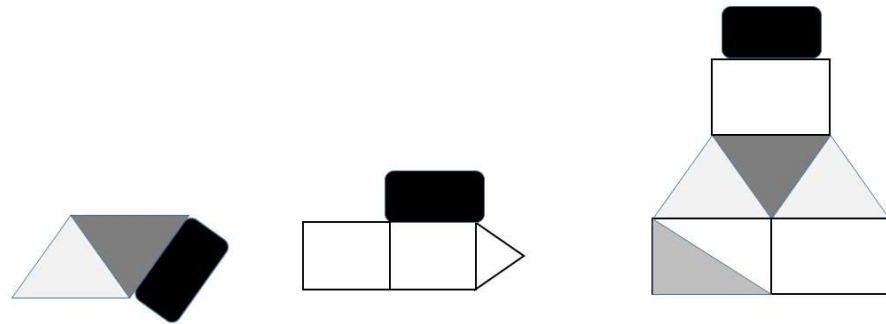
Väylämodulaarisuus



Kuva 11. Väylämodulaarisuus (mukaillen Österholm, J. & Tuokko, R. 2001 s.11).

Väylämodulaarisuudessa moduuleja voidaan yhdistellä perusmoduuliin vapaasti standardoidulla rajapinnalla. Kuvassa 11 havaitaan sininen kisko, joka on perusmoduuli ja johon moduulit on liitetty. Moduulien määrää, tyyppiä ja sijaintia voidaan vaihdella tarpeen mukaan. Esimerkkejä väylämodulaarisuudesta ovat valaisinkiskot sekä tietokoneen laajennuskortit. (Österholm, J. & Tuokko, R. 2001 s.10; Kuciak & Huang 1996 s.523; Ulrich, K. 1995 s.424).

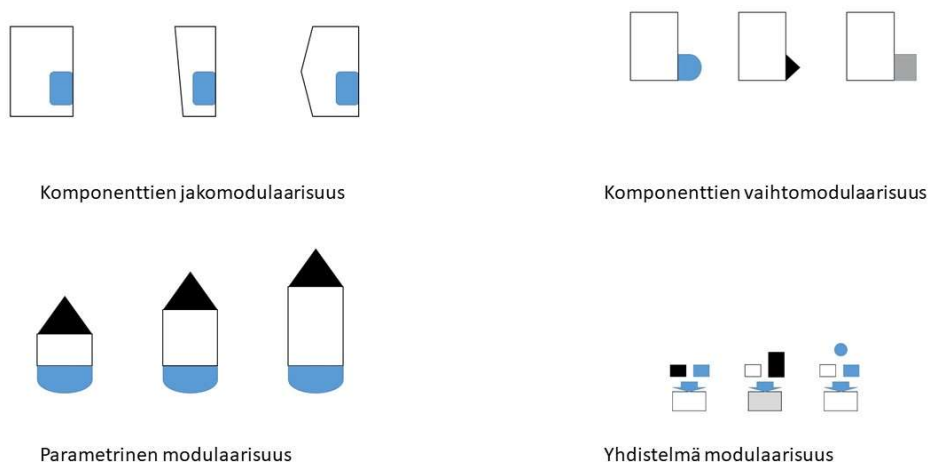
Lohkomodulaarisuus



Kuva 12. Lohkomodulaarisuus (mukaillen Österholm, J. & Tuokko, R. 2001 s.11).

Kuvassa 12 on esitetty lohkomodulaarisuuden periaate. Lohkomodulaarisuudessa moduulit voidaan yhdistellä melko vapaasti kokonaisuuksiksi standardoitujen rajapintojen kautta. Lohkomodulaarisuudessa kaikki rajapinnat ovat samanlaisia, jolloin moduuleista muodostuvan kokonaisuuden muoto voi olla monenlainen. Moduulit eivät välttämättä ole kiinnitettynä yhteen tiettyyn elementtiin. Esimerkkinä lohkomodulaarisuudesta ovat toimistokalusteet. (Österholm, J. & Tuokko, R. 2001 s.10; Ulrich, K. 1995 s.424).

Paikkamodulaarisuus



Kuva 13. Paikkamodulaarisuus (mukaillen Österholm, J. & Tuokko, R. 2001 s.11).

Paikkamodulaarisuudella on neljä muotoa, jotka on esitetty kuvassa 13. (Österholm, J. & Tuokko, R. 2001 s.10; Kuciak & Huang 1996 s.523; Ulrich, K. 1995 s.424).

- Komponenttienjakomodulaarisuus; Komponenttienjakomodulaarisuudessa samaa komponenttia pystytään käyttämään useammassa tuotteessa. Esimerkkinä komponenttienjakomodulaarisuudesta ovat vaihdelaatikoiden hammaspyörät, joissa yhtä hammaspyörää voidaan käyttää erikokoisissa vaihteissa eri portailla.
- Komponenttienvaihtomodulaarisuus; Komponenttienvaihtomodulaarisuudessa kaksi tai useampi komponentti yhdistetään perustuotteeseen. Esimerkkinä komponenttienvaihtomodulaarisuudesta ovat vaihdelaatikoiden toisioakselit.
- Parametrinen modulaarisuus; Parametrisessa modulaarisuudessa yksi tai useampi standardikomponentti yhdistetään kokonaisuudeksi parametrisesti muuttuvan komponentin kanssa. Esimerkkinä parametrisestä modulaarisuudesta on vaihdelaatikon voiteluputkitus, jossa liitännät ovat standardikomponentteja ja niiden välissä olevat putket ovat parametrisesti muutettavia.
- Yhdistelmä modulaarisuus; Yhdistelmä modulaarisuudessa yhdistyvät edellä mainitut paikkamodulaarisuudet.

Tuotemodulaarisuudella on mahdollisuus saavuttaa useita etuja. Kusiak A. (2002 s.224) määrittelee tuotemodulaarisuuden mahdolliseksi eduiksi muun muassa mittakaavaedut, tuotteen tai komponentin vaihdon toteuttamisen parantuminen, tuotevalikoiman lisääntyminen sekä lyhyemmän tilaus-toimitusajan. Mahdolliseksi tuotemodulaarisuuden kustannuksiksi Kusiak A. (2002 s.224) mainitsee muun muassa tarpeettoman fyysisen arkkitehtuurin, liiallisen kapasiteetin tiukempia sovelluksia varten sekä mahdollisuuden staattisiin tuotearkkitehtuureihin ja liiallisen samankaltaisuuden.

4.2 Standardointi

Tuotemodulaarisuus ja standardointi ovat vahvasti sidoksissa toisiinsa vaikka kirjallisuudessa niitä on tarkasteltu useammasta näkökannasta. Österholm ja Tuokko (2001 s.8-9) toteavat että moduloinnissa ei pyritä asiakkaille tarjottavien lopputuotevalikoiman pienentämiseen, kuten standardoinnissa. Jacobs ym. (2007 s.1047-1048) toteavat että standardoinnilla ja moduloinnilla on vahva yhteys toisiinsa.

Ulrich, K. (1995 s.431) määrittelee että komponenttien standardointi on saman komponentin käyttämistä useissa tuotteissa. Modulaarinen tuotearkkitehtuuri mahdollistaa standardoinnin. Kun jokainen komponentti toteuttaa vain yhden toiminnon, voidaan tällaista komponenttia käyttää myös muissa tuotesovelluksissa. (Ulrich, K. 1995 s.431). Ulrich, K. (1995 s.431) jaottelee komponenttien standardoinnin sisäiseen (internal) standardointiin sekä ulkoiseen (external) standardointiin. Sisäisessä standardoinnissa yritys suunnittelee ja valmistaa komponentin itse yrityksen sisällä ja hankkii sen toimittajalta. Esimerkkinä sisäisestä standardoinnissa voidaan mainita teollisuusvaihteen kotelo, jossa samaan koteloon voidaan valmistaa eri välityksellisiä vaihteita. Ulkoisessa standardoinnissa tyypillisesti komponentti suunnitellaan ja valmistetaan toimittajan toimesta. Esimerkkinä ulkoisesta standardoinnista voidaan mainita teollisuusvaihteen laakerit, jotka ovat laakeritoimittajan suunnittelemlia sekä valmistamia ja samaa laakeria voidaan käyttää useammassa vaihteessa.

Komponenttien standardisoinnilla on vaikutusta muun muassa yrityksen kustannuksiin, tuotteen suorituskykyyn sekä tuotesuunnitteluun. Useasti standardoitu vakiokomponentti on halvempi kuin vain yhteen tuotteeseen valmistettu komponentti. Alhaisempi hinta on mahdollista, koska sitä voidaan valmistaa suuremmalla tuotantovolyyymilla, jolloin saadaan mittakaavaetua. Suurempi komponenttivolyymi houkuttelee usein myös kilpailijoita, jolloin syntyy kilpailutilannetta. Tällöin esimerkiksi ulkoisten standardoitujen

komponenttien kilpailu kasvaa ja hinta laskee. On kuitenkin mahdollista että joissakin tilanteissa standardoidun vakiokomponentin yksikkökustannus on korkeampi kuin yksittäisten erikoiskomponenttien. Joissakin tapauksissa standardointi nostaa suorituskyvyn on liian korkeaksi tiettyyn sovellukseen. Esimerkiksi standardi kotelo voi olla hieman liian iso tiettyyn applikaatioon, johon sopisi myös pienempi kotelo. Kuitenkin standardi kotelon käyttö voi olla perusteltua taloudellisesti, koska säästöä saadaan esimerkiksi hankinnasta, varastonhallinnasta tai laadunhallinnasta. (Ulrich, K. 1995 s.431-432).

Komponenttien standardisoinnilla tuotteen suorituskky saadaan yleensä paremmaksi, koska komponenttitoimittajien kokemus ja oppiminen kasvavat. Toisaalta standardointi saattaa toimia inertiaivoina, joka estää yritystä ottamasta käyttöön uutta komponenttitekniologiaa tuotteen asennuskannan yhteensopivuusongelmien vuoksi. (Ulrich, K. 1995 s.431-432).

Komponenttien standardoinnilla voidaan vähentää tuotekehityksen monimutkaisuutta, kustannuksia sekä läpimenoaika. Olemassa oleva standardoitu komponentti on tiedossa oleva ja tunnettu, joten se voi vähentää tuotekehityksen ongelmien määrää. Olemassa oleva standardoitu komponentti ei myöskään kuluta tuotekehityksen resursseja, joten sillä voidaan alentaa sekä kustannuksia että tuotekehityksen läpimenoaika. (Ulrich, K. 1995 s.431-432).

4.3 Tuotekonfigurointi

Konfigurointi on prosessi, jossa annetut lähtötiedot voidaan jalostaa spesifikaatioksi seuraavalle osaprosessille. Konfigurointi voidaan toteuttaa automaattisesti tai manuaalisesti. (Martio, A. 2015 s.13). Martio, A. (2015 s.13) toteaa että konfigurointi voi kohdistua joko tuotteeseen tai prosessiin.

Tässä työssä käsitellään tuotekonfiguraatiota.

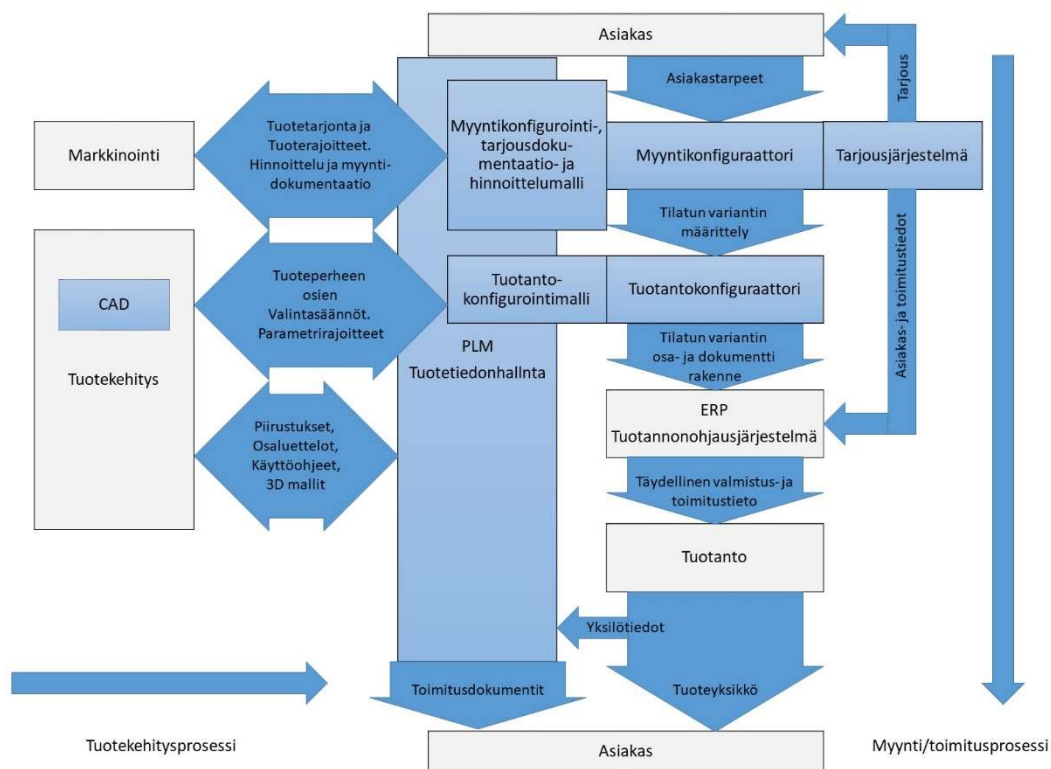
Martio, A. (2015 s.19-20) määrittelee konfiguroitavalle tuotteelle kolme ominaisuutta:

- Valmistettavan tuotteen tyypillinen vuotuinen tuotantovolyyymi on yli 100 kappaletta.
- Sallittujen tuotevariaatioiden määrä on suuri, eikä sitä tämän johdosta yleensä vaivauduta laskemaan. Vaikka tyypillisesti variaatioon vaikuttavia parametrejä ja

optioita ei ole paljon, muodostuu niiden arvojen kombinaatioiden määrä erittäin suureksi. Tämä johtaa yleensä siihen että kaikkia olemassa olevia tuotevariaatioita ei koskaan valmisteta.

- Tuotteen variaatiot on esisuunniteltu ja ne on määritelty konfigurointimallissa.

Automatisoidulla tuotekonfiguroinnilla säästetään aikaa ja sitä kautta kustannuksia manuaaliseen työhön verrattuna. Tuotekonfiguroinnissa saadaan samoilla lähtöarvoilla sama tulos, jolloin lopputuloksen laatu on tasainen. Samalla inhimillisen virheen mahdollisuus poistuu. (Martio, A. 2015 s.23). Kuvassa 14 on esitetty konfiguroitavan tuotteen toimitusprosessi. Kuvasta 14 havaitaan että konfigurointiprosessi jakautuu kahteen osaan; myyntikonfiguraattoriin sekä tuotantokonfiguraattoriin, jotka molemmat ovat vahvasti sidoksissa tuotetiedonhallintaan.



Kuva 14. Konfiguroitavan tuotteen toimitusprosessi (mukaillen Martio, A. 2015 s.24).

Myyntikonfiguraattorilla valitaan tarjolla olevista tuotteista parhaiten asiakkaan tarpeisiin sopiva tuote. Myyntikonfiguraattorin lähtökohtana on asiakas, joka on ensisijaisesti kiinnostunut tuotteen ominaisuuksista, hinnasta sekä toimitusajasta. Myyntikonfiguraattorilla saadaan tarjouksen tekemiseen käytettyä aikaa pienennettyä ja

siten alennettua kustannuksia ja tehostettua tarjoustoimintaa. Automatisoidulla myyntikonfiguraattorilla saadaan myös tarjousten laatua parannettua sekä virheitä vähennettyä. Tuotteista ja toimialasta riippuen myyntikonfiguraattori voi olla yrityksen myyntiorganisaation tai asiakkaan käytössä. (Martio, A. 2015 s.23-34).

Tuotantokonfiguraattorilla tuotetaan valmistuksen tarvitsemat tiedot myyntikonfiguraattorin tekemästä konfiguraatiosta. Tuotantokonfiguraattorin pohjana on etukäteen suunnitellut konfigurointimallit. Tuotantokonfiguraattorilla luodaan tuoterakenne, jota käytetään suunnittelussa, tuotannossa sekä jälkimarkkinoinnissa. Tuoterakenne sisältää muun muassa nimikkeet, valmistusparametrit sekä tuotetiedot. Tuotantokonfiguraattorilla valitaan ja tuotetaan tuotannon tuoterakenteeseen tarvittavat dokumentaatiot, kuten esimerkiksi piirustukset sekä ohjeet. Tuotantokonfiguraattorilla saadaan tehostettua yrityksen toimintaa, lyhennettyä tilaus-toimitusprosessin läpimenoaikaa sekä parannettua laatua. (Martio, A. 2015 s.23-36).

Konfiguroitava tuote sopii huonosti varasto-ohjautuvaan tilaus-toimitusprosessiin, koska tuotteella on lukematon määrä variaatioita. Tuotteiden asiakaskohtaista räätälöintiä voidaan kasvattaa myös ilman konfigurointia. Tuotteeseen voidaan esimerkiksi tehdä valmiiksi niin sanottuja *piilotettuja ominaisuuksia*, jotka otetaan käyttöön asiakaskohtaisesti tarpeen mukaan. (Martio, A. 2015 s.183-184).

5 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimusstrategialla tarkoitetaan tutkimuksen menetelmällisten ratkaisujen kokonaisuutta. Suppeampana käsitteenä on erotettava termi tutkimusmetodi eli tutkimusmenetelmä. (Hirsjärvi ym. 1997 s.126 – 127).

Perinteisesti tutkimusstrategiat jaetaan kolmeen tutkimusstrategiaan; (Hirsjärvi ym. 1997 s.129-130)

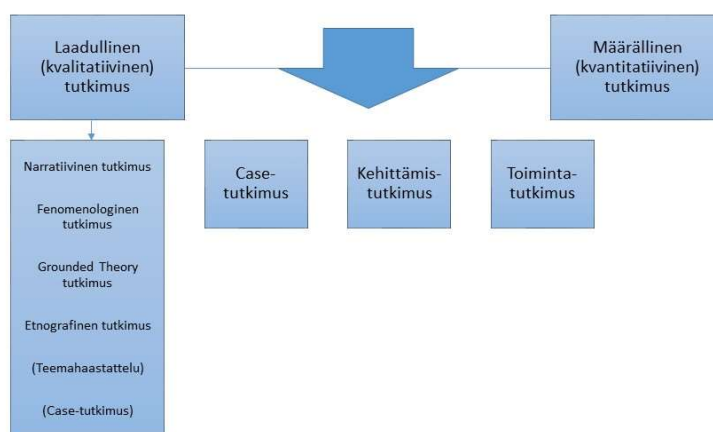
1. Kokeellinen tutkimus. Kokeellisessa tutkimuksessa mitataan yhden valitun muuttujan vaikutusta toiseen muuttujaan.
2. Survey-tutkimus. Survey-tutkimuksessa valitulta joukolta ihmisiä kerätään tietoa standardoidussa muodossa. Tutkimuksen aineisto voidaan kerätä esimerkiksi kyselylomakkeella tai strukturoidulla haastattelulla. Aineistoa apuna käyttäen pyritään kuvailemaan, vertailemaan sekä selittämään ilmiöitä.
3. Tapaustutkimus. Tapaustutkimuksessa kerätään yksityiskohtaista tietoa yksittäisestä tai pienestä joukosta toisiinsa sidoksissa olevista tapahtumista. Tapaustutkimuksessa tutkimuskohteena on usein prosessit. Tapaustutkimukselle tyypillistä on että aineistoa kerätään usealla metodilla, esimerkiksi havainnoimalla, haastatteleamalla sekä dokumentteja tutkimalla

Yleisesti tutkimukset määritellään kvalitatiiviseen (laadullinen) sekä kvantitatiiviseen (määrällinen) tutkimukseen. Yleisenä määritelmänä pidetään että kvantitatiivinen tutkimus käsittelee numeroita ja kvalitatiivinen tutkimus käsittelee merkitystä. Näitä lähestymistapoja voidaan pitää toisiaan täydentävinä ja niitä voidaan myös käyttää samassa tutkimuksessa peräkkäin tai rinnakkain. (Hirsjärvi ym. 1997 s.131-133). Hirsjärvi ym. (1997) toteaa että kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen tutkimus ovat lähestymistapoja, joita on käytännössä vaikea tarkkarajaisesti erottaa toisistaan.

Hirsjärvi ym. (1997) toteaa että tutkimuksella on aina jokin tarkoitus tai tehtävä. Yleisesti tutkimuksen tarkoitus voidaan jakaa neljään tarkoitukseen, jotka ohjaavat tutkimusstrategian valintaa; kartoittava, kuvaileva, selittävä sekä ennustava. Tutkimukseen voi sisältyä myös useampaa tarkoitusta. (Hirsjärvi ym. 1997 s.134 – 136).

Tutkimukset jaotellaan päätasolla teoreettiseen ja empiiriseen tutkimukseen. Teoreettinen tutkimus kohdistuu tieteenalan käsitteisiin, näkökulmiin sekä teorioihin liittyviin ongelmiin. Teoreettisessa tutkimuksessa tutkimusaineisto muodostuu kyseisen

ongelman aiemmista tutkimuksista. Empiirinen tutkimus keskittyy johonkin reaali maailman ongelmaan, josta haetaan uutta ja syvällisempää tietoa jollakin systemaattisella menetelmällä. Selkeää rajaa teoreettisen ja empiirisen tutkimuksen välillä on vaikeaa määrittää, koska esimerkiksi jokaisessa empiirisessä tutkimuksessa on myös teoreettisia aineksia. (Uusitalo, H. 1991 s.60).



Kuvio 1. Tutkimusotteet voidaan nähdä jatkumona, joiden ääripäinä ovat laadullinen ja määrällinen tutkimus (mukaillen Kananen, J. 2013 s.22).

Tekijä	Tutkimusotteet		Moniotteiset tutkimukset Monistrategiset tutkimukset		
	Laadullinen tutkimus	Määrällinen tutkimus	Case-tutkimus	Kehittämistutkimus	Toimintatutkimus
Teorian ja käytännön suhde	Induktio eli käytännöstä teoriaan	Deduktio eli teoriasta käytäntöön	Abduktio	Abduktio	Abduktio eli teorian ja käytännön vuorovaikutus
Tutkimuksen tarkoitus	Ymmärtäminen	Yleistäminen, Ennustaminen	Ymmärtäminen	Muutos	Vaikuttaminen, muutos
Tutkijan rooli	Ulkopuolinen osallistuja	Ulkopuolinen havainnoija	Ulkopuolinen osallistuja	Ulkopuolinen osallistuja	Aktiivinen toimija
Tutkimuskysymykset	Avoimet kysymykset, Teemat	Strukturoidut kysymykset	Lähinnä avoimet kysymykset	Lähinnä avoimet kysymykset	Lähinnä avoimet kysymykset
Vastaukset	Tekstiä, kuvailevaa	Lukuja, määrällisiä	Avoimia	Avoimia	Avoimia

Taulukko 1. Eri tutkimusotteiden ja menetelmien ominaisuudet (mukaillen Kananen, J. 2013 s.24).

Tässä tutkimuksessa haetaan vastauksia tutkimuskysymyksiin tapaus- ja toimintatutkimuksen tutkimusotteella ja -menetelmin. Tutkimuksessa yhdistetään kvalitatiivista sekä kvantitatiivista tutkimusta. Tutkimustietoa kerättiin Case-tutkimukselle ja toimintatutkimukselle tyypillisillä menetelmillä; teemahaastattelut, yrityksen dokumentit sekä tietokannat, havainnointi.

5.1 Case – tutkimus (tapaututkimus)

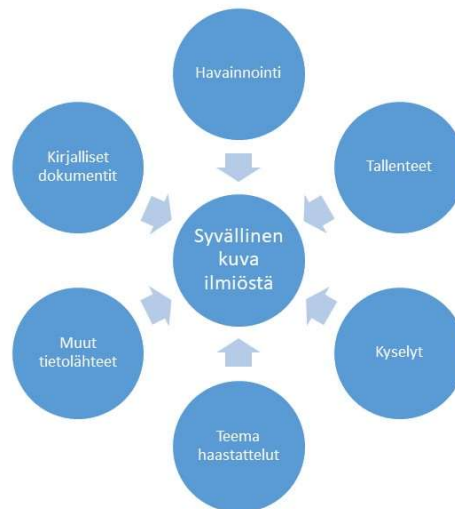
Case-tutkimuksen kohteena on usein yksi ilmiö, josta halutaan saada syvälinen ymmärrys. Tutkimuksen kohteena on tämänhetkinen ilmiö. Sitä ei pystytä tekemään menneistä ilmiöistä, vaikka teoreettisessa viitekehyksessä käytetäänkin tapahtuneita ilmiöitä ja niihin liittyvää kirjallista dokumentaatiota. Case-tutkimuksen tuloksia ei voida yleistää, koska tulokset pätevät vain kyseisessä tapauksen osalta. (Kananen, J. 2013 s.28-54).

Kananen, J. (2013 s.54) määrittelee Case-tutkimuksen vaatimukset seuraavasti:

- Ilmiö on tässä hetkessä.
- Tutkimus toteutetaan luonnollisessa ympäristössään (kontekstissaan).
- Tutkimusaineisto koostuu monista aineistoista (ja monista menetelmistä).
- Ilmiöstä halutaan saada syvälinen ja rikas kuvaus.
- Tutkimuskohteita (tapaus, case) on yleensä yksi (voi olla useampikin).

Yin, R. K. (2009 s.21) jakaa tapaututkimuksen kolmeen alalajiin; selittävä tapaututkimus, kuvaileva tapaututkimus sekä tutkiva tapaututkimus.

Case-tutkimuksessa yhdistyy yleensä sekä laadullinen että määrällinen tutkimus. Case-tutkimus eroaa kehittämis- ja toimintatutkimuksessa siinä että case-tutkimuksessa ei pyritä muutokseen. Case-tutkimuksen tutkimusprosessi ei eroa normaalista laadullisen tai määrällisen tutkimuksesta tutkimusprosessista. Case-tutkimuksessa tietoa kerätään usealla erilaisella menetelmällä useasta eri lähteistä. Case-tutkimuksen tietolähteitä ovat esimerkiksi kirjalliset dokumentit, teemahaastattelut, kyselyt sekä havainnointi. Kananen, J. (2013 s.77) toteaa että kyseessä on eräänlainen palapeli, jonka tutkija kasaa eri lähteistä kokonaiskuvan saamiseksi. (Kananen, J. 2013 s.28-77). Kuvassa 15 on esitetty case-tutkimuksen aineistonkeräämis menetelmiä.



Kuva 15. Case-tutkimuksessa aineistoa kerätään eri tietolähteistä kokonaiskuvan saamiseksi (mukaillen Kananen, J. 2013 s.77).

5.2 Toimintatutkimus (action research)

Toimintatutkimuksessa yhdistyy nimensä mukaan tutkimus ja toiminta. Toimintatutkimus on vahvasti sidottu käytännön työelämään ja siellä oleviin ongelmiin, niiden tunnistamiseen ja poistamiseen. Toimintatutkimuksen voimana pidetään toimija lähteisyyttä, ei ulkoapäin annettuja ohjeita, käskyjä tai kehittämistoimintaa. Toimintatutkimuksen tavoite on muutos, joka on pysyvää. Se on jatkuvaa toiminnan parantamista. (Kananen, J. 2009 s.9-10).

Toimintatutkimuksen tarkka määritelmä on hankalaa koska siinä yhdistyy monta eri tutkimusmenetelmää. Toimintatutkimuksessa yhdistyy sekä kvantitatiivinen että kvalitatiivinen tutkimus. (Kananen, J. 2009 s.11). Kananen, J. (2009 s.11) määrittelee toimintatutkimuksen oleellisiksi elementeiksi:

- Toiminnan kehittäminen (muutos)
- Yhteistoiminta
- Tutkimus

	Kvalitatiivinen tutkimusote	Kvantitatiivinen tutkimusote	Toimintatutkimus
Tutkimuksen tarkoitus	Ymmärtäminen Tulkinta	Syy-seuraussuhteet Ennustaminen	Muutos Toiminnan kehittäminen
Teorian ja käytännön suhde	Induktio Käytännöstä teoriaan	Deduktio Teoriasta käytäntöön	Abduktio Teorian ja käytännön vuorovaikutus
Tutkijan rooli	Ulkopuolinen Osallistuja (mahdollinen)	Ulkopuolinen Tarkkailija	Aktiivinen toimija Muutosagentti
Ihmiskäsitys	Holistinen	Atomistinen	Holistinen Itseohjautuva
Käsitys tiedosta	Tulkinnallinen	Tekninen	Kriittinen Emansipatorinen
Tutkimuskysymykset	Avoimia	Strukturoituja	Lähinnä avoimia
Vastaukset tutkimuskysymyksiin	Kuvailevia	Määrällisiä Lukuja	Lähinnä avoimia

Taulukko 2. Toimintatutkimuksen suhde kvalitatiiviseen ja kvantitatiiviseen tutkimukseen (mukaillen Kananen, J. 2009 s.20).

Toimintatutkimus rinnastetaan usein case-tutkimukseen. Tutkimuksissa on paljon samoja piirteitä mutta ero tulee tutkijan roolista tutkimusta tehtäessä. Case-tutkimuksessa tutkija on ulkopuolinen joka ei osallistu tutkittavan ilmiön toimintaan. Toimintatutkimuksessa taas tutkija on osa tutkittavan ilmiön toimintaa. Toinen eroavaisuus on tutkimustarkoitus. Toimintatutkimus pyrkii ongelman ratkaisuun ja muutokseen, jota Case-tutkimuksessa ei tapahdu. (Kananen, J. 2009 s.23).

Case-tutkimus sekä toimintatutkimus valittiin tutkimusmenetelmiksi tutkimukseen tutkimusaineiston laajuuden sekä moninaisuuden johdosta. Tutkimusongelmaa määriteltäessä havaittiin että aineistoa pitää kerätä ja analysoida usealla erilaisella menetelmällä, sekä kvantitatiivisella että kvalitatiivisella menetelmällä. Tutkimuksessa myös tutkittiin kohdeyhteyksien tiettyä ongelmaa, johon case-tutkimus on luonteva tutkimusmenetelmä.

6 TUTKIMUKSEN TULOKSET

6.1 Nykytilan analysointi

Tutkimus aloitettiin tutkimalla yrityksen nykyistä tilaa sekä toimintamalleja. Nykytilan analysoinnissa lähteenä käytettiin yrityksen toiminnanohjausjärjestelmää sekä suunnittelussa käytössä olevia mittareita.

6.1.1 Suunnittelun mittareiden analysointi

Suunnittelun mittareiden tutkimuksen tarkoituksena on selvittää tilaustöiden todellinen määrä ja niihin käytetty aika sekä töiden jakautuminen eri tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmiin. Tilaus-toimitusprosessien tuotantomenetelmät on esitetty kappaleessa 2. Suunnittelun mittareiden tutkimisessa aikaväliksi valittiin 1.1.2020 – 1.11.2020. Kyseinen aikaväli valittiin, koska tuolla aikavälillä suunnittelun mittareihin ei ollut tehty muutoksia. Tutkimus rajattiin koskemaan ainoastaan tutkimuksen kohteena olevaa teollisuusvaihdesarjaa. Suunnittelun mittareiden tarkemmat tulokset on esitetty liitteessä 1 (luottamuksellinen aineisto). Lähteiden luottamuksellisesta aineistosta johtuen tässä yhteydessä puhumme tilaus-toimitusprosessien *tuotantomenetelmistä* sekä *tuotteista* erittelemättä niitä.

Tutkimuksessa toiminnanohjausjärjestelmän työrivien kokonaismäärä kyseisellä aikavälillä on 201 kappaletta. Työrivit tilaus-toimitusprosessien osalta jakautuivat seuraavasti; tuotantomenetelmä kolme 7 työtä, tuotantomenetelmä kaksi 133 työtä ja tuotantomenetelmä yksi 61 työtä. Tutkimuksessa havaittiin että tilauksia, jotka on tilattu ”samanlainen kuin” tai ”varavaihe” löytyi sekä tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmästä kaksi ja yksi. Tutkimuksessa selvitettiin tarkemmin kaksi tuotetta, *tuote 1* ja *tuote 2* koska etukäteen oli tiedossa kyseisten tuotteiden kohdalla sekaannusta tuotantomenetelmien määrittelyissä.

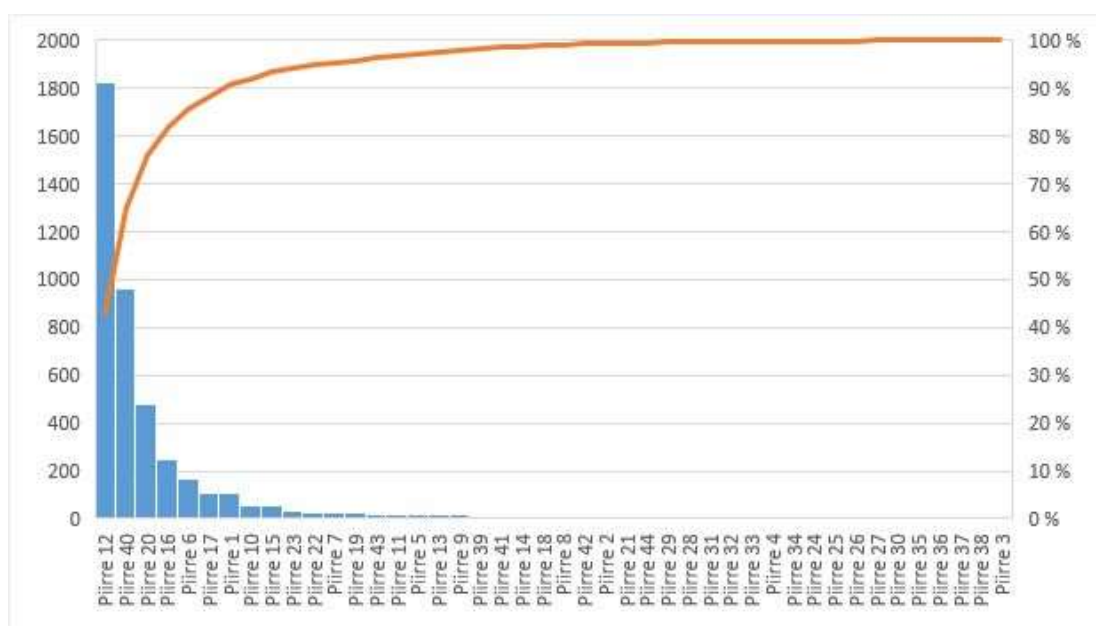
Tutkimuksessa havaittiin että tuote 1 jakautuu useampaan tuotantomenetelmään vaikka kyseinen tuote on jokaisella toiminnanohjausjärjestelmän työrivillä identtinen. Tuote 2:n kohdalla kyseistä poikkeavuutta tuotantomenetelmien määrittelyssä kyseisellä aikajaksolla ei havaittu.

6.1.2 Toiminnanohjausjärjestelmän analysointi

Toiminnanohjausjärjestelmän tutkimuksen tavoitteena on selvittää pidemmällä aikavälillä tutkimukseen valitusta vaihdesarjasta tehtyjä variaatioita sekä tuotteen jakautumista eri tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmien välillä. Tutkimukseen otettiin kyseisen vaihdesarjan kaikki kokoluokat, kaikkiaan kahdeksan eri kokoa. Tutkimuksen aikaväliksi määriteltiin 2008 – 2014. Kyseisen aikavälin määrittelyyn vaikutti tilaus-toimitusprosessien tuotantomenetelmät sekä kirjauskäytäntö. Ennen vuotta 2008 tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmien määrittely oli erilainen, joten tätä ennen kirjatut työt eivät olleet vertailukelpoisia. Samoin vuodesta 2014 eteenpäin kirjauskäytäntö muuttui, joten näiden tutkiminen olisi ollut haasteellista ja tutkimuksen tulokset eivät olisi olleet yhtä luotettavia.

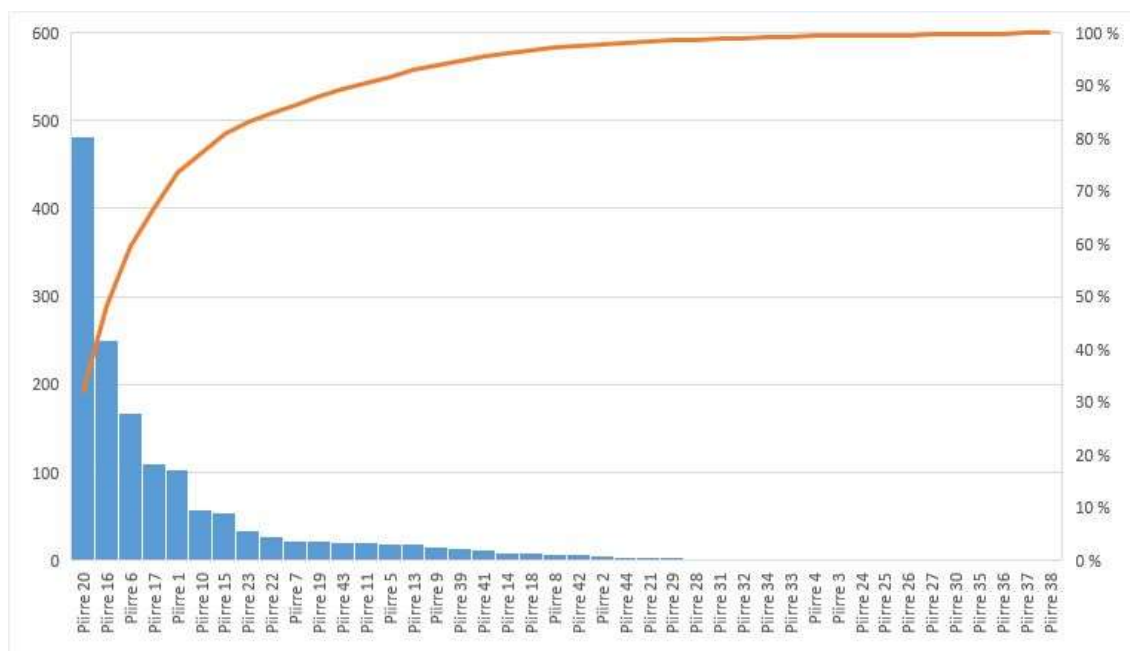
Tutkittava aineisto analysoitiin PARETO-analyysin avulla.

Ensimmäisenä tutkittiin kaikki vuosien 2008-2014 välillä kirjatut työrivit, joihin oli kirjattu jokin erikoispiirre. Tarkastelu tehtiin työrivikohtaisesti, jolloin yhdellä työrivillä saattaa olla useampia samankaltaisia tuotteita. Lähtötiedot on normeerattu ja tiedoista on poistettu selkeästi poikkeavat arvot, jotta aineistosta saadaan vertailukelpoinen. Kuviossa 2 esitetty Pareto-kuvaaja kaikista erikoispiirteistä kyseisen vaihdesarjan tuotteilla määritellyllä aikajaksolla.



Kuvio 2. Pareto-kuvaaja, jossa tarkasteltu kaikkien vuosien 2008-2014 välillä kirjattujen erikoispiirteiden jakautumista.

Kuviosta 2 havaitaan että suurimmat erikoispiirteiden määrät ovat piirteille 12 sekä 40. Kyseiset piirteet 12 sekä 40 eivät kuitenkaan ole varsinaisia erikoispiirteitä vaan ne ovat pintakäsittelyyn liittyviä piirteitä, jotka on määritelty erikoispiirteiksi ainoastaan toiminnanohjausjärjestelmän käyttämisen helpottamiseksi. Kyseisillä piirteillä ei täten ole todellisuudessa vaikutusta tuotteen tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmän määrittelyyn. Kuviossa 3 on esitetty Pareto-kuvaaja todellisten erikoispiirteiden osalta ilman piirteitä 12 sekä 40, jotka ovat pintakäsittelyyn liittyvät erikoispiirteet.



Kuvio 3. Pareto-kuvaaja, jossa tarkasteltu kaikkia vuosien 2008-2014 välillä kirjattuja todellisia erikoispiirteitä.

Kuviosta 3 havaitaan että seitsemän piirrettä (noin 17%) muodostaa 80% kaikista erikoisista piirteistä ja niistä piirteet 20 sekä 16 muodostavat noin 50% kaikista erikoispiirteistä. Pareto-analyysin pohjalta päätettiin valita tarkemman analyysin kohteiksi piirre 20 sekä piirre 16. Nämä piirteet edustavat puolta (50%) kaikista erikoisista piirteistä. Piirre 20 sekä piirre 16 sopii tarkempaan tutkimukseen erinomaisesti, koska kyseiset piirteet ovat toisistaan poikkeavia ja vaikuttavat tuotteen rakenteeseen merkittävästi.

Seuraavaksi tutkittiin toiminnanohjausjärjestelmästä piirteiden 20 sekä 16 jakautumista eri tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmien välillä. Tutkimus tehtiin kyseisen vaihdesarjan kaikkien kokoluokkien osalta. Tutkimuksen seuraavan vaiheen helpottamiseksi siirryttiin tutkimaan työriivien sijaan tuotteiden vaihteiden lukumääriä,

jotta voidaan paremmin tutkia jokaisen työn piirteiden yksityiskohtia. Piirteen 20 jakautuminen tuotantomenetelmien mukaan on esitetty liitteessä 2 (luottamuksellinen) ja piirteen 16 jakautuminen on esitetty liitteessä 3 (luottamuksellinen).

6.2 Tuotteiden erilaiset piirteet

Tutkimus aloitettiin selvittämällä yrityksen toiminnanohjausjärjestelmistä, millaisia erikoispiirteitä tuotteilla on ja millä perusteella tuotteet on jaettu tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmiin. Tutkimuksessa lähteenä käytettiin yrityksen toiminnanohjausjärjestelmää sekä piirteiden valmistuspiirustuksia.

Tutkimukseen valittiin nykytilan arvioinnin pohjalta tuotteet, joissa havaittiin erikoispiirteitä 20 sekä erikoispiirteitä 16. Molemmista erikoispiirteistä valittiin yksi vaihdekoko, joita nykytilan analysoinnissa havaittiin olevan eniten. Tutkimuksessa tuotteen tuotantojärjestelmän rakenne avattiin yksityiskohtaisesti erilaisten piirteiden ja tuotantomenetelmien osalta.

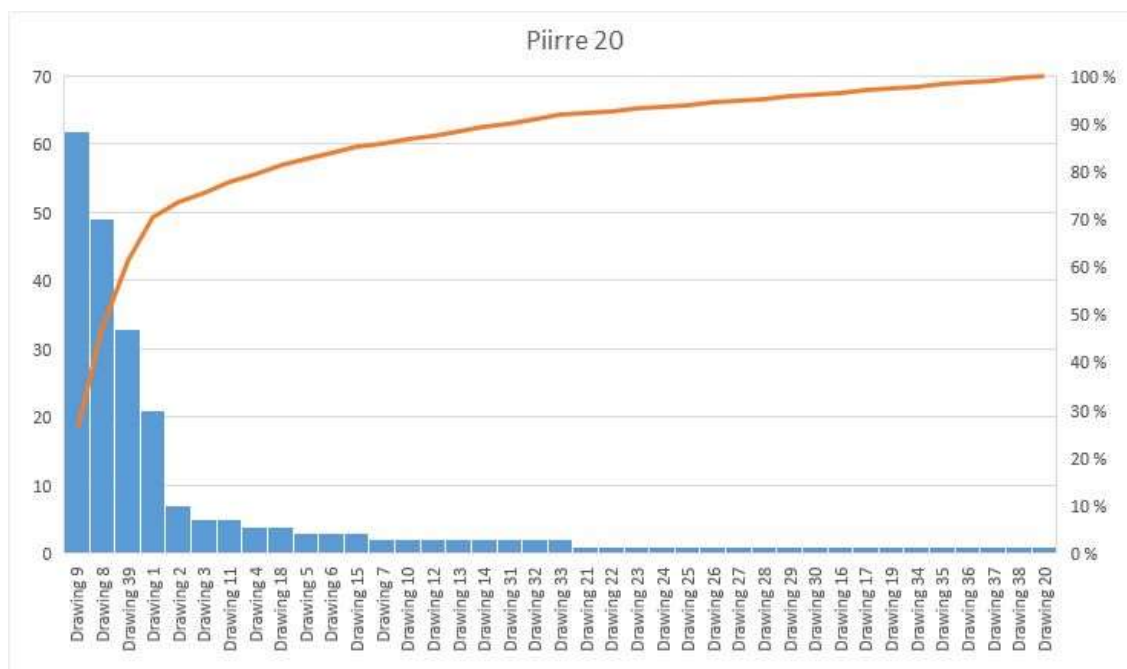
Tuotteiden määrittelemiseksi eri tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmiin on yrityksessä määritelty ohjeistus, joka löytyy yrityksen laatukäsikirjasta. Yrityksen tuotteiden tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmien määrittelyn ohje on esitetty liitteenä 4 (luottamuksellinen). Yrityksen tuotantomenetelmät noudattavat pääpiirteittäin luvussa 2 esitettyjä tuotantomenetelmiä, jotka on sovellettu yrityksen tarpeisiin.

6.2.1 Piirre 20:n tarkempi analysointi

Piirre 20 on teollisuusvaihteen niin sanottu ulkoinen piirre, joka toteutuu luvussa 4.1 esitetyn paikkamodulaarisuuden mukaisesti, tarkemmin komponenttien vaihtomodulaarisuuden mukaisesti. Teollisuusvaihteen ulkoisella piirteellä tarkoitetaan piirrettä, joka ei vaikuta vaihteen sisäiseen rakenteeseen, kuten esimerkiksi hammastukseen tai laakerointiin. Komponenttien vaihtomodulaarisuudella tarkoitetaan komponenttia, joka voidaan vaihtaa toiseen komponenttiin tiettyjen reunaehtojen puitteissa ilman että se vaikuttaa muihin kyseisen teollisuusvaihteen komponentteihin tai teollisuusvaihteen rakenteeseen.

Tutkimuksessa tutkittiin kaikki aikavälillä 01.01.2008 - 01.01.2015 tehdyt teollisuusvaihteet yhdestä vaihdekoosta, joissa on erikoispiirre 20. Tutkimuksessa

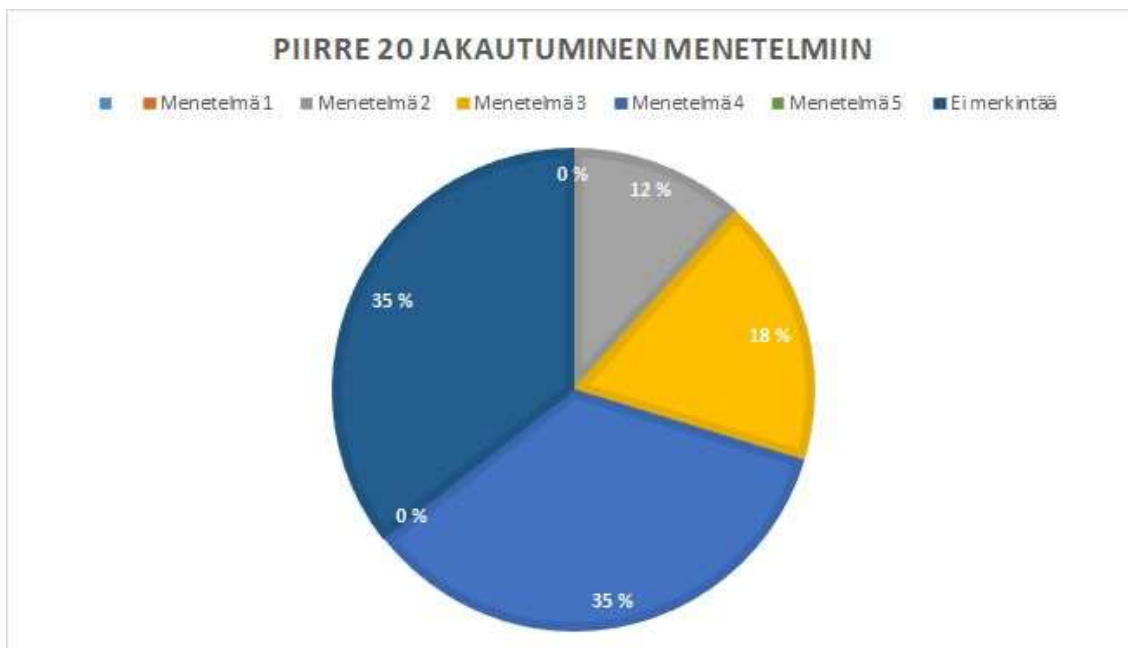
käytiin läpi kaikki valmistuskuvat valitun kokoluokan teollisuusvaihteiden osalta. Tällä pyrittiin selvittämään, miten erikoispiirre 20:n tuotteet eroavat toinen toisistaan ja millaisia erikoispiirteitä on. Kaikkiaan teollisuusvaihteita on kyseisellä aikajaksolla ja kyseiseen kokoluokkaan valmistettu 239 kappaletta. Erikoispiirteet jakautuvat 39:n toisistaan erilaiseen tuotteeseen ja valmistuspiirustukseen. Kuviosta 4 havaitaan tuotteiden jakautuminen määrän mukaan. Määrittelemättömiä tai epäselviä tuotteita ja valmistuskuvia havaittiin 5 kappaleessa valmistuspiirustuksia.



Kuvio 4. Piirre 20:n jakautuminen kyseisen kokoluokan osalta valitulla aikajaksolla.

Valmistuspiirustusten tutkimisessa havaittiin että piirre 20:n vakioista poikkeavat erikoisuudet vaihtelivat erittäin paljon. Joissakin tapauksissa kyseessä oli pieni muutos, esimerkiksi muutettu kierrereian koko tai lisätty kierrereikä. Joissakin tapauksessa taas vastaavasti koko rakenne oli täysin poikkeava, kuten esimerkiksi merkittävä toiminnallinen muutos.

Tutkimuksen seuraavassa vaiheessa selvitettiin, miten piirre 20:n teollisuusvaihteet kyseisessä kokoluokassa on jaettu erilaisiin tuotantomenetelmiin. Kuviossa 5 havaitaan tilaus-toimitusprosessin tuotantomenetelmien jakautuminen kyseisen teollisuusvaihteen koon osalta. Liitteessä 5 (luottamuksellinen) on esitetty tarkemmin tuotantomenetelmien jakautuminen.



Kuvio 5. Piirre 20 jakautuminen tuotantomenetelmiin kyseisen vaihdekoon osalta.

Kuviosta 5 havaitaan että 35% teollisuusvaihteista kyseisellä koolla on sellaisia, joissa ei ole lainkaan tuotantomenetelmää määritelty kirjausvaiheessa. Tutkimuksessa tarkasteltiin tarkemmin ”ei merkintää” olevia tuotteita ja havaittiin että kyseiset tuotteet ovat jakautuneet ainoastaan kahdelle tilaukselle ja myyntiriville. Lisäksi havaittiin että kyseiset tuotteet kuuluvat varsin erikoiseen ja asiakas räätälöityyn tuotteeseen.

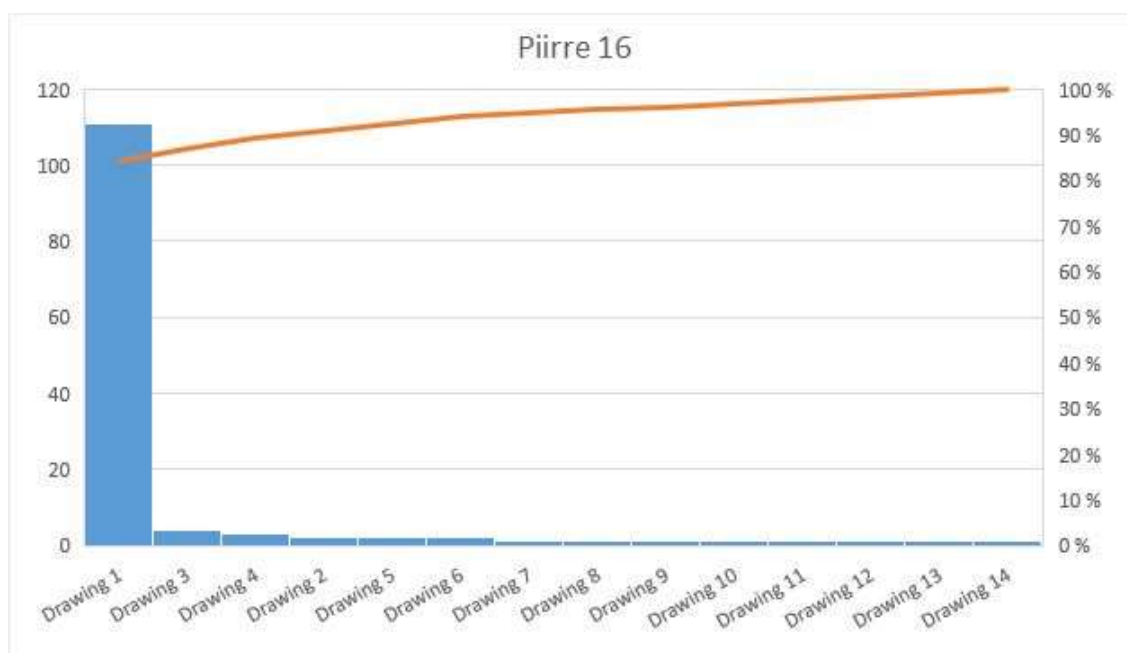
Tutkimuksessa havaittiin myös että tuotantomenetelmän määrittelyyn vaikuttaa merkittävästi myös muut teollisuusvaihteiden erikoispiirteet kuin pelkästään tarkasteltu piirre 20. Yrityksen tuotantorakenteessa tuotantomenetelmä määritellään vaihdekohtaisesti, ei piirre kohtaisesti. Tästä johtuen ainoastaan piirre 20:n vaikutusta alkuperäiseen tuotantomenetelmän määrittelyyn ei pystytä luotettavasti arvioimaan, koska tuotantomenetelmä on voitu määrittää myös muun erikoispiirteen vuoksi.

6.2.2 Piirre 16:n tarkempi analysointi

Piirre 16 on myös vaihteen niin sanottu ulkoinen piirre. Se toteutuu luvussa 4.1 esitetyn paikkamodulaarisuuden mukaisesti, tarkemmin ottaen komponenttien vaihtomodulaarisuuden mukaan. Vaihteen ulkoisella piirteellä tarkoitetaan tässä tapauksessa piirrettä, joka ei vaikuta vaihteen sisäiseen rakenteeseen. Komponenttien vaihtomodulaarisuudella tarkoitetaan ominaisuutta, jossa yksi komponentti voidaan

vaihtaa toiseen komponenttiin tiettyjen reunaehtojen puitteissa ilman että se vaikuttaa muihin kyseisen vaihteen komponentteihin tai vaihteen rakenteeseen.

Tutkimuksessa tutkittiin kaikki aikavälillä 01.01.2008 - 01.01.2015 tehdyt teollisuusvaihteet yhdestä kokoluokasta, joissa on piirre 16. Tutkimuksessa tutkittiin kaikki piirteen 16 valmistuskuvat valitun koon vaihteiden osalta. Tutkimuksella selvitettiin, miten piirre 16:n tuotteet eroavat toinen toisistaan ja millaisia piirteet ovat. Kaiken kaikkiaan teollisuusvaihteita on valitulla ajanjaksolla ja kyseiseen kokoon valmistettu 132 kappaletta. Piirteet 16 jakautuvat 14:sta toisistaan erilaiseen tuotteeseen ja valmistuspiirustukseen. Kuviossa 6 on esitetty tuotteiden jakautuminen määrän mukaan. Määrittelemättömiä tai epäselviä tuotteita ja piirustuksia havaittiin 1 kappaleessa.

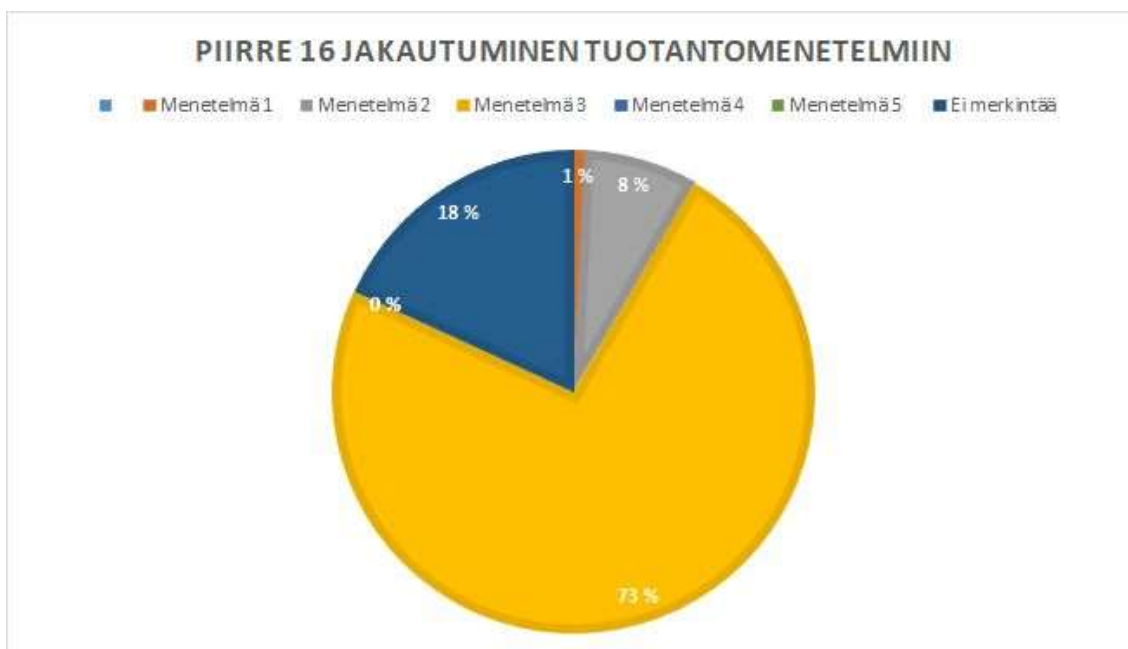


Kuvio 6. Piirre 16 jakautuminen kyseisen kokoluokan tuotteissa valitulla ajanjaksolla.

Valmistuspiirustusten tutkimisesta havaittiin samanlainen ilmiö kuin piirre 20 valmistuskuvissa. Osassa poikkeavuudet vakiopiirustukseen olivat erittäin pieniä, kuten esimerkiksi toleranssin muutos tai kierrereian koko. Osassa taas poikkeavuudet on merkittävämpiä, kuten esimerkiksi kokonaan erilainen rakenne.

Seuraavana tutkittiin piirteen 16 jakautuminen erilaisiin tuotantomenetelmiin kyseisellä ajanjaksolla kyseisen vaihdekoon osalta. Kuviossa 7 on esitetty tuotantomenetelmien

jakautuminen kyseisen vaihdekoon osalta. Liitteessä 6 (luottamuksellinen) on esitetty tarkemmin tuotantomenetelmien jakautuminen.



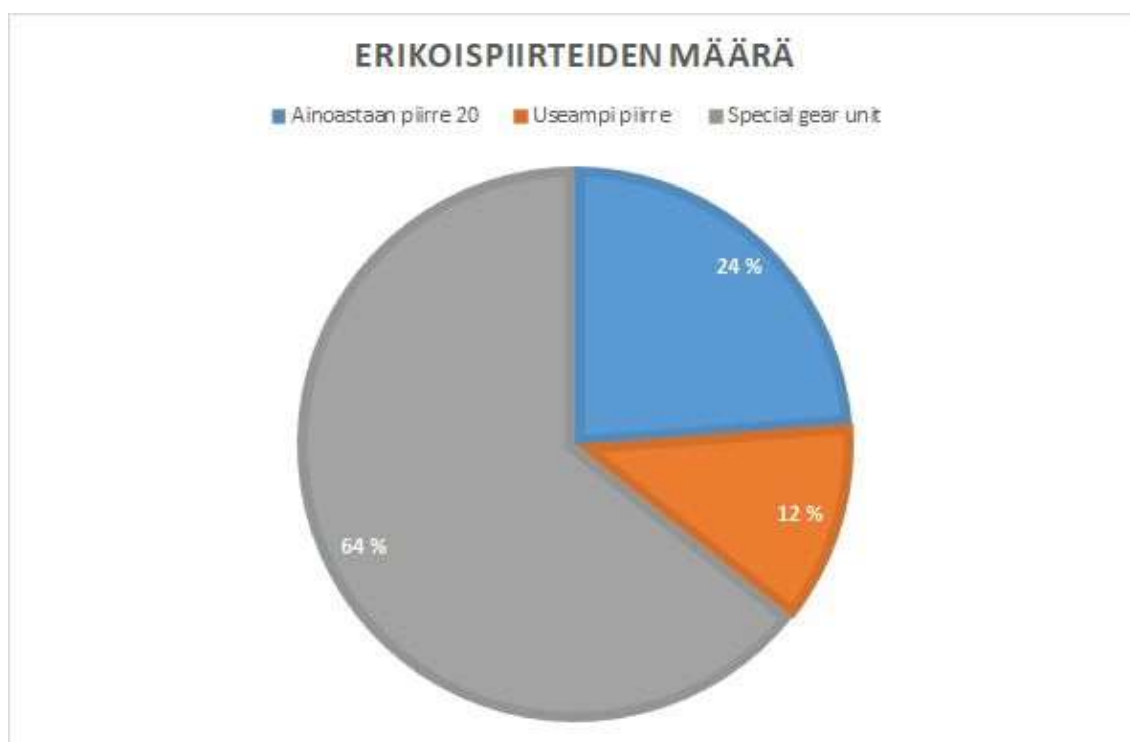
Kuvio 7. Piirre 16 jakautuminen tuotantomenetelmiin.

Tutkittaessa tarkemmin tuotantomenetelmien jakautumista, havaittiin että ”ei merkintää” olevat työt, jotka edustavat 18% kaikesta, koostuvat kahdesta tilauksesta ja myyntirivistä. Kun tutkittiin tarkemmin piirteen 16 rakennetta ja koko kyseisen teollisuusvaihteen rakennetta, havaittiin että kyseiset vaihteet ovat erikoisia ja ne on vahvasti räätälöity asiakastarpeiden mukaisesti.

6.3 Teollisuusvaihteiden rakenteen analysointi

Tutkimuksen seuraavassa vaiheessa tutkittiin teollisuusvaihteiden erikoispiirteiden mahdollista ryhmittelyä sekä yrityksessä käytössä olevien tuotantomenetelmien sopivuutta tämän hetkiseen tilanteeseen. Tutkimuksessa lähteenä käytettiin yrityksen toiminnanohjausjärjestelmää, piirteiden valmistuspiirustuksia sekä teemahaastatteluja eri sidosryhmien osalta. Teemahaastatteluissa haastateltiin kolmea myyntipäällikköä sekä kahta suunnittelijaa. Haastattelut toteutettiin useammassa osassa ja eri ajankohtana. Ennen haastattelujen toteutusta haastateltaville oli kerrottu haastattelujen aiheet sekä haastatteluissa käsiteltävät asiat kulloisellakin kerralla. Teemahaastattelut toteutettiin etähaastatteluina vallitsevasta pandemia tilanteesta johtuen.

Tuloksista, jotka on esitetty luvussa 6.2.1 havaittiin että tuotantomenetelmän määrittelyyn saattaa vaikuttaa useampi piirre. Luvussa 6.2.1. tutkittiin piirrettä 20, jolloin havaittiin että töillä oli myös muita piirteitä, joilla saattoi olla vaikutusta vaihteen tuotantomenetelmän määrittelyyn. Tutkimuksessa analysoitiin toiminnanohjausjärjestelmästä kaikki tutkitun kokoluokan teollisuusvaihteet ajanjaksolla 01.01.2008 - 01.01.2015, joilla on piirre 20. Tutkimuksessa selvitettiin, kuinka suuri osuus teollisuusvaihteista koostuu ainoastaan piirre 20 erikoispiirteestä. Lisäksi tutkittiin yleisesti kyseisten teollisuusvaihteiden rakennetta ja asiakaskohtaista räätälöintiä. Kuviossa 8 on esitetty teollisuusvaihteiden määrien jakautuminen piirre 20:een, useampaan piirteeseen sekä yhteen yksittäiseen erikoisvaihteeseen. Kyseinen erikoisvaihte on otettu kuviossa erilliseksi, koska kyseessä on toimitusmäärällisesti suuri tuoteryhmä. Tämä erikoisvaihte on yrityksessä tuotettu omaksi asiakasräätälöidyksi tuotteeksi tarkasteluajankohdan jälkeen.



Kuvio 8. Teollisuusvaihteiden jakautuminen eri piirteisiin.

Kuviosta 8 havaitaan että 24%:lla kyseisen kokoluokan vaihteista tarkastellulla ajanjaksolla tuotantomenetelmä määräytyy ainoastaan piirre 20:n mukaan. Tarkastelluista vaihteista 12%:lla oli rakenteella myös muita erikoispiirteitä kuin vain piirre 20. 64% koostui tietystä asiakasräätälöidystä vaihderatkaisusta, joka on

kokonaisuudessaan jo tuotteistettu tutkimuksen otanta ajankohdan jälkeen. Tutkittaessa tarkemmin teollisuusvaihteita, joissa on useampi piirre ja joka edustaa 12%:a otannasta, havaitaan applikaatioissa yhtenevää yhtenevyyttä. Tutkimuksessa havaittiin applikaatiokohtaisesti asiakasräättälöityjä tuotteita, joilla on useampia asiakkaita mutta joiden perusrakenne noudattaa samankaltaista muotoa. Tuotteet poikkeavat toinen toisistaan hieman asiakkaasta riippuen mutta perusratkaisut ovat suhteellisen samankaltaisia.

Tutkimuksen pohjalta erikoispiirteiset teollisuusvaihteet voidaan ryhmitellä kahteen ryhmään; *yhden piirteen muutos* ja *useamman piirteen muutos*. Lisäksi voidaan ottaa yhdeksi omaksi ryhmäksi nykytilan analysoinnissa luvussa 6.1. esiin nousseen ”samanlainen kuin” / ”varavaihe”. Tästä ryhmästä käytetään tässä tutkimuksessa nimitystä *toistuvat tuotteet*.

6.3.1 Yhden piirteen muutos

Yhden piirteen muuttumisella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa teollisuusvaihte ratkaisua, jossa modulaariseen vakiovaihteeseen jokin yksittäinen piirre muuttuu asiakastarpeen mukaiseksi erikoispiirteeksi. Muutokset voidaan määritellä ulkoisiin ja sisäisiin muutoksiin. Ulkoisia muutoksia ovat esimerkiksi ensiöakselin tapin muutos, toisioakselin tapin muutos sekä moottorilaipan muutokset. Sisäisiä muutoksia ovat esimerkiksi vaihteen välityksen muutos sekä laakeroinnin muutos. Ulkoiset muutokset ovat varsin usein luvussa 4.1. esitettyjä komponenttien vaihtomodulaarisuuksia. Tällöin esimerkiksi ensiöakselin tapin halkaisijan muutos ei vaikuta vaihteen muihin komponentteihin, vaan ainoastaan yksittäinen komponentti voidaan vaihtaa. Vaihteen sisäiset muutokset eivät useinkaan noudata samaa komponenttien vaihtomodulaarisuutta. Esimerkiksi laakeroinnin muutos vaikuttaa varsin usein akselin, kotelon tai kannen rakenteisiin.

Tuloksista, jotka on esitetty 6.2.1 havaitaan että vaihteen tuotantomenetelmien määrittelyssä on samankaltaisia tuotteita, joissa on sama erikoispiirre, mutta ne on määritetty eri tuotantomenetelmiin. Tämä siitäkin huolimatta että yrityksellä on ohjeistus tuotantomenetelmien määrittelyyn (liite 4). Kun tutkittiin vaihteiden rakennetta toiminnanohjausjärjestelmästä, havaittiin että myyntitilauksen kirjauksessa käytetään useita erilaisia merkintöjä samanlaisesta erikoispiirteestä. Tämä on mahdollista koska erikoispiirteiden kirjauksessa käytetään vapaata tekstikenttää, johon erikoismerkinnät

kirjataan manuaalisesti ilman valmiita vakiotietoja. Ainoastaan tuotannonohjausjärjestelmän päärivit on määritelty. Esimerkkinä tällaisesta voidaan mainita pääriivi ”*special LSS*”, jonka alle voidaan vapaasti kirjata tekstietuna asiakkaan tarvitsemat erikoisuudet ilman rajoitteita. Jokainen yksittäinen henkilö voi kirjata erikoispiirteen tarkemmat tiedot järjestelmään omalla haluamallaan tavalla. Tutkimuksessa havaittiin että esimerkin päärivin ”*special LSS*” alta löytyy erikoispiirteelle ”2 kiilauraa 180° kulmassa” merkinnät:

- ”with two keyways arranged about 180 dec”
- “with 2 keyways 180°”
- “solid shaft with two keys, 180° displaced, closed keyway acc. to DIN 6885/1”

Suunnittelun teemahaastattelussa tutkittiin, miten edellä mainitut merkintöjen ristiriitaisuudet vaikuttavat suunnittelun työhön. Kaikki haastateltavat totesivat että on ongelmallista kun merkinnät eivät ole yhteneväisiä vaan ne ovat vapaata tekstiä. Haastateltava 2 toteaaakin että ”*Kuvien löytäminen on vaikeaa, usein helpompi piirtää uusi*” ”*Löytäminen vaikeaa koska nimeäminen ei ole ollut järjestelmällistä. Jokainen nimennyt kuten haluaa...*”. Tutkimuksessa nousi esiin myös erikoispiirteiden rakenne. Varsin usein kyseessä on jokin erittäin pieni muutos alkuperäiseen vakiopiirteeseen. Tämä samainen ilmiö havaittiin kun tutkittiin piirre 20 ja piirre 16 erikoispiirteitä.

Suunnittelun teemahaastattelussa tutkittiin myös suunnittelun näkökulmasta, miten erikoispiirteet piirre 20 sekä piirre 16 pitäisi suunnittelun näkökulmasta toteuttaa. Kaikkia haastateltavat totesivat että toteutuksessa voitaisiin hyödyntää parametrirajoitteita, jolloin piirteille on määritelty suunnittelun toimesta ennakkoon tietyt reunaehdot, jonka puitteissa myynti pystyy toimimaan. Haastateltava 1 toteaa että ”*Olisi hyvä luoda raami, missä määritetty max. ja min. mitat niin että menisi ilman suurempia kommervenkkeja läpi. Todella erikoiset luonnollisesti erikoisia, ja ne kuuluu katsoa case by case.*”. Haastateltavien mukaan mahdollisten parametrirajoitteiden toteutus onnistuu esimerkiksi valintaohjelmaan rakennettavalla valikolla, jolla voidaan valita erikoispiirteen yksityiskohtaiset tiedot. Haastateltavat nostivat esiin myös valmiiden tekstipohjien luomisen valintaohjelmaan, joka on helpommin toteutettavissa kuin rakennevalikoiden tekeminen. Rakennevalikot vaativat jatkuvaa päivittämistä.

Myynnin teemahaastattelussa tutkittiin mahdollisten parametrirajoitteiden toimivuutta myynnin näkökulmasta. Kaikki haastateltavat pitivät erikoispiirteiden ennakkoon määriteltyjä parametrirajoitteita hyvänä asiana. Haastateltavat nostivat esiin

erikoispiirteiden hinnoittelun. Tiettyjen erikoispiirteiden hinnoittelussa on jo tälläkin hetkellä käytössä hinnastot, jotka löytyvät muun muassa yrityksen hinnoittelutyökaluista. Kyseiset hinnoittelut ovat kuitenkin rajalliset ja tiettyjen erikoispiirteiden, kuten esimerkiksi piirre 16:n hinnoissa on havaittu erittäin suurta eroavaisuutta tarjotun hinnan ja toteutuneiden kustannusten osalta.

Kohdeyrityksessä on menossa siirtymävaihe kyseisen teollisuusvaihdesarjan osalta, jossa kyseinen vaihdesarja siirretään globaaliin myyntikonfiguraattoriin. Tuotannonohjausjärjestelmässä ei tapahdu muutosta. Tutkimuksen teemahaastatteluissa tutkittiin myös kyseisen myyntikonfiguraattorin muutoksen vaikutusta tuotteen erikoispiirteiden määrittelyyn. Kyseisellä myyntikonfiguraattorin muutoksella ei tämän hetkisen tiedon mukaan ole vaikutusta erikoispiirteiden määrittelyyn. Haastattelututkimuksessa esiin noussut mahdollinen parametrisarjojen määrittely pystytään rakentamaan myös uuteen konfiguraattoriin. Luvussa 4.3 on esitetty myynti- ja tuotantokonfigurointi.

Teemahaastattelujen yhteydessä muodostettiin yhden kokoluokan teollisuusvaihteen erikoispiirteelle 20 parametrirajoitteet. Tarkoituksena oli tutkia käytännössä parametrirajoitteiden määrittelyn onnistumista ja mahdollisia toteutuksen haasteita. Kyseiset parametrirajoitteet on esitetty liitteessä 7 (luottamuksellinen). Kyseiset parametrisarjat toteutuvat komponenttien vaihtomodulaarisuutena, jolloin ne eivät vaikuta teollisuusvaihteen muihin komponentteihin tai rakenteeseen. Tutkimuksessa havaittiin kyseisen piirteen parametrisarjojen luomisen haasteet melko vähäisiksi, koska kyseinen piirre noudattaa komponenttien vaihtomodulaarisuutta. Liitteen 7 parametrirajoitteista havaitaan myös vakiopiirteisen tuotteen netto koneistusaika, joka selvitettiin kohdeyrityksen tuotanto-osastolta.

6.3.2 Useamman piirteen muuttuminen

Useamman piirteen muuttumisella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa teollisuusvaihteen ratkaisua, jossa modulaariseen vakiovaihteeseen muutetaan useampaa kuin yhtä piirrettä asiakastarpeen mukaan. Aivan kuten yhden piirteen muuttumisessa, myös useamman piirteen muutokset voidaan määritellä ulkoisiin ja sisäisiin muutoksiin.

Tuloksissa, jotka on esitetty luvussa 6.3 havaittiin noin 12%:a tutkitusta aineistosta olevan tapauksia, joissa on useampi erikoinen piirre. Tarkemmassa tuoterakenteen

analysoinnissa havaittiin että pääpiirteittäin applikaatiokohtainen rakenne noudattaa samaa perusrakennetta vaikka eri asiakkailla saattaa olla toisistaan poikkeavia spesifikaatioita.

Myynnin teemahaastattelussa tutkittiin mahdollisia asiakaskohtaisia tuotteita, joiden siirtoa tuotantomenetelmään *tilauksesta kokoonpano* ATO (Assemble-to-order) kannattaisi tutkia. Luvussa 2 on esitetty tarkemmin tuotantomenetelmät. Kenelläkään haastateltavalla ei ollut tiedossa tuotteita, joiden siirtoa puhtaaksi *tilauksesta kokoonpano* ATO tuotteeksi kannattaisi tutkia. Kaikkien haastateltavien mukaan asiakaskohtaiset vuotuiset tuotemäärät ovat niin pieniä että puhdasta *tilauksesta kokoonpano* ATO:a on vaikea toteuttaa. Haastateltava 2 nostaa esiin muutaman tuotteen, jotka on mahdollista siirtää *tilauksesta kokoonpano* ATO tuotteeksi jos tuotteiden volyymi kasvaisi selkeästi. Kyseiset tuotteet ovat tällä hetkellä melko projektikohtaisia tuotteita eikä niille ole tasaista jatkuvaa kysyntää. Haastateltava 2 toteaa että ”*Sen sijaan tuotteille voitaisiin harkita konseptisuunnittelua eri kokoluokkiin, jolloin tuotteet voitaisiin siirtää MTO tuotteiksi.*” Haastateltava 2:n mukaan mahdollisella konseptisuunnittelulla saataisiin suunnittelun aikaa tilaus-toimitusvaiheessa lyhennettyä merkittävästi, kun teollisuusvaihteet on etukäteen suunniteltu ja laskettu.

Luvussa 6.3 esitetyssä kuviossa 8 havaitaan että 64%:a tuotteista on applikaatiokohtaisia ”special gear unit” jotka on tuotteistettu tutkimuksen otannassa käytetyn ajankohdan jälkeen. Kyseiset tuotteet toteutuvat tuotantomenetelmän mukaisesti, joka on yrityksessä lähinnä *tilauksesta valmistus* MTO prosessia. Tutkimuksessa tuotteilla havaitaan asiakaskohtaisia erikoispiirteitä, jotka noudattavat komponenttien vaihtomodulaarisuutta. Kyseisen applikaation perusratkaisut noudattavat kuitenkin asiakkaasta riippumatta samaa rakennetta.

6.3.3 Toistuvat tuotteet

Toistuvilla tuotteilla tarkoitetaan tässä tapauksessa teollisuusvaihte ratkaisuja, jotka on jo tehty. Tällöin asiakas tilaa tuotteen, jonka merkintä on ”samanlainen kuin” tai ”varavaihte”. Toistuvat tuotteet ovat valmiiksi suunniteltu ja teknisesti selvitetty. Luvussa 2 esitetty asiakastilauksen kytkentäpiste CODP on hankinnan ja valmistuksen välissä, jolloin niiden tuotantomenetelmä on tieteellisen kirjallisuuden mukaisesti MTO (Make-to-Order). Luvussa 6.1.1 esitetyssä tutkimuksessa havaittiin että kohdeyrityksessä kyseiset tuotteet määritellään tuotantomenetelmään 1 tai tuotantomenetelmään 2.

Haastattelututkimuksella pyrittiin selvittämään, mikä on yrityksen käytäntö toistuvien tuotteiden tuotantomenetelmien määrittelyyn ja mikä määrittelykäytäntö pitäisi olla tulevaisuudessa. Myynnin teemahaastattelututkimuksessa havaittiin tuotantomenetelmän määrittelyssä ristiriitaisuutta. Haastateltava 1 toteaa että tuote pitää määritellä alkuperäisen tuotantomenetelmän mukaan. Perusteluina hän mainitsee *"Koska on hyvä tarkastaa että alkuperäisessä tuotteessa ei ole ollut virhettä"*. Haastateltava 1 kuitenkin lisää että joissakin tapauksissa korkeammista tuotantomenetelmistä voidaan määritellä uudelleen alempaan tuotantomenetelmään. Haastateltavat 2 ja 3 toteavat että tuotteet kuuluu määritellä tuotantomenetelmä 1 mukaisesti. Perusteluina molemmat toteavat samansuuntaisesti, *"Tuote on jo suunniteltu, joten ei vaadi uudelleen suunnittelua. Mahdolliset alkuperäisessä olleet virheet pitää korjata alkuperäisen tuotteen tietoihin"*. Haastateltava 3 toteaa että *"jos on valmistettu todella erikoinen vaihde, johon on määritelty alkujaan suunnittelu-aikaa yli 40 tuntia, ei ole millään perusteltua määritellä samaa suunnittelu-aikaa kyseisen tuotteen varavaihteelle"*.

Suunnittelun teemahaastattelussa tuotantomenetelmiä tutkittiin suunnittelun näkökulmasta ja keskusteluissa käytiin yksityiskohtaisemmin läpi yrityksen suunnittelu- ja tuotannonohjausjärjestelmiä. Haastattelussa kysyttiin, miten toistuvat tuotteet pitäisi suunnittelun näkökulmasta määritellä. Molemmat haastateltavat 1 ja 2 toteavat että toistuvat tuotteet pitäisi mennä järjestelmästä automaattisesti suoraan ilman että työt kiertää suunnittelun kautta. Haastateltava 2 tunnisti kuitenkin mahdollisen ongelman vanhimpien tuotteiden kohdalla; *"toistuville tuotteille "spare unit" ja "same as" suunnittelun tarkastus suotavaa. Johtuen siitä että kuvat päivittyneet ja piirteet ei välttämättä ole automaattisesti päivittyneet"*. Haastateltava 1 toteaa että *"Tulevaisuudessa työmäärä kasvaa kokoajan kun "same as" ja "spare unit" määrät lisääntyy vaihdemäärien mukana"*. Molemmat haastateltavat toteavat että *"vanhat piirteet pitäisi saada päivittymään automaattisesti"*.

Kohdeyrityksen tuotantomenetelmiä tutkittaessa ja verrattaessa niitä tieteelliseen aineistoon, havaittiin että ne noudattavat samansuuntaista linjaa. Tieteelliset tuotantomenetelmät on esitetty luvussa 2. Porter ym. 1999. 192 määrittelemät tuotantomenetelmät sopivat kohdeyrityksen toimialalle sekä tuotteille. Kuten yleisesti on tapana, yrityksen tuotantomenetelmät on muokattu yleisestä tieteellisestä aineistosta omaan yritykseen sopivaksi. Kuten tutkimuksessa havaitaan, toistuvien tuotteiden kohdalla yrityksen käytännöt määritellä tuotantomenetelmät yhdenmukaisesti ei toteudu.

Kohdeyrityksessä ei ole käytössä *tilauksesta valmistus* MTO (make-to-order) tuotantomenetelmää, vaan tätä lähinnä vastaava tuotantomenetelmä on *tilauksesta suunnittelu* ETO1 (engineer-to-order). Teemahaastattelussa havaitaan että kyseinen ETO1 määritelmä aiheuttaa sekaannusta.

6.4 Sisäinen vertailututkimus tuotteiden välillä

Kohdeyrityksen samaan konserniin kuuluvassa ulkomaisessa yrityksessä valmistetaan samaan kokoluokkaan kuuluvia teollisuusvaihteita. Konsernin ulkomainen yritys on lanseerannut kyseiselle teollisuusvaihdesarjalle palvelun, jolla tuotantomenetelmän *tilauksesta kokoonpano* ATO (assemble-to-order) tuotteet pystytään toimittamaan asiakkaalle 5 arkipäivässä tilauksesta ja *tilauksesta suunnittelu* ETO (engineer-to-order) tuotteet 15 arkipäivään tilauksesta. Kyseisen yrityksen *tilauksesta suunnittelu* ETO tuotteiden piirteet on rajattu tietyin reunaehdoin, joten kaikkea asiakkaan haluamia erikoispiirteitä tämä ei koske.

Tutkimuksessa analysoitiin kohdeyrityksen teollisuusvaihdesarjaa ulkomaisen yrityksen valmistamaan vastaavan vaihdesarjaan ja pyrittiin löytämään ne piirteet, joiden puitteissa kohdeyritys pystyy vastaamaan kilpailuun. Tutkimuksessa kerättiin aineistoa kohdeyrityksen tietokannoista, konsernin ulkomaisen yhtiön tietomateriaaleista sekä teemahaastatteluilla. Kaikilta osin piirteitä ei pystytty suoraan vertaamaan, koska tuotteissa on tiettyjä eroavaisuuksia. Kohdeyrityksessä ei myöskään ole käytössä vastaavia *tilauksesta kokoonpano* ATO ja *tilauksesta suunnittelu* ETO palveluita, joten tutkimuksessa sovellettiin vastaavaa tuotantomenetelmää. Tutkimuksessa tutkittiin ainoastaan tuotteen tuotantomenetelmiä sekä tuotteen rakenteen ominaisuuksia. Tutkimuksessa ei otettu huomioon tuotannon tämänhetkisiä prosesseja eikä tutkittu syvällisemmin varastoitavien tuotteiden määrää.

Ulkomaisen yrityksen *tilauksesta kokoonpano* ATO ja *tilauksesta suunnittelu* ETO palvelut on esitetty liitteessä 8 (luottamuksellinen). Liitteen 8 materiaalista havaitaan että ulkomaisen yrityksen *tilauksesta suunnittelu* ETO prosessin merkittävimmät erikoispiirteet liittyvät samoihin piirteisiin kuin aiemmin tutkimuksen luvussa 6.1.2 havaitut kohdeyrityksen piirteet 20 sekä 16. Liitteen 9 (luottamuksellinen) taulukossa tutkitaan ulkomaisen yrityksen *tilauksesta kokoonpano* ATO ja *tilauksesta suunnittelu* ETO palvelun piirteitä ja niiden reunaehtoja kohdeyrityksen vastaaviin. Tutkimuksessa havaitaan että *tilauksesta kokoonpano* ATO tuotteiden osalta kaikki ulkomaisen

yrittäjän *tilauksesta kokoonpano* ATO palvelussa olevat piirteet täyttyvät myös kohdeyrityksen vastaavassa tuotantomenetelmässä. Tutkitut piirteet ovat molempien yritysten osalta samankaltaisia ja suoraan vertailukelpoisia. Myös molempien yritysten tuotteiden reunaehdot täyttyvät samalla lailla. Tutkimuksessa havaitaan myös että kohdeyrityksen tuotteella on lisäksi muita piirteitä, jotka voidaan halutessa lisätä kyseiseen palveluun. *Tilauksesta suunnittelu* ETO palvelun osalta kohdeyrityksen piirteet vastaavat yhtä ulkoista piirrettä lukuun ottamatta ulkomaisen yrityksen piirteitä. Havaittu piirre, joka ei vastaa ulkomaisen yrityksen tuotteen piirrettä on teollisuusvaihteen erikoismoduuli, joka on erikoistoimintoon liittyvä piirre. Kyseinen toiminto ei ole käytössä läheskään aina tuotteissa. Myös *tilauksesta suunnittelu* ETO palvelun osalta havaittiin lisäpiirteitä, joita pystytään lisäämään halutessa palveluun.

7 POHDINTA JA TULOSTEN ARVIOINTI

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää yrityksen tilaus-toimitusprosessia vastaamaan markkinoiden muuttuvia haasteita. Tavoitteena oli lisäksi analysoida yrityksen sisäisten tilaus-toimitusprosessien yhdenmukaisuus eri osastojen kannalta. Tutkimuksen teoreettinen viitekehys käsittelee tilaus-toimitusprosesseja, tuoterakennetta sekä tuotteen modulaarisuutta suunnittelun ja valmistuksen näkökannalta.

Kohdeyrityksen tilaus-toimitusprosessien määrittelyn lähtökohtana on ollut suunnittelu, joka voidaan havaita liitteestä 4. Yrityksen tilaus-toimitusprosessit on sovellettu kyseiseen yritykseen sopivaksi luvussa 2 esitetyistä tilaus-toimitusprosesseista. Kuten luvussa 2 todettiin, jokainen yritys soveltaa mainittuja tilaus-toimitusprosesseja omaan yritykseen ja toimialaan sopivaksi.

7.1 Tutkimuksen analysointien tulokset

Kohdeyrityksen tilaus-toimitusprosessien määrittelyssä merkittävin poikkeavuus luvussa 2 esitettyihin tilaus-toimitusprosesseihin on *tilauksesta valmistus* MTO (make-to-order) prosessin puuttuminen yrityksen prosesseista. Tutkimuksen analysoinnissa havaittiin että merkittävä osa tuotteista on *tilauksesta valmistus* MTO tuotteita. Tällöin tuotteet on valmiiksi suunniteltu ja kyseiset tuotteet valmistetaan asiakkaan tilauksen tullessa. Näitä tuotteita on tutkimuksessa esiin nousseet tilaukset ”samanlainen kuin” tai ”varavaihe”.

Tutkimuksen analysoinnin perusteella tutkittujen tuotteiden siirtäminen luvussa 2 esitettyyn *tilauksesta kokoonpano* ATO (assemble-to-order) tilaus-toimitusprosessiin ei ole perusteltua. Tutkimuksen analysoinnissa havaittiin että esimerkiksi erikoispiirteiden 20 omaavat tuotteet, yhteensä 239 kappaletta jakautuvan 39 erilaiseen valmistuspiirustukseen. Näiden 39 kappaleen varastointi *tilauksesta kokoonpano* ATO tilaus-toimitusprosessia varten nostaa varaston arvoa merkittävästi. Huomioitavaa on että kyseessä on ainoastaan yksi erikoispiirre. Kaikkiaan toiminnanohjausjärjestelmän analysoinnissa havaittiin 42 todellista erikoispiirre-statuksella olevaa piirrettä, joten kokonaisuudessaan erikoispiirteiden ja variaatioiden määrä nousee todella korkeaksi.

Tutkimustulosten analysoinnissa esiinnousseet erikoispiirteet 20 ja 16 noudattavat pääsääntöisesti luvussa 4 esitettyjä modulaarisen tuotteen *komponenttien*

vaihtomodulaarisuutta. Kyseisille erikoispiirteille on mahdollista rakentaa tuotekehityksen toimesta parametrirajoitteet, joiden puitteissa myynti pystyy tuotteita myymään ilman erillistä suunnittelua. Luvussa 4.3 on esitelty konfiguroitavan tuotteen toimitusprosessi, jossa havaitaan tuotekehityksen määrittelemät parametrirajoitteet. Erikoispiirteisen komponentin ollessa parametrirajoitteiden sisällä tuotteet voidaan määrittellä *tilauksesta valmistus* MTO tuotteiksi, vaikkei kyseisistä erikoispiirteisistä komponenteista välttämättä ole valmiina valmistuskuvaa, tai niitä ei ole aiemmin toimitettu. Tällöin erotellaan tilauskohtainen suunnittelu (valmistuspiirustusten tekeminen) varsinaisesta tuotekehityksestä (parametrirajoitteiden määrittely), jonka myös Schönsleben (2017) esittää tutkimuksessaan. Tämä selkeyttää tilaus-toimitusprosessien määrittelyä myynnin osalta sekä antaa realistisemmän kuvan suunnittelulle tulevasta työstä. Parametrirajoitteisille erikoispiirteille pystytään myös määrittelemään hinnat selkeämmin, jolloin myynnin hinnoittelu saadaan yhdenmukaiseksi.

Tutkimustulosten analysoinnin perusteella edellä mainitut erikoispiirteet 20 sekä 16 olisi perusteltua siirtää *tilauksesta valmistus* MTO prosessiin. *Tilauksesta valmistus* MTO prosessin asiakastilauksen kytkentäpiste CODP on hankinnan ja valmistuksen välissä, jolloin tuotteeseen tehtävät asiakaskohtaiset muutokset on helposti toteutettavissa. Erikoispiirteen materiaali hankitaan valmiiksi yrityksen tai alihankkijan varastoon ja tilauksen tullessa komponentti valmistetaan asiakkaan tarpeen mukaisesti.

Tutkimuksessa selvitettiin vakiopiirteisen komponentin 20 valmistusaika, joka on noin kaksi tuntia. Erikoispiirteiden laadusta riippuen komponentin valmistusaika saattaa vaihdella mutta suuruusluokka on kuitenkin aina sama. Kyseinen erikoispiirre ei vaadi erikoistoimintoja kuten lämpökäsittelyä. Tutkimuksessa tehtiin myös esimerkin omaisesti yhden kokoluokan vaihteeseen erikoispiirteelle 20 parametrirajoitteet. Yhdenmukaisilla parametrirajoitteilla saadaan myös eliminoitua tutkimuksessa havaittu poikkeavuus kirjauskäytännöissä.

Analysoitaessa tutkimustuloksia havaittiin teollisuusvaihteita, joiden tilaus-toimitusprosessin määrittelyyn on vaikuttanut useampi kuin yksi piirre. Kun tutkittiin tarkemmin kyseisten töiden rakennetta, havaittiin osan tuotteista kuuluvan samaan applikaatioryhmään vaikka asiakkaita oli useampia. Applikaatioilla oli tyypillistä tietyt piirteet asiakkaasta riippumatta. Näiden töiden osalta pitäisi selvittää, onko teknistaloudellisesti järkevää suunnitella tiettyihin applikaatioihin selkeät konseptit, joista saadaan pienillä valmistuspiirustus muutoksilla tehtyä kunkin asiakkaan tarpeisiin

sopivat ratkaisut. Samalla olisi järkevää selvittää ne piirteet, jotka voidaan suunnitella ja valmistaa tuotteeseen niin sanotuiksi *piilotetuksi ominaisuudeksi*. Tällaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi kunnonvalvonta antureiden poraukset sekä lämmitysvastuksen poraukset. Luvussa 4.3 Martio, A. (2015) on käsitelty myös asiakasräätälöinnin lisääminen ilman tuotteen konfigurointia.

Tutkimuksessa havaittiin myös että jos teollisuusvaihteessa on useampi erikoispiirre, ei pystytä arvioimaan, minkä erikoispiirteen mukaan tuotantomenetelmä on valittu. Tämä johtuu kohdeyrityksen toimintamallista, jossa koko tuote määritellään tuotantomenetelmään, ei yksittäinen erikoispiirre. Yksittäisen erikoispiirteen tuotantomenetelmän määrittäminen koko tuotteen sijaan voisi selkeyttää kohdeyrityksen tuotantomenetelmien määrittelyä ja yhdenmukaistaa toimintaa.

Tutkimuksessa analysoitiin kohdeyrityksen samaan konserniin kuuluvan ulkomaisen yrityksen vastaavanlaiselle tuotteelle lanseerattua palvelua, jossa *tilauksesta kokoonpano* ATO tuotteen toimitusaika on 5 arkipäivää ja *tilauksesta suunnittelu* ETO tuotteen toimitusaika on 15 arkipäivää. Tutkittaessa ulkomaisen yrityksen *tilauksesta kokoonpano* ATO palveluun kuuluvia piirteitä, havaitaan että vastaavat piirteet ovat myös kohdeyrityksen varasto-ohjautuvia ATO piirteitä. Lisäksi kohdeyrityksen teollisuusvaihdesarjaan kuuluu muita piirteitä, jotka voidaan määrittellä ATO piirteiksi. Verrattaessa yritysten ETO tuotteiden piirteitä ja rakennetta, kohdeyrityksen peruspiirteet vastaavat ulkomaisen yrityksen piirteitä yhtä ulkoista erikoistoimintoa lukuun ottamatta. Analysoitaessa tarkemmin ulkomaisen yrityksen ETO palvelun rakennetta, havaitaan että suurimmat tuotteen vakioista poikkeavat erikoispiirteet ovat tutkimuksen tuloksissa luvussa 6.1.2. esiinnousseet erikoispiirre 20 ja 16. Tämä vahvistaa kyseisten erikoispiirteiden tilaus-toimitusprosessin hallinnan merkitystä.

7.2 Teemahaastattelujen tulokset

Teemahaastatteluissa nousi esiin eroavaisuus erikoispiirteiden merkinnöissä yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään, koska erikoispiirteiden merkinnät ovat vapaata tekstiä. Samalle erikoispiirteelle saattaa olla useampia erilaisia merkintätapoja, jolloin valmistuskuvien löytäminen yrityksen järjestelmistä on haasteellista. Haastateltavien mukaan usein onkin helpompaa piirtää uusi valmistuskuva kuin etsiä vanha valmistuskuva. Määrittelemällä etukäteen yhteneväiset parametrirajoitteet erikoispiirteille saadaan erikoispiirteiden merkinnät yhteneväisiksi ja samalla

valmistuskuvien etsiminen tietojärjestelmistä helpottuu. Erikoispiirteiden parametrirajoitteilla on myös mahdollista hinnoitella erikoispiirteet etukäteen, jolloin myynnin tarjoustoiminta helpottuu ja nopeutuu.

Haastatteluiden tuloksissa havaittiin hajontaa ”samanlainen kuin” sekä ”varavaihe” töissä, jotka on jo tehty. Haastateltavista osan mielestä kyseiset työt tulee uudelleen konfiguroida, koska tuotteissa saattaa olla tapahtunut muutoksia tai päivityksiä. Haastateltavista taas osan mielestä kyseiset työt pitää ajaa suoraan tuotantoon ilman uudelleen konfigurointia. Tilaus-toimitusprosessin määrittelyyn lisättävä *tilauksesta valmistus MTO* selkeyttää prosessissa havaittua poikkeavuutta.

Teemahaastatteluissa tutkittiin myös mahdollisia tuotteita, joiden siirtämistä *tilauksesta suunnittelu ETO* prosessista *tilauksesta kokoonpano ATO* prosessiin olisi perusteltua tutkia. Kaikkien haastateltavien mukaan heillä ei ole tutkitussa teollisuusvaihdesarjassa tällä hetkellä tiedossa asiakasräätelöityä tuotetta, jonka siirtäminen olisi perusteltua selvittää. Haastattelussa yksi haastateltava nostaa esiin tuotteen etukäteisen applikaatio suunnittelun, jolloin tuotteet voidaan siirtää *tilauksesta valmistus MTO* prosessiin. Siirtämällä tuotteet konseptisuunnittelun kautta *tilauksesta valmistus MTO* prosessiin saadaan tuotteiden tilaus-toimitusprosessin läpimenoaikaa lyhennettyä merkittävästi verrattuna *tilauksesta suunnittelu ETO* tai *tilauksesta tuotekehitys DTO* prosesseihin.

7.3 Tulosten merkitys sekä arviointi

Tutkimustyön laajuus oli erittäin laaja ja se jouduttiin rajaamaan melko tarkkaan koskemaan ainoastaan tiettyä teollisuusvaihdesarjaa. Nykytilan analysoinnissa tutkittava aikajakso oli niin ikään erittäin laaja, mikä nosti työrivien ja teollisuusvaihteiden määrän erittäin suureksi. Tällä saavutettiin laaja kokonaiskuva tuotteista. Kuitenkin laajuudesta johtuen tutkimus jouduttiin rajaamaan vain tiettyihin erikoispiirteisiin. Tarkempaan tutkimukseen valittiin kaksi erikoispiirrettä, jotka edustavat noin 50% kaikista erikoispiirteistä. Näiden kahden erikoispiirteen otantaa voidaan pitää hyvänä ja riittävänä. Tutkimusmenetelmien osalta tapaustutkimus toimi kyseisessä tutkimuksessa hyvin. Teemahaastattelujen osalta haastattelut olisi kannattanut rajata vielä hieman tarkemmin, ja kohdistaa suoraan oikeisiin erikoispiirteisiin ja tilaus-toimitusprosessien tuotantomenetelmiin. Toisaalta tilaus-toimitusprosessien tuotantomenetelmät olivat tutkimuksen haastatteluvaiheessa vielä hieman epäselviä.

Tutkimuksen aikana tutkimuksen alkuperäinen tavoite muuttui kun havaittiin ettei prosessin omainen töiden siirtäminen *tilauksesta kokoonpano ATO prosessiin* ollut perusteltua. Alkutilanteena ollut tahtotila siirtää tuotteet puhtaaseen *tilauksesta kokoonpano ATO* ei ole yksiselitteisesti toimivin malli, vaan tämän tutkimuksen pohjalta kokonaisuuden kannalta perustelluin on *tilauksesta valmistus MTO*. *Tilauksesta valmistus MTO* filosofia vaatii kohdeyritykseltä kehittämistä ja muutosta koko tuotantoprosessin osalta. Tutkimustulosten analysoinnissa yllättävää tutkijalle oli ”samanlainen kuin” sekä ”varavaihde” töiden suuri osuus. Analysoitaessa tutkimustuloksia oli myös yllättävää havaita, kuinka paljon kyseiset työt työllistävät yrityksen eri osastoja. Tutkittaessa toiminnanohjausjärjestelmää oli tutkijalle yllättävää myös havaita, kuinka paljon poikkeavuuksia kirjauskäytännöissä samanlaisten erikoispiirteiden sekä tuotteiden osalta havaittiin. Toinen mielenkiintoinen havainto oli erikoispiirteiden jakauma. Tutkimuksessa havaitut erikoispiirteet 20 sekä 16 kattavat suuren osan kaikista kyseisen teollisuusvaihdesarjan erikoispiirteistä. Tätä tutkimustulosta vahvistaa myös ulkomaisen yrityksen palveluiden analysointi, jossa kyseiset erikoispiirteet ovat pääosassa ja niiden hallinta on suurimmassa roolissa. Hallitsemalla näiden kahden erikoispiirteen tilaus-toimitusprosessi sekä tuotannon prosessit, kohdeyritys pystyy vastaamaan erittäin kattavasti markkinoiden muuttuviin haasteisiin.

Yhteenvedona tutkimustulosten analysoinnista voidaan todeta että yrityksen tilaus-toimitusprosessiin on perusteltua lisätä *tilauksesta valmistus MTO* prosessi. *Tilauksesta valmistus MTO* prosessiin on perusteltua sijoittaa kaikki jo tehdyt tuotteet (”samanlainen kuin” ja ”varavaihde”) sekä parametrirajoitteiset erikoispiirteet. Yrityksen tilaus-toimitusprosessikaaviossa *tilauksesta valmistus MTO* prosessi korvaisi nykyisen käytössä olevat *tilauksesta suunnittelun* alimman luokan ETO1 prosessin. Tutkimuksen perusteella *tilauksesta kokoonpano ATO* tuotteiden määrää ei ole perusteltua lisätä tutkitun teollisuusvaihdesarjan tuotteiden ja erikoispiirteiden osalta. Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää yrityksen tilaus-toimitusprosessia vastaamaan markkinoiden muuttuvia haasteita sekä tutkia yrityksen tilaus-toimitusprosessien yhdenmukaisuutta. Mainituilla toimenpiteillä yritys kykenee vastaamaan markkinoiden muuttuviin tarpeisiin sekä jatkokehittämään yrityksen sisäisiä prosesseja. Mainitut toimenpiteet myös selkeyttävät tilaus-toimitusprosesseja yrityksen sisällä eri osastojen välillä. Termi *tilauksesta valmistus MTO* kuvaa todenmukaisesti kyseistä tilaus-toimitusprosessia ja jokaiselle on selvää, millaisesta prosessista on kysymys.

Tutkimustulosten soveltaminen käytäntöön vaatii kohdeyritykseltä tilaus-toimitusprosessin ja järjestelmämuutoksen lisäksi filosofista muutosta. *Tilauksesta valmistus* MTO prosessin lisääminen kohdeyrityksen tilaus-toimitusprosessiin on suhteellisen helppoa mutta yrityksen toiminnanohjausjärjestelmien osalta muutos vaatii enemmän työtä ja resursseja. Tutkimuksessa esitettyjen parametrirajoitteiden luominen erikoispiirteille vaatii merkittäviä suunnittelun ja tuotekehityksen resursseja. Parametrirajoitteiden määrittelylle on perusteltua tehdä selkeä suunnitelma, mille erikoispiirteille tehdään parametrirajoitteet ja missä järjestyksessä. *Tilauksesta valmistus* MTO sekä parametrirajoitteiden filosofioiden keskeisimpiä asioita on tarkastella kokonaisuutta pidemmällä aikajänteellä, ei ainoastaan yksittäisenä työvaiheena. Näiden edellä mainittujen muutosten toteutus vaatii resursseja mutta hyöty saadaan pidemmällä aikajänteellä.

7.4 Mahdolliset jatkotutkimuskohteet

Tutkimuksen tuloksena saatiin selkeät toimenpidesuositukset kohdeyritykselle jatkoa ajatellen. Jatkotutkimuksen kohteeksi kohdeyrityksessä sopii tuotetiedonhallinta sekä myynti- ja tuotantokonfiguraattoreiden tutkiminen. Tuotetiedonhallinta on merkittävässä roolissa tutkitun teollisuusvaihdesarjan menestyksessä, kun toimintaympäristö ja markkinatilanne ympärillä muuttuu. Tutkitun teollisuusvaihdesarjan tuotteet siirtyvät käynnissä olevassa muutosprosessissa uuteen myyntikonfiguraattoriin, joten myös myynti- ja tuotantokonfiguraattoreiden tutkiminen olisi perusteltua. Uuden myyntikonfiguraattorin sekä nykyisen tuotantokonfiguraattorin toimivuus on avain asemassa tilaus-toimitusprosessien toimivuuden ja kehittämisen kannalta.

Toinen suositeltu jatkotutkimuskohde on kohdeyrityksen tuotannon valmistusprosessit tutkitun teollisuusvaihdesarjan osalta. Tämä tutkimus tilaus-toimitusprosessien osalta antaa hyvän perustan tutkitun teollisuusvaihdesarjan osalta muuttuneeseen asiakastarpeeseen, johon myös kohdeyrityksen tuotannon valmistusprosessien pitää pystyä vastaamaan. Ulkoinen kilpailutilanne sekä muun muassa tässä tutkimuksessa mainittu ulkomaisen yrityksen palvelukonseptit luovat jatkuvan paineen vastata asiakkaiden tarpeisiin joustavalla ja nopealla toiminnalla kaikessa yrityksen toiminnassa. Siirtyminen tilaus-toimitusprosessin määrittelyssä *tilauksesta valmistus* MTO prosessiin myös tuotannon prosessien pitää kyetä toimimaan ja kehittymään MTO prosessin vaatimusten mukaisesti.

LÄHTEET

Ahoniemi, L., Mertanen, M., Mäkipää, M., Sievänen, M., Suomala, P., Ruohonen, R. 2007. Massaräätälöinnillä kilpailukykyä. Helsinki. Teknologiateollisuus ry. 108.

Blecker, T., Friedrich, G., 2007. Guest Editorial: Mass Customization Manufacturing Systems. IEEE Transactions on Engineering Management, VOL. 54, NO. 1, FEBRUARY 2007. 4-11.

Boothroyd, G. 1996. Design for Excellence. Journal of Manufacturing Systems, Dearborn. VOL. 15 (6), 443.

Crawley, E., de Weck, O., Eppinger, S., Magee, C., Moses, J., Seering, W., Schindall, J., Wallace, D., Whitney, D., 2004. The Influence of architecture in engineering systems. The ESD Architecture Committee, MIT. March 29-31, 2004. 1-30. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?jses-sionid=CA445BF2832B802B9EBBF73158FE6D7F?doi=10.1.1.207.7078&rep=rep1&type=pdf>

Edwards, K.L., 2002. Towards more strategic product design for manufacture and assembly: priorities for concurrent engineering. Materials & Design. VOL 23, (7) 651-656.

Erens, F., Verhulst, K. 1997. Architectures for product families. Eindhoven University of Technology, Computers in Industry 33 (1997) 165-178.

Ericsson, A., Erixon, G., 1999. Controlling Design Variants: Modular Product Platforms. Society of Manufacturing Engineers, Michigan. 145.

Forza, C. Salvador, F. 2006. Product Information Management for Mass Customization. 1st edition. Hampshire. Palgrave Macmillan. 220.

Gosling, J., Naim, M., 2009. Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda. Int. J. Product Economics 122 (2009) 741-754.

Haitao, L. Keith, W. 2012. Optimizing the supply chain configuration for make-to-order manufacturing. European Journal of Operational Research 221 (2012) 118-128.

Hirsjärvi, S., Hurme, H. 2011. Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki. Gaudeamus Helsinki University Press Oy Yliopistokustannus, HYY yhtymä. 213.

Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P. 1997. Tutki ja kirjoita. 5. painos. Helsinki. Kustannusosakeyhtiö Tammi. 432.

Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. 11. painos. Helsinki. Kustannusosakeyhtiö Tammi. 448.

Huhtala, P., Pulkkinen, A., 2009. Tuotettavuuden kehittäminen – Parempi tuotteisto useasta näkökulmasta. Tampere: Teknologiateollisuus ry.

Jacobs, M., Vickery, S.K., Droge, C. 2007. The effects of product modularity on competitive performance. International Journal of Operations & Production Management vol. 27 (10). 1046-1068.

Kananen, J. 2009. Toimintatutkimus yrityksen kehittämisessä. Jyväskylä. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisu 101. 141.

Kananen, J. 2013. Case-tutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylä. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisu 143. 152.

Kusiak, A. 2002. Integrated product and process design: a modularity perspective. Journal of Engineering Design (2002), VOL. 13, NO. 3, 223-231.

- Kusiak, A., Huang, C. 1996. IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS, PACKAGING, AND MANUFACTURING TECHNOLOGY-PART A, VOL. 19, NO 4. 523-538.
- Lampel, J., Mintzberg, H., 1996. Customizing customization. *Sloan Management Review*, 21-30.
- Martio, A. 2015. Tuotekonfigurointi ja tuotetiedonhallinta. 1. painos. Espoo. Amartekno Oy. 304.
- Meyer, M., Lehnerd, A., 1997. The power of product platforms: building value and cost leadership. New York: The free press. 267.
- Olhager, J., 2003. Strategic positioning of the order penetration point. *Int. J. Product Economics* 85 (2003) 319-329.
- Pahl, G., Beitz, W. 1990. Koneensuunnitteluoppi. 2. painos. Suomen Metalli-, Kone, ja Sähköteknisen Teollisuuden Keskusliitto, MET, Helsinki. 608.
- Porter, K., Little, D., Peck, M., Rollins, R., 1999. Manufacturing classifications: relationships with production control systems. *Integrated Manufacturing Systems* 10/4, 189-198.
- Porter, M.E. 1980. Competitive Strategy. Milestones. *Measuring Business Excellence*. Volume 1 Number 2. 12 – 17.
- Porter, M.E. 1989. Kansakuntien kilpailuetu. Helsinki. Kustannusosakeyhtiö Otava. 879.
- Pulkkinen, A., 2007. Product Configuration in Projecting Company: The Meeting of Configurable Product Families and Sales-Delivery Process. Väitöskirja. Tampereen Teknillinen Yliopisto. 194
- Robertson, D., Ulrich, K., 1998. Planning for Product Platform. *Sloan Management Review*, 39 (4) 19-31.
- Schönsleben, P., 2012. Methods and tools that support a fast and efficient design-to-order process for parameterized product families. *CIRP Annals – Manufacturing Technology* 61 (2012) 179-182.
- Schönsleben, P., Weber, S., Koenigs, S., Duchi, A., 2017. Different types of cooperation between the R&D and Engineering departments in companies with a design-to-order production environment. *CIRP Annals – Manufacturing Technology* 66 (2017) 405-408.
- Simpson, T., 2003. Product platform design and customization: Status and promise.
- Soininen, J-P., 1997. Asiakastarvelähtöisyys elektronisen tuoteperheen suunnittelussa. VTT Julkaisu – Publikationer 822.
- Ulrich, K. 1995. The role of product architecture in the manufacturing firm. Massachusetts Institute of Technology, Sloan School of Management, Room E53-390, Cambridge, MA 02139, USA. 419-440.
- Ulrich, K., Eppinger, S., Yang, M., 2020. Product Design and Development. McGraw-Hill Education. 7th edition. New York. 432.
- Uusitalo, H. 1991. Tiede, tutkimus ja tutkielma: Johdatus tutkielman maailmaan. Helsinki. WSOY. 121.
- Vollmann, T. E., Berry, W. L., Whybark, D. C., Jacobs, F. R. 2005. Manufacturing Planning and Control Systems for Supply Chain Management. 5th edition. New York. McGraw-Hill. 598.
- Yang, B., Burns, N., 2003. Implications of postponement for the supply chain. *International Journal of Production Research* vol. 41, no. 9, 2075-2090.
- Yin, R. K. 2009. Case Study Research: Design and Methods. 4th edition. Place of publications; California: SAGE Publications Ins. 219.

Zipkin, P. The Limits of Mass Customization. 2001. MIT Sloan Management Review; Spring 2001; 42, 3; ProQuest. 81 – 87.

Österholm, J., Tuokko, R. 2001 Systemaattinen menetelmä tuotemodulointiin. Metalliteollisuuden keskusliitto, MET, Helsinki. 64.

