



TUOTANTOTALOUDEN TIEDEKUNTA

Toimitusketjun johtaminen

# **Tuotannonohjausmuodon valinnan päättöksentekoa avustavat mallit**

**Models aiding the inventory policy decision making**

Kandidaatintyö

Julius Hytti

Antti Taponen

## TIIVISTELMÄ

**Tekijät:** Julius Hytti, Antti Taponen

**Työn nimi:** Tuotannonohjausmuodon valinnan päätöksentekoa avustavat mallit

**Vuosi:** 2013

**Paikka:** Lappeenranta

Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, tuotantotalous.

31 sivua, 1 taulukko ja 8 kuvaa

Tarkastaja: Professori Timo Pirttilä

**Hakusanat:** MTS, MTO, ATO, CODP, valinta, malli

**Keywords:** MTS, MTO, ATO, CODP, choosing, model

Työn tavoitteena on esitellä kattavasti erilaisia tuotannonohjausmuodon valintaa avustavia malleja. Työssä luodaan kirjallisuuskatsaus useisiin tieteellisiin artikkeleihin ja tuotannonohjausmuodon valintaa avustaviin malleihin, jotka perustuvat muun muassa asiakastilauksen kytkentäpisteen sijaintiin vaikuttaviin tekijöihin, asiakkaan ominaisuuksiin sekä ABC-analyysiin. Lisäksi käydään läpi sekatuotannon ominaisuuksia ja havaitaan, että useamman kuin yhden tuotannonohjausmuodon käyttäminen johtaa usein merkittäviin kustannussäästöihin.

# SISÄLLYSLUETTELO

Lyhenneluettelo .....	2
1 Johdanto.....	3
1.1 Tavoitteet ja rajaus .....	3
1.2 Raportin rakenne .....	3
2 Tuotannonohjausmuodot ja asiakatilausten kytkentäpiste .....	5
2.1 ETO (engineer-to-order) .....	5
2.2 MTO (make-to-order) .....	5
2.3 ATO (assemble-to-order).....	6
2.4 MTS (make-to-stock).....	6
2.5 Asiakastilausten kytkentäpiste .....	6
3 Tuotannonohjausmuodon valintaa avustavat mallit .....	8
3.1 Asiakastilausten kytkentäpisteen sijoittaminen .....	8
3.1.1 Asiakastilausten kytkentäpisteen strateginen sijoittaminen .....	8
3.1.2 Case: elintarviketeollisuus.....	13
3.2 Asiakkaan ominaisuuksien kytkeminen varastoinnin päätöksentekoon .....	14
3.3 Yhdistetyn sumean analyyttisen hierarkiaproessin ja SWOT:n yhdistelmämalli ..	18
3.4 ABC-analyysiin perustuvat mallit.....	20
3.5 Yhdistelmämalli .....	22
3.6 Supply network – Toimitusketjuista kohti toimitusverkostoa .....	23
4 Sekatuotannon ominaisuudet.....	26
5 Johtopäätökset .....	27
6 Lähteet .....	29

## LYHENNELUETTELO

ATO	Assemble-to-Order, tilausohjautuva kokoonpano
BOM	Bill of Materials, materiaaliluettelo
BTO	Buy-to-Order, tilausohjautuva osto
CODP	Customer Order Decoupling Point, asiakastilauksen kytkentäpiste
DTO	Design-to-Order, kts. ETO
ETO	Engineer-to-Order, tilausohjautuva suunnittelu
MTO	Make-to-Order, tilausohjautuva tuotanto
MTS	Make-to-Stock, varasto-ohjautuva tuotanto
MTSFTO	Make-to-Stock-Finish-to-Order, kts. ATO
OPP	Order Penetration Point, kts. CODP
P/D	Product/Demand, tuotannon ja kysynnän läpimenoaikojen suhde
STS	Ship-to-Stock, varasto-ohjautuva tuotanto jossa varastona asiakkaan varasto

# 1 JOHDANTO

Tämä kandidaatintyö on tehty Lappeenrannan teknillisen yliopiston tuotantotalouden osastolle ja se on tekniikan kandidaatin tutkinnon opinnäytetyö. Työn kirjoittajat ovat toimitusketjun johtamisen pääaineen opiskelijoita. Työssä esitellään teollisuusyritysten tuotannonohjausmuodon valintaan liittyviä malleja, jotka auttavat yrityksiä valitsemaan itselleen sopivimman tuotannonohjausmuodon jokaiselle tuotteelle.

## 1.1 Tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyö on kirjallisuuskatsaus erilaisiin tieteellisissä artikkeleissa julkaistuihin malleihin, jotka avustavat teollisuusyritysten komponenttien ja erityisesti lopputuotteiden tuotannonohjausmuodon valintaan liittyvässä päätöksenteossa. Tutkielman tarkka tutkimuskysymys on “mitkä mallit auttavat yritystä valitsemaan sopivan tuotannonohjausmuodon?”. Työn tavoitteena on antaa kattava kuva erilaisista malleista, joita eri alojen yritykset, jotka toimivat toisistaan poikkeavissa ympäristöissä, voivat hyödyntää tuotannonohjauksen päätöksenteossa. Työssä keskitytään käsitteellisiin malleihin, ja mahdolliset laskennalliset mallit esitellään vain pintapuolisesti. Lisäksi malleista on rajattu pois sellaiset, jotka pohjautuvat tiukasti johonkin tiettyyn case-yritykseen, jolloin kyseisten mallien hyödyntäminen muissa yrityksissä voisi olla vaikeaa.

## 1.2 Raportin rakenne

Työn alussa käydään läpi lyhyt teoriakatsaus yleisimmin käytettävistä tuotannonohjausmuodoista sekä asiakastilauksen kytkentäpisteestä. Tämän jälkeen esitellään erilaisia tuotannonohjausmuodon valintaa avustavia malleja. Ensimmäiseksi kappaleessa 3.1 esitellään Olhagerin 2003 kirjoittamassa artikkelissa esitetty malli, missä paneudutaan asiakastilauksen kytkentäpisteen sijoittamisen strategisiin vaikutuksiin. Lisäksi pohditaan hieman eri teollisuuden alojen välisiä eroja ja vaikutusta asiakastilauksen kytkentäpisteeseen, sekä esimerkkinä esitellään case elintarviketeollisuudesta. Kappaleessa 3.2 esitellään malli, jossa tuotannonohjausmuodon valinta kytketään asiakkaiden ominaisuuksiin. Kappaleessa 3.3 esitetään muista malleista selvästi poikkeava ”yhdistetyn sumean analyttisen

hierarkiaprosessin ja SWOT-analyysin” yhdistelmämalli. Kappaleessa 3.4 esitellään ABC-analyysiin perustuvia malleja, ja kappaleessa 3.5 Peronan et al. (2009) esittelemä malli, mikä yhdistelee useita eri kirjallisuudessa esiintyviä malleja. Tämän jälkeen kappaleessa 3.6 esitellään malli, jonka avulla voi valita tuotannonohjausmuodon lopputuotteiden sijaan komponenttitasolla. Kappaleessa 4 tutustutaan lyhyesti sekatuotannon ominaisuuksiin, ja lopuksi luodaan lyhyt katsaus esitettyihin malleihin ja pohditaan niiden sovellettavuutta eri teollisuudenaloilla.

## **2 TUOTANNONOHJAUSMUODOT JA ASIAKATILAUKSEN KYTKENTÄPISTE**

Tässä kappaleessa esitellään lyhyesti yleisimpien tuotannonohjausmuotojen ja asiakastilauksen kytkentäpisteen teoriaa. Tuotannonohjausmuodolla tarkoitetaan tapaa, miten yritys valmistaa ja varastoi tuotteensa. Eri lähteissä on toisistaan eroavia jaotteluita tuotannonohjausmuotojen suhteen. Esimerkiksi Porter, Little, Peck ja Rollins (1999) jaottelevat tuotannonohjausmuodot viiteen toisistaan eroavaan muotoon, jotka ovat MTS (make-to-stock), ATO (assemble-to-order), MTO (make-to-order), ETO (engineer-to-order) ja DTO (design-to-order). Gosling & Naim (2009) tekevät puolestaan jaottelun ETO, BTO (build-to-order), MTO, ATO, MTS ja STS (ship-to-stock) muotojen välille. Tässä työssä käsitellään vain yleisimmin käytettyjä muotoja, jotka ovat ETO, MTO, ATO ja MTS. Näitä esitellään tarkemmin seuraavaksi.

### **2.1 ETO (engineer-to-order)**

Yrityksen valmistaessa tuotteensa ETO-tuotannonohjausmuodolla, tuotteen suunnitteluprosessi käynnistetään, kun asiakkaalta saadaan tilaus. Tuote suunnitellaan asiakkaan mieltymyksien mukaiseksi, minkä jälkeen se valmistetaan ja toimitetaan asiakkaalle. (Gosling & Naim 2009)

### **2.2 MTO (make-to-order)**

Tilausohjautuvassa tuotannossa tarvittavista raaka-aineista pidetään varastoja ja tuote valmistetaan vasta asiakastilauksesta. Tuotannon läpimenoaika, eli aika joka kuluu tuotteen valmistamiseen, on lyhyempi kuin ETO:ssa, sillä tuotteet on suunniteltu etukäteen ja raaka-aineet saadaan varastosta. (Arnold, Chapman & Clive 2008, s. 5; Olhager 2003)

### **2.3 ATO (assemble-to-order)**

ATO:ssa varastoidaan standardeja moduuliosia, joista lopputuote valmistetaan. Asiakas voi joissain tapauksissa vaikuttaa lopputuotteeseen valitsemalla haluamansa moduuliosat. Toisin sanoen kun asiakastilaus vastaanotetaan, tarvitsee lopputuote vain koota moduuleista. Tällöin tilauksen läpimenoaika, eli se aika jonka asiakas joutuu odottamaan tilauksen tehtyään tuotteen vastaanottamiseksi, on lyhyempi kuin MTO:ssa. (Arnold et. al 2008, s. 5; Olhager 2003)

### **2.4 MTS (make-to-stock)**

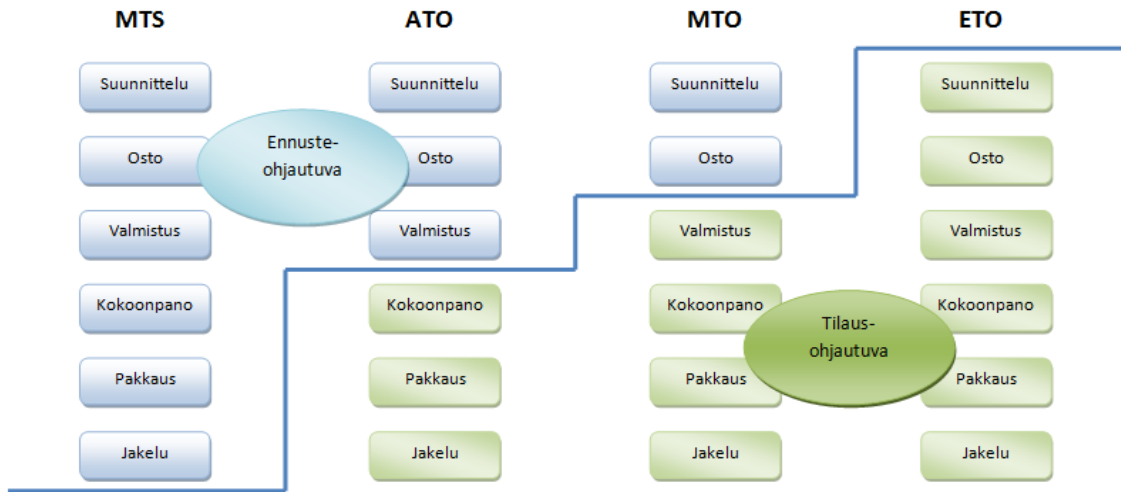
Varasto-ohjautuvassa tuotannossa puolestaan lopputuotteet valmistetaan varastoon (Arnold et. al 2008, s. 5). Varastoon valmistamisella pyritään ennakoimaan esimerkiksi sesonkien suuria kysyntäpiikkejä tai kattamaan tasaisen kulutuksen tuotteiden kysyntä. Varasto-ohjautuvalla tuotannonohjausmuodolla pyritään myös minimoimaan asiakastilauksen läpimenoaika. (Olhager 2003)

### **2.5 Asiakastilauksen kytkentäpiste**

Yhden määritelmän mukaan asiakastilauksen kytkentäpiste erottaa toisistaan varmalla ja epävarmalla asiakaskysyntätiedolla tehdyt päätökset. (Wikner & Tang 2008) Toisin sanoen CODP (customer order decoupling point, tai joissakin lähteissä order penetration point, OPP) on se piste, missä toimitusketju muuttuu ennusteohjautuvasta tilausohjautuvaksi. Tuotannonohjausmuodot liittyvät siis läheisesti CODP:iin. Esitellyillä tuotannonohjausmuodoilla CODP sijaitsee eri paikassa, kuten kuvasta 1 nähdään. (Olhager 2003)



## Asiakastilauksen kytkentäpiste – CODP



**Kuva 1.** Asiakastilauksen kytkentäpisteen ja tuotannonohjausmuotojen yhteydet (perustuu Olhager 2010 & Huiskonen 2012)

### **3 TUOTANNONOHJAUSMUODON VALINTAA AVUSTAVAT MALLIT**

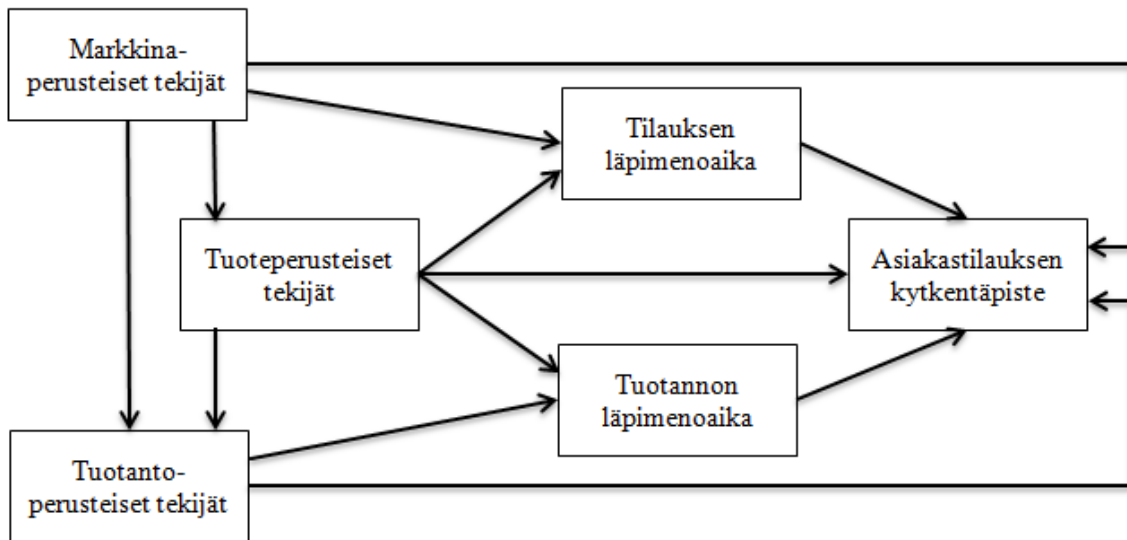
Käytettävän tuotantomuodon valinnasta erilaisissa tilanteissa on tehty useita tieteellisiä tutkimuksia. Tässä kappaleessa esittelemme erilaisia malleja ja menetelmiä, joiden avulla yritys pystyy valitsemaan sille sopivan tuotannonohjausmuodon. Käsiteltävät mallit on pyritty valitsemaan siten, että niissä on erilaisia toimialoja ja tuotantoympäristöjä. Tällöin saadaan kattava kuva nykyisten mallien käyttötarkoituksista ja rajoitteista. Suurin osa esitellyistä malleista käsittelee tilanteita, joissa yrityksellä on tuotannonohjausmuotonaan MTO, MTS tai molemmat. Osassa malleista tarkastellaan myös tilannetta, jossa vaihtoehtona on myös ATO-tuotannonohjausmuoto. Lisäksi malleissa käsitellään niiden rajoituksia sekä hyviä ja huonoja puolia tapauksissa, joissa niitä on käsitelty itse artikkelissa tai muussa tieteellisessä kirjallisuudessa.

#### **3.1 Asiakastilauksen kytkentäpisteen sijoittaminen**

Asiakastilauksen kytkentäpisteen sijoittamiseen vaikuttaa lukuisia tekijöitä ja lisäksi eri teollisuuden aloilla on paljon erilaisia tekijöitä, jotka asettavat omat haasteensa asiakastilauksen kytkentäpisteen sijoittamiselle. (Olhager 2003; van Donk 2001) Tässä kappaleessa esitellään ensin malli, jonka avulla voidaan toimialasta riippumatta valita erilaisille tuotteille tuotannonohjausmuoto. Tämän jälkeen annetaan toimialakohtainen esimerkki siitä, mitkä tekijät vaikuttavat asiakastilauksen kytkentäpisteen sijoittamiseen elintarviketeollisuudessa.

##### **3.1.1 Asiakastilauksen kytkentäpisteen strateginen sijoittaminen**

Olhager (2003) luettelee artikkelissaan lukuisia tekijöitä, jotka kannattaa ottaa huomioon asiakastilauksen kytkentäpisteen sijoittamisessa, ja korostaa sitä, että kytkentäpisteen sijainnilla on myös strateginen merkitys yrityksille. Olhager jaottelee CODP:n sijoittamiseen vaikuttavat tekijät kolmeen luokkaan: markkinaperusteiset tekijät, tuotepäperusteiset tekijät ja tuotantoperusteiset tekijät. Asiakastilauksen kytkentäpisteen määrittämistä on esitetty kuvassa 2.



**Kuva 2.** Asiakastilauksen kytkentäpisteeseen vaikuttavat tekijät (perustuu Olhager 2003).

Markkinaperusteisia tekijöitä ovat tilauksen läpimenoaikavaatimus, eli se aika minkä asiakas on valmis odottamaan tilauksen lähettämisestä tuotteen vastaanottamiseen, kysynnän vaihtelu, kysynnän määrä, tuotevalikoiman laajuus, tilausten määrä ja tilausväli sekä sesonkikysyntä. Tuoteperusteisia tekijöitä ovat modulaarinen tuotesuunnittelu, kustomointimahdollisuudet sekä materiaaliprofiili. Modulaarinen tuotesuunnittelu mahdollistaa ATO–tuotannonohjausmuodon sekä laajentaa tuotevalikoimaa asiakkaalle tilausohjautuvuutta lyhyemmällä tilauksen läpimenoajalla. Kustomointimahdollisuudet laajentavat tuotevalikoimaa, eli mikäli tuotevalikoima on erityisen laaja, ja kustomointi tapahtuu tuotannon alkuvaiheessa, MTO–tuotannonohjausmuoto on välttämätön. Jos taas kustomointi tapahtuu tuotannon myöhemmissä vaiheissa, myös ATO saattaa olla mahdollinen ratkaisu. Materiaaliprofiili liittyy tuotteen ominaisuuksiin ja BOM:iin (Bill of Materials, materiaaliluettelo), jota käsitellään myöhemmin kappaleessa 3.7. (Olhager 2003)

Tuotantoperusteisia tekijöitä ovat tuotannon läpimenoaika, suunnittelupisteet, tuotannon joustavuus, pullonkaulatekijät sekä tuotevaihtojen järjestyksestä riippuvaiset asetusajat. Tuotannon läpimenoaika, eli aika joka kuluu tuotteen valmistamiseen, on tilauksen läpimenoajan ohella yksi erityisen tärkeistä rajoitteista asiakastilauksen kytkentäpisteen sijaintia määritettäessä. Tuotannon läpimenoajan lyhentäminen luonnollisesti vapauttaa suunnittelua ja antaa enemmän mahdollisuuksia kytkentäpisteen sijoittamiselle.

Tuotannosuunnittelupisteiden määrä toimitusketjussa asettaa myös rajoitteita CODP:lle, koska erilaiset tuotantolaitokset ja -ympäristöt vaativat erilaista suunnittelua. Tuotannon joustavuus, esimerkiksi lyhyet asetusajat, ovat esiehto MTO-tuotannonohjausmuodolle, koska siinä tuotantomäärät ovat yleensä pieniä. Tuotannon joustavuus mahdollistaa myös laajan tuotevalikoiman. Resurssien optimoimiseksi tuotannon pullonkaula kannattaa sijoittaa ennen tilauksen kytkentäpistettä (ylävirtaan), jotta kysynnän vaihtelu ja tuotevalikoiman laajuus eivät kuormita pullonkaulakohtaa entisestään. Toisaalta just-in-time -johtamisfilosofian, eli turhan työn eliminoimisen kannalta pullonkaula kannattaa sijoittaa tilauksen kytkentäpisteen alavirtaan, jotta pullonkaula käsitelisi vain tuotteita joilla on jo tilausta. Mikäli tuotantoon liittyy tuotevaihtojen järjestyksestä riippuvia asetusajoja, ne kannattaa sijoittaa tuotannossa ennen asiakastilauksen kytkentäpistettä, jotta tuotevaihtoista ei tulisi pullonkaulatekijää. (Olhager 2003)

CODP:n sijoittamisella voi olla myös yrityksen strategiaa tukevia vaikutuksia. Hill (2000) jaottelee yrityksen kilpailutekijät karsintatekijöihin (qualifiers) ja ratkaisutekijöihin (order-winners). Karsintatekijät ovat tekijöitä, jotka yrityksen täytyy saavuttaa päästäkseen markkinoille sekä pysyäkseen siellä, ja ratkaisutekijät ovat tekijöitä, jotka saavat asiakkaat päättämään juuri tiettyyn toimittajaan. Esimerkiksi jos toimitusaika on markkinoilla ratkaisutekijä, yrityksen kannattaa siirtää tuotteet mahdollisimman lähelle asiakasta ja valita joko ATO tai MTS tuotannonohjausmuoto. Olhager (2003) suosittelee myös tarkastelemaan yrityksen toimintoja ennen ja jälkeen asiakastilauksen. Esimerkiksi jos ennen asiakastilausta yrityksen toiminta on ennusteohjautuvaa, yritys voi silloin keskittyä toimitusnopeuden sijasta kustannustehokkuuteen ja tuotannon kapasiteetin optimointiin, kun taas asiakastilauksen jälkeen fokus kannattaa siirtää tuotannon joustavuuteen, toimitusnopeuteen ja tuotteen suunnitteluun.

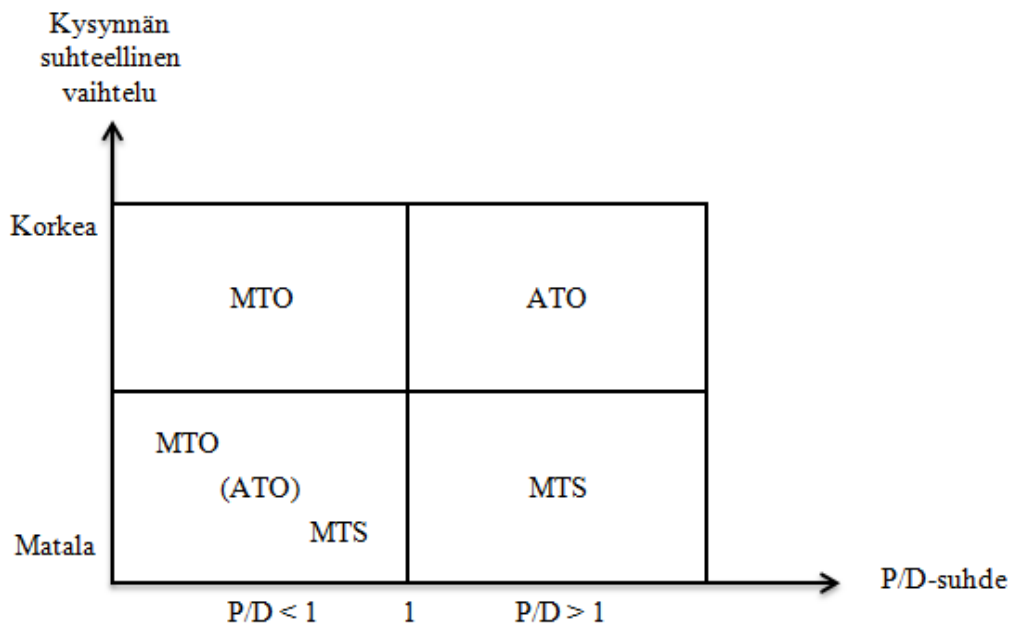
Riippuen markkinoiden karsinta- ja ratkaisutekijöistä yrityksen kannattaa siirtää asiakastilauksen kytkentäpistettä taulukon 1 esittämällä tavalla. Mikäli toimitusaika, toimitusvarmuus ja tuotteen hinta ovat ratkaisutekijöitä markkinoilla, kannattaa yrityksen siirtää asiakastilauksen kytkentäpistettä eteenpäin lähemmäs asiakasta. Toisaalta jos tuotevalikoiman laajuus, tuotteiden kustomointimahdollisuudet sekä tuotteen laatu ovat ratkaisutekijöitä, kannattaa CODP:ia siirtää taaksepäin (Olhager 2003). Yleinen käsitys on,

että CODP:n taaksepäin siirtäminen laskee heikomman toimitusajan vuoksi kysyntää, mutta mikäli tilausohjautuvuudella saadaan tuotevalikoimaa laajennettua, kysyntä voi itse asiassa nousta (Rajagopalan 2002).

**Taulukko 1.** CODP:n siirtämistä puoltavat tekijät (perustuu Olhager 2003)

Syyt siirtää CODP:ia eteenpäin	Syyt siirtää CODP:ia taaksepäin
Tilauksen läpimenoajan lyhentäminen	Lopputuotteiden kustomoitavuus
Toimitusvarmuuden parantaminen	Riippumattomuus ennusteista
Tuotannon kapasiteetin optimointi; mahdollisuus hinnanlaskuun	Varastonpitokustannusten pieneminen
	Riski tuotteiden varastoon vanhenemisesta pienenee

Olhagerin (2003) mallissa merkittävimmin CODP:n strategiseen sijoittamiseen vaikuttavat tuotannon ja tilauksen läpimenoaikojen suhde (P/D ratio) sekä kysynnän suhteellinen vaihtelu. Kysynnän suhteellista vaihtelua mitataan mallissa variaatiokertoimen avulla, joka voidaan laskea jakamalla kysynnän hajonta kysynnän keskiarvolla. Se, mikä tarkalleen voidaan tulkita pieneksi tai suureksi variaatiokertoimeksi, vaihtelee yrityskohtaisesti ja riippuu esimerkiksi varastoihin sitoutuneesta pääoman määrästä. Nämä kaksi tekijää on yhdistetty kuvassa 3, mikä antaa tuotannonohjausmuodon valinnalle neljä perusratkaisua.



**Kuva 3.** Variaatiokerroin P/D-suhteen funktiona sekä tuotannonohjausmuotosuosituksset. (perustuu Olhager 2003)

Mikäli P/D-suhte on pienempi kuin 1, MTO-tuotannonohjausmuoto on mahdollinen, koska tilauksen läpimenoaika on suurempi kuin tuotannon läpimenoaika, eli asiakas on valmis odottamaan tuotteen vastaanottamista kauemmin kuin sen valmistus kestää. Jos kysynnän suhteellinen vaihtelu eli variaatiokerroin on lisäksi suuri, MTO on luonnollinen ratkaisu, koska tuotetta, jolla on suuri kysynnän hajonta mutta pieni kysyntä, ei kannata varastoida. Jos variaatiokerroin sen sijaan on pieni, on vaihtoehtoja useita: mikäli yritys haluaa hyödyntää mittakaavaetuja ja parantaa tuottavuuttaan, se voi valita tuotannonohjausmuodoksi ATO:n tai erittäin pienen variaatiokerroimen tapauksessa jopa MTS:n, vaikka MTO:kin olisi mahdollinen. Pieni variaatiokerroin, eli suuri kysyntä ja pieni hajonta, johtaa suureen varaston kiertonopeuteen, mikä mahdollistaa MTS-tuotannonohjausmuodon, joka yrityksen kannattaa valita, mikäli toimitusaika on ratkaisutekijä. (Olhager 2003)

P/D-suhteen ollessa suurempi kuin 1, MTO ei ole enää mahdollinen ratkaisu, ja ainakin osaa toimitusketjusta on ohjattava ennusteohjautuvasti. Jos kysynnän suhteellinen vaihtelu on lisäksi suurta, varasto-ohjautuva tuotannonohjausmuoto johtaisi kohtuuttomiin varastonpitokustannuksiin, joten ATO jää ainoaksi vaihtoehdoksi. Kyseisessä tilanteessa on oleellista löytää tasapaino ennusteohjautuvuuden minimoimiseksi ja toisaalta

mittakaavaetujen maksimoimiseksi. Jos variaatiokerroin on tässä tapauksessa pieni, on varasto-ohjautuvuus järkevin valinta. (Olhager 2003)

### 3.1.2 Case: elintarviketeollisuus

Van Donk (2001) tutkii artikkelissaan asiakastilauksen kytkentäpisteen paikan määrittämistä ottamalla huomioon tuotteen ja markkinoiden, prosessien ja varaston sekä elintarviketeollisuuden ominaisuudet. Määrittelemällä kytkentäpisteen paikka saadaan selville haluttu tuotannonohjausmuoto. Elintarviketeollisuudessa on useita tuotteita koskevia ominaisuuksia, joita ei ole esimerkiksi metalliteollisuudessa, jotka tulee ottaa huomioon tuotannonohjausmuotoa valittaessa.

Tuote- ja markkinatekijöissä tulee huomioida muun muassa lyhyet toimitusajat, kysynnän arvaamattomuus, hyvä toimitusvarmuus asiakkaalle sekä kysynnän spesifisyys. Asiakkaat vaativat usein elintarviketeollisuudessa lyhyitä toimitusaikoja tuotteiden pilaantuvuuden takia. Tämä asettaa valmistavalle yritykselle paineita, sillä sen pitäisi pystyä valmistamaan nopeasti tarvittavat tuotteet. Tämä taas vaikuttaa asiakastilauksen kytkentäpisteeseen siten, että kytkentäpiste on järkevää sijoittaa alavirtaan, eli lopputuotteita tuotettaisiin varastoon. Lyhyet toimitusajat ovat seurausta kysynnän arvaamattomuudesta, joka taas johtuu asiakkaaseen kohdistuvan kysyntäinformaation puutteellisesta jakamisesta toimitusketjussa. Mikäli informaatiota voidaan jakaa paremmin, pystytään kytkentäpiste siirtämään ylävirtaan, eli tuotanto tapahtuisi aikaisemmassa vaiheessa tilausohjautuvana. Myös kysynnän spesifisyys siirtää tuotantoa tilausohjautuvaan suuntaan. Kysynnän spesifisyys tarkoittaa, että asiakkaat haluavat juuri tietynlaisia tuotevariaatioita ja mahdollisimman hyvän parasta ennen -pääväyksen. Valmistamalla tuote tilausohjautuvasti tiedetään, mitä tiettyä tuotevariaatiota asiakas haluaa, eikä kaikista variaatioista näin tarvitse pitää varastoja. Korkea palveluaste taas siirtää tuotantoa varasto-ohjautuvaan suuntaan. Elintarviketeollisuuden asiakkaat vaativat korkeaa palveluastetta heihin kohdistuvan kysynnän arvaamattomuuden takia. (van Donk 2001)

Prosessiin ja varastoon liittyviä tekijöitä elintarviketeollisuudessa ovat puolestaan läpimenoajat ja kustannukset, ohjattavuus, pääoman sitoutuminen tuotannossa ja

varastointikustannukset sekä vanhentumisen riski. Lämpimenoaikoihin ja kustannuksiin kuuluvat tuotantolinjojen pesu- ja vaihtajat. Jos näiden kahden suorittamisessa kestää kauan, siirtää se kytkentäpistettä alavirtaan päin. Samoin tekee myös prosessin ohjattavuus, sillä elintarviketeollisuuteen liittyy epävarmuustekijöitä. Esimerkiksi joitain raaka-aineita voi olla saatavilla harvoin, tai niiden laatu voi vaihdella vuodenajan mukaan. Pääoman sitoutuminen, varastointikustannukset ja tuotteiden vanhentumisen riski ovat puolestaan tekijöitä, jotka siirtävät kytkentäpistettä ylävirtaan. Tämä siksi, koska asiakkaat kysyvät aina parasta ennen -päiväykseltään mahdollisimman tuoreita tuotteita. Tästä johtuen vaarana varastoon tuotettaessa on tuotteisiin sijoitetun pääoman katoaminen sekä suuret riskikustannukset. (van Donk 2001)

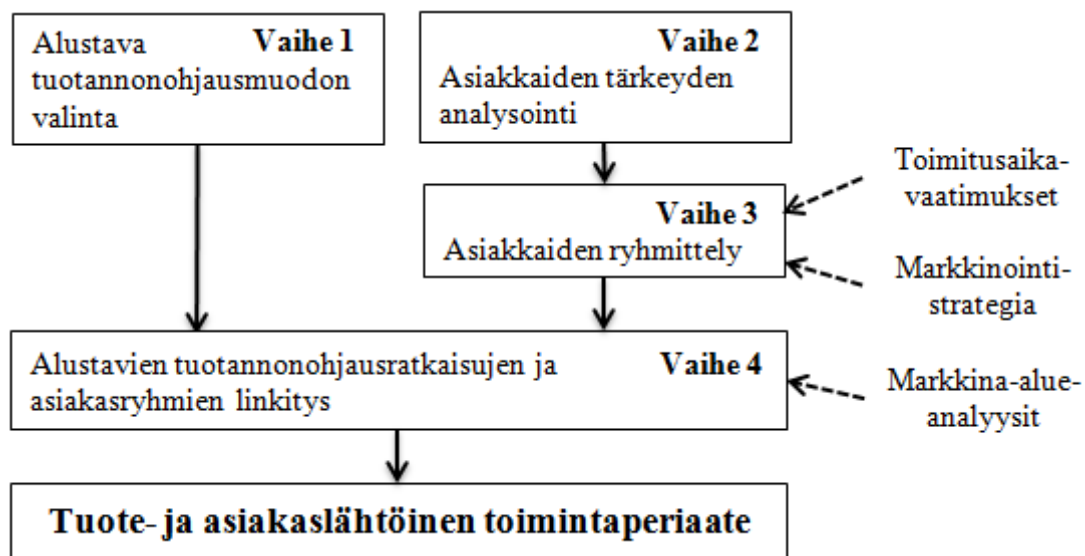
Lisäksi kytkentäpisteen valinnassa tulee huomioida seuraavat asiat: tuotantojärjestelmän kapasiteetti, lait ja säädökset, yhteistyö asiakkaan kanssa sekä ulkomaille vienti. Elintarviketeollisuuden tuotantoketjussa esiintyy usein pullonkauloja, jotka eivät sovellu tilausohjautuvaan tuotantoon. Nämä pullonkaulat sijaitsevat useimmiten tuotanto- tai pakkausvaiheessa. Mikäli pullonkaula sijaitsee pakkausvaiheessa, ei ole kannattavaa käyttää tilausohjautuvaa tuotantoa. Jos pullonkaula taas sijaitsee tuotantovaiheessa, on mahdollista tuottaa puolivalmisteita varastoon ja pakata ne asiakastilauksesta. Lait ja säädökset taas saattavat vaikeuttaa elintarvikealan yritysten tuotannonohjausmuodon valintaa, sillä keskeneräisiä, varastoon valmistettuja tuotteita ei voida seurata niin hyvin kuin lopputuotteita tai raaka-aineita. Pitkästä suhteesta toimittajan ja asiakkaan välillä voi puolestaan seurata näiden kahden välinen tiivis yhteistyö, jonka ansiosta voidaan mahdollisesti siirtyä tilausohjattuun suuntaan. Ulkomaille tuotteitaan vievät yritykset voivat ottaa mahdollisesti käyttöön yhdistetyn tuotantotavan, jossa kotimaan markkinoille myytävät tuotteet valmistetaan varastoon ja ulkomaille myytävät tilauksesta. (van Donk 2001)

### **3.2 Asiakkaan ominaisuuksien kytkeminen varastoinnin päätöksentekoon**

Huiskonen, Niemi ja Pirttilä (2003) pohtivat artikkelissaan, tuotteiden, asiakkaan ominaisuuksien sekä asiakassegmenttien yhdistelemisen vaikutusta yrityksen eri tuotteiden tuotannonohjausmuodon valintaan. Heidän kehittämänsä neliosaisen mallin ensimmäisenä vaiheena on jakaa yrityksen tuotteet alustavasti joko MTS- tai MTO-



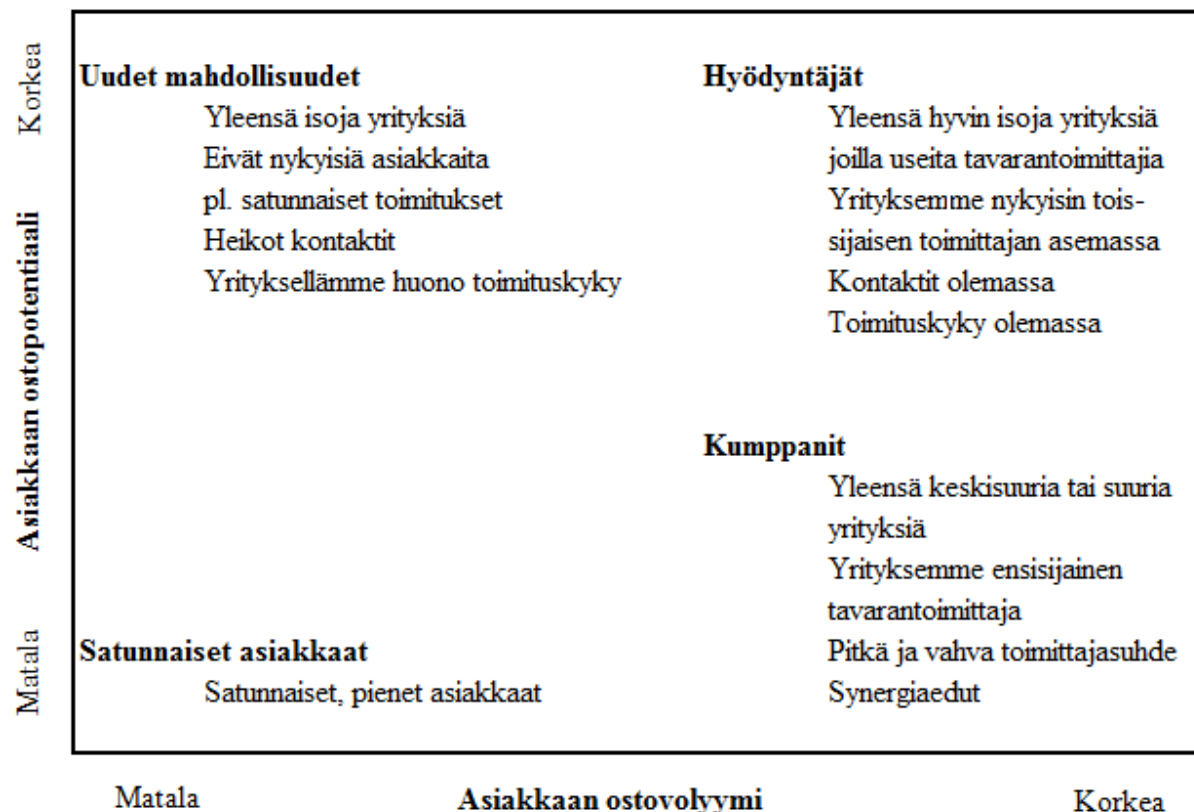
tuotannonohjausmuodolla valmistettaviin tuotteisiin. Toisena vaiheena on arvioida nykyisten asiakkaiden tärkeyttä yritykselle sen nykytilanteessa ja tulevaisuudessa. Kolmannessa vaiheessa asiakkaat segmentoidaan ryhmiin, joilla on samanlaiset vaatimukset tuotannonohjausmuodon suhteen. Neljäs ja viimeinen vaihe on päättää edellisten vaiheiden pohjalta, mitkä tuotteet valmistetaan MTO- ja mitkä MTS-tuotannonohjausmuodolla. Mallia on havainnollistettu kuvassa 4.



**Kuva 4.** Nelivaiheinen päätöksentekoprosessi. (perustuu Huiskonen et al. 2003)

Ensimmäisen vaiheen alustavassa jaottelussa kiinnitetään huomiota tuotteiden myyntimääriin ja kysynnän vakauteen. Tuotteet voidaan näitä ominaisuuksia tutkimalla jaotella neljään ryhmään. Ensimmäiseen ryhmään, eli MTS-tuotannonohjausmuodolla valmistettaviin tuotteisiin, luetaan kuuluvaksi ne tuotteet, joiden myyntimäärät ovat suuria sekä kysyntä tasaista ja jatkuvaa. Toiseen ryhmään, eli mahdollisiin MTO-tuotannonohjausmuodolla valmistettaviksi tuotteiksi, lukeutuvat ne tuotteet, joilla myyntimäärät ovat pieniä, mutta kysyntä on jatkuvaa. Jaksottainen tuotanto saattaisi olla myös yksi vaihtoehto näiden tuotteiden kohdalla. Kolmanteen ryhmään, eli MTO-tuotannonohjausmuodolla valmistettaviin tuotteisiin, puolestaan luetaan sellaiset tuotteet, joiden myyntimäärät ovat suuria ja kysyntä harvaa. Neljännessä ryhmässä taas ovat ne tuotteet, joiden myyntimäärät ovat pieniä ja kysyntä vähäistä. Lisäksi tämän ryhmän tuotteiden kohdalla saattaa olla hyvä tutkia onko niitä ylipäätään kannattavaa valmistaa. (Huiskonen et al. 2003)

Asiakkaan tärkeyttä tutkivassa, mallin toisessa vaiheessa arvioidaan asiakkaan ostomääriä sekä ostopotentiaalia. Näiden ominaisuuksien avulla asiakkaat voidaan luokitella neljällä eri tavalla: hyödyntäjät (utilizers), kumppanit (partners), uudet mahdollisuudet (new opportunities) ja satunnaiset asiakkaat (chance customers). Hyödyntäjät ostavat suuria määriä, niiden ostopotentiaali on suuri ja ne ovat kooltaan yleensä suuria yrityksiä. Mikäli yritys käyttää useampia toimittajia, se on toimittavan yrityksen näkökulmasta hyödyntäjä. Kumppanit ovat yrityksiä, joiden kanssa toimittavalla yrityksellä on ollut pitkäaikainen kumppanuussuhde. Kumppanit ovat keskisuuria tai suuria yrityksiä, niiden ostovolyymi on suuri mutta ostopotentiaali pieni. Uusiin mahdollisuuksiin taas luetaan yritykset, joiden ostopotentiaali on niiden koon puolesta suuri. Ostomäärät ovat kuitenkin pieniä johtuen esimerkiksi heikoista suhteista toimittajan kanssa. Satunnaiset asiakkaat puolestaan tarkoittavat pieniä yrityksiä, joiden ostopotentiaali ja ostomäärät ovat vähäisiä. Asiakasluokat ja niiden ominaisuudet on esitetty kuvassa 5.



**Kuva 5.** Asiakkaiden luokittelu. (perustuu Huiskonen et al. 2003)

Mallin kolmannessa vaiheessa analysoidaan, millaisia vaikutuksia tuotannonohjausmuodon vaihtamisella olisi palveluasteeseen asiakkaiden kannalta. Kyseisessä vaiheessa ryhmitellään toisessa vaiheessa luokitellut yritykset palveluasteen perusteella ”parannettaviin” (improve), ”säilytettäviin” (maintain) ja ”vähennettäviin” (reduce) asiakkaisiin. Tällä jaottelulla pyritään löytämään ne yritykset, joilla on riittävästi ostopotentiaalia. ”Parannettaviin” asiakkaisiin kuuluvat sellaiset yritykset, joiden ostopotentiaalia ei ole hyödynnetty vielä täysin tai siinä on vielä parannettavaa. Toisen vaiheen jaottelun perusteella johdetuista ryhmistä tähän luokkaan kuuluvat hyödyntäjät ja uudet mahdollisuudet, joille palveluaste on tärkeä tekijä, ja joiden kohdalla palveluasteen parantaminen vaikuttaa myyntiin kasvavasti. ”Säilytettäville” asiakkaille nykyinen MTS–tuotannonohjausmuodon avulla saavutettu palvelutaso on riittävä. Siihen kuuluukin toisessa vaiheessa esitelty kumppanit –ryhmä. ”Vähennettäviin” asiakkaisiin kuuluvat satunnaiset asiakkaat ja uudet mahdollisuudet. Tässä luokassa yritys ei menetä ratkaisevia tulonlähteitä, vaikka jokin tämän luokan asiakkaista luopuisikin liiketoimista yrityksen kanssa. (Huiskonen et al. 2003)

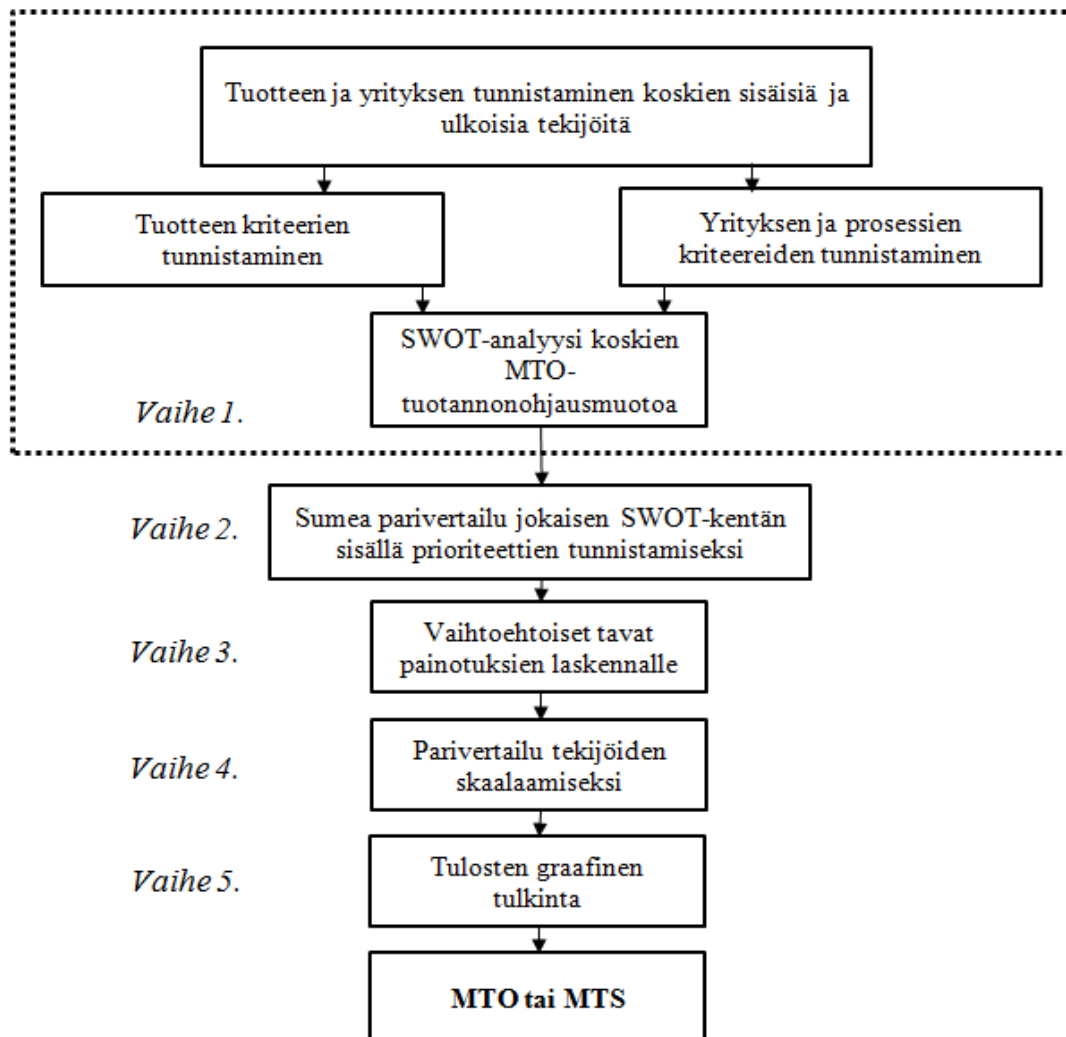
Neljännessä vaiheessa yhdistetään ensimmäinen ja kolmas vaihe eli alustavat tuotantomuotoon liittyvät päätökset ja asiakkaiden ominaisuudet. Siinä keskitytään erityisesti tarkastelemaan ”Parannettavien” ja ”Säilytettävien” asiakkaiden tarpeita, jotta liiketoimet heidän kanssaan saadaan optimoituja oikeanlaisella tuotannonohjausmuodolla. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota siihen, että palveluaste saadaan pidettyä näiden ryhmien tarpeisiin riittävänä myös sellaisten tuotteiden osalta, jotka muuten kuuluisivat MTO:lla valmistettaviin tuotteisiin. Kun tuotteet valmistetaan MTS–tuotannonohjausmuodolla, voidaan välttää toimitusaikaviivästyksiä, jolloin saadaan pidettyä mahdolliset suuren potentiaalisen asiakkaat tyytyväisinä. (Huiskonen et al. 2003)

Mallin heikkoina puolina voidaan mainita, että monimutkaisissa tilanteissa kyseisten tuotteiden ja asiakkaiden lajittelumenetelmien käytettävyydessä on joitain rajoituksia. Esimerkiksi yhdisteltäessä useampaa kuin kahta eri tekijää, seurausten ymmärtäminen voi olla vaikeaa. Lisäksi jos yrityksellä on jo valmiiksi paljon tuotteita tai asiakkaita, vaikeuttaa se edellä mainitun mallin käyttämää asiakkaiden ryhmiin lajittelua. Myös mallissa käytetty asiakkaiden jaottelu tiettyihin luokkiin voi olla ongelmallista. Tämä johtuu siitä, jos jokin

asiakas sijoittuu luokittelussa juuri ja juuri kahden eri luokan rajoille, saattaa se johtaa väärän tuotannonohjausmuodon valitsemiseen asiakkaalle. (Huiskonen et al. 2003)

### 3.3 Yhdistetyn sumean analyttisen hierarkiaproessin ja SWOT:n yhdistelmämalli

Zaerpour, Rabbani, Gharehgozli ja Tavakkoli-Moghaddam (2008) esittävät artikkelissaan mallin, jonka avulla voidaan tehdä viiden vaiheen kautta päätös siitä, valmistetaanko yrityksen jokin tietty tuote MTO- vai MTS-tuotannonohjausmuodolla. He käyttävät päätöksenteossa apunaan sumeaa analyttistä hierarkiaproessia (fuzzy analytic hierachy process) sekä SWOT-analyysia. Vaiheet on esitelty kuvassa 6.



**Kuva 6.** Sumean analyttisen hierarkiaproessin ja SWOT:n yhdistelmämallin vaiheet (perustuu Zaerpour et al. 2008).

Ensin selvitetään tuotteiden, yrityksen ja sen prosessien ominaisuudet, jotka vaikuttavat tuotteen tuotannonohjausmuodon valintaan. Artikkelissa on keskitytty arvioimaan valmistetaanko tuote MTO-, vai MTS-tuotannonohjausmuodolla. Tuotteen ominaisuuksia ovat nimikkeen hinta, tuotteen pilaantuvuus, varastointi- tai jälkitoimituskustannukset, tuotteen laatu sekä tuotteen suunnittelu. Yritykseen ja sen prosesseihin liittyviä tekijöitä ovat puolestaan työvoiman joustavuus, laitteiston joustavuus, toimituksen läpimenoaika, sijoitetun pääoman tuotto, asiakkaiden sitoutuminen, toimittajien sitoutuminen, tuotannon ja markkinoinnin yhteistyö, tuotantotilat, informaation kulku, palkkiot, asiakaspalautte sekä kysynnän vaihtelu. Mallin ensimmäiseen vaiheeseen kuuluvat näiden tekijöiden määrittäminen sekä siitä saatujen tekijöiden sijoittaminen SWOT-taulukon johonkin neljästä kentästä. (Zaerpour et al. 2008)

Toisessa vaiheessa SWOT-analyysin tekijöitä vertaillaan pareittain jokaisen kentän sisällä ja niistä pyritään löytämään tärkeimmät. Lisäksi jokaiselle tekijälle lasketaan tärkeysarvo. Esimerkiksi vahvuus-kenttään saatuja tekijöitä verrataan muihin samassa kentässä oleviin tekijöihin. Vertailussa käytetään hyväksi sumeaa päätösmatriisia (fuzzy judgement matrix). Lisäksi kolmannessa vaiheessa lasketaan muilla keinoilla tärkeysarvoja tekijöille. (Zaerpour et al. 2008)

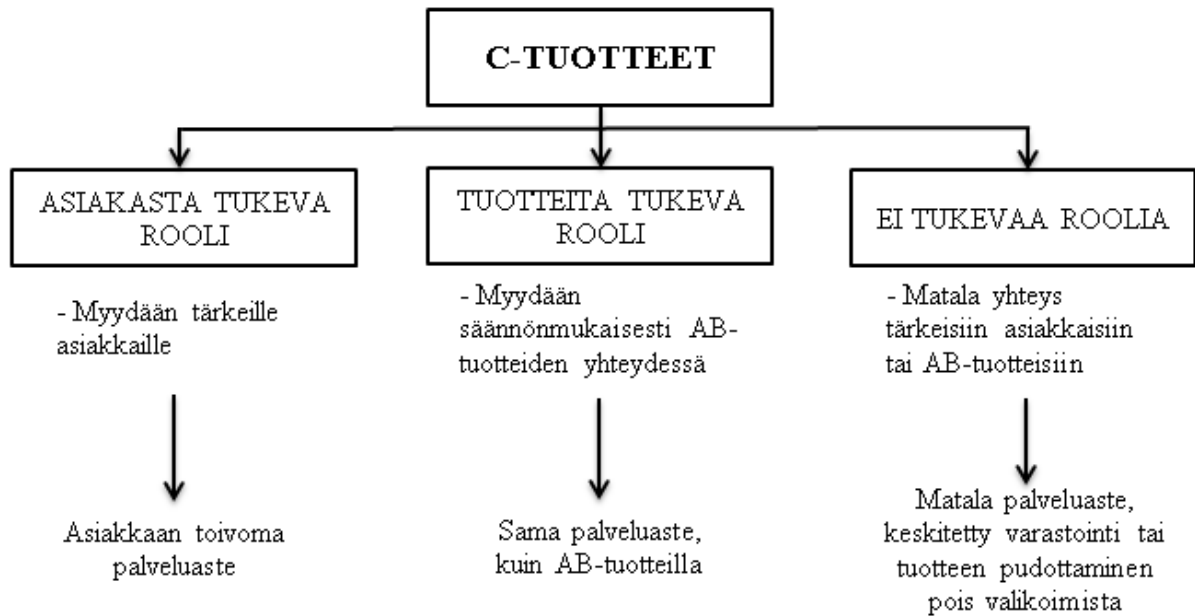
Neljännessä vaiheessa vertaillaan SWOT-analyysin neljän kentän (vahvuudet S, heikkoudet W, mahdollisuudet O ja uhat T) välisiä tuloksia. Jokaisesta kentästä valitaan yksi tekijä, jolla on korkein tärkeysarvo, ja ne asetetaan keskinäiseen tärkeysjärjestykseen samalla tavalla, kuin kohdassa 2 on tehty. Tämän jälkeen siirrytään viidenteen vaiheeseen, jossa tehdään neljännen vaiheen tulosten perusteella graafinen esitys tekijöiden saamista arvoista. Käytettävä tuotannonohjausmuoto, MTS tai MTO, valitaan vertailemalla eri kenttiä SWOT:ssa laskennallisesti. (Zaerpour et al. 2008)

Mallin vahvuuksiin voidaan lukea muun muassa tulosten selkeys, hyvä toimivuus yhdistetyssä MTO/MTS-ympäristössä sekä ulkoisten ja sisäisten tekijöiden huomioon ottaminen. Heikkouksina puolestaan voidaan mainita laskennallinen monimutkaisuus, kun tekijöitä lisätään sekä se, että malli ei ota huomioon yrityksen tuotantokapasiteettia. (Zaerpour et al. 2008)

### 3.4 ABC-analyysiin perustuvat mallit

ABC-analyysissä lopputuotteet tai esimerkiksi asiakkaat jaotellaan luokkiin niiden tärkeyden mukaan, koska Pareton periaatteen eli 80/20-säännön mukaan noin 80 % yrityksen liikevaihdosta tulee noin 20 % nimikkeistä. Jaotteluperiaatteena voidaan käyttää esimerkiksi vuotuista euromääräistä myyntiä. Jakosuhteet A-, B- ja C-luokkien suhteen voivat vaihdella, mutta yleisin prosentuaalinen jakosuhte myynnin volyymin mukaan A–B–C-luokkiin on 80–15–5, kun vastaavasti nimikkeiden prosentuaalinen määrä on 20–30–50 (Krajewski, Ritzman 1998, s. 552; Scholz-Reiter, Heger, Meinecke, Bergmann. 2012). Yksinkertaisin esimerkki ABC-analyysin hyödyntämisestä varastonohjausmuodon valinnassa on Williamsin (1984) esittelemä malli, jossa A-tuotteet valmistetaan varasto-ohjautuvasti ja B/C-tuotteet tilausohjautuvasti. Kyseinen yksinkertaistettu jako on kuitenkin Somanin, van Donkin ja Gaalmanin (2007) mukaan liian yksinkertainen käytettäväksi pelkästään, koska malli ei ota huomioon tuotteiden ominaisuuksien välisiä eroja esimerkiksi kysynnän epävarmuuden suhteen.

C-tuotteilla voi olla kuitenkin strateginen asiakkaan palvelutasoa nostava rooli. Tällöin niitä ei välttämättä kannata siirtää automaattisesti tilausohjautuviksi tai pudottaa pois valikoimasta, vaikkei niillä suoraan merkittävää myynnistä aiheutuvaa liiketoiminnallista hyötyä olisikaan. C-tuotteet voidaan jaotella palvelutason noston kannalta kolmeen eri luokkaan: tuotteisiin, joilla on asiakasta tukeva rooli (customer-supporting role), tuotteisiin, joilla on muita tuotteita tukeva rooli (product-supporting role) ja tuotteisiin, joilla ei ole kumpaakaan näistä tekijöistä (no supporting role). C-tuotteiden luokittelua on esitelty kuvassa 7. (Huisikonen, Niemi, Pirttilä 2005)



**Kuva 7.** C-tuotteiden palvelutekijät (perustuu Huiskonen et al. 2005).

Asiakasta tukevan roolin C-tuotteita ovat ne C-tuotteet, joita myydään säännöllisesti kaikista tärkeimmille, asiakkaiden ABC-analyyssissä määritellyille A-asiakkaille. Asiakastyytyväisyyden takaamiseksi kyseisiä C-tuotteita myydään näille asiakkaalle sillä palveluasteella, jolla asiakas niitä toivoo saavansa. Eli mikäli asiakas toivoo nopeaa toimitusaikaa, valitaan varastonohjausmuodoksi MTS. (Huiskonen et al. 2005)

Tuotteita tukevia C-tuotteita ovat ne tuotteet, joiden myynti on riippuvaista tiettyjen A- tai B-tuotteiden myynnistä, eli toisin sanoen ne esiintyvät tilauksissa säännömukaisesti tiettyjen A- tai B-tuotteiden kanssa. Tällöin on asiakkaan edun mukaista, että kaikilla tilaukseen liittyvillä tuotteilla on samanlainen palveluaste, ja ettei tilauksen toimitusaika venyisi C-tuotteen matalamman palveluasteen takia. Näille C-tuotteille kannattaa valita sama tuotannonohjausmuoto, kuin niihin linkitetyillä A/B-tuotteilla on. Lisäksi on C-tuotteita, joilla ei ole kumpaakaan edellä mainituista ominaisuuksista, eli asiakasta tai tuotetta tukevaa roolia. Tällaisille C-tuotteille tulee valita matala palvelutaso, yleensä MTO-tuotannonohjaus, tai poistaa tuote kokonaan tuotevalikoimasta. (Huiskonen et al. 2005)

ABC-analyysin heikkona puolena on se, että se ottaa huomioon vain tuotteen kysyntään liittyvät tekijät. Esimerkiksi tuotantoon ja markkinoihin liittyvät tekijät, joita ovat muun

muassa valmistusaika tai tuotannon vaihtoajat, jätetään siinä kokonaan huomioimatta. (Soman et al. 2004)

### 3.5 Yhdistelmämalli

Artikkelissaan Perona, Sacconi ja Zanoni (2009) esittävät mallin, jonka avulla yritys pystyy valitsemaan valmistaako se tiettyjä tuotteitaan MTO-, MTS- vai MTSFTO-periaatteella (make-to-stock-finish-to-order). Selkeyden ja yhtenäisyyden vuoksi, käsittelemme MTSFTO-tuotannonohjausta ATO:na. Artikkelissa yhdistellään muissa lähteissä kuvattuja malleja ja niitä on hyödynnetty tässä esiteltävän mallin rakentamiseen. Malli koostuu neljästä vaiheesta, jotka ovat tuotteiden yhdistely ryhmiin kysynnän määrän ja asiakkaan ominaisuuksien perusteella, asiakastilauksen kytkentäpisteen määrittäminen kysyntään ja asiakkaisiin perustuvan analyysin avulla, tuotteiden varastontäydennysmuotojen valitseminen sekä parametrien laskeminen varastontäydennysmuodon käyttöönottoa varten. Mallissa ei ole otettu huomioon tuotteiden pilaantuvuutta eikä tuotantokapasiteetin rajoituksia.

Mallin ensimmäinen vaihe on jakaa yrityksen moduuliosat ja lopputuotteet toistensa kanssa samanlaisiin ryhmiin ABC-analyysin avulla. ABC-analyysi toteutetaan kysyntähistorian perusteella. Tuoteryhmiä mallissa on viisi erilaista, joista kolmeen ensimmäiseen kuuluu lopputuotteita ja muihin moduuliosia. Ryhmään 1 kuuluvat korkean ja säännöllisen kysynnän tuotteet, joita toimitetaan usealle asiakkaalle. Toinen ryhmä on muuten samanlainen kuin ensimmäinen, mutta sen tuotteita tilaa vain yksi asiakas. Kolmanteen ryhmään puolestaan kuuluvat tuotteet, joiden kysyntä on arvaamatonta ja tilausten määrä on alhaisempi kuin kahdessa edellisessä. Ryhmiin 4 ja 5 kuuluvat alhaisen kysynnän tuotteet. Neljännessä ryhmässä lopputuotteet koostuvat yleisimmistä moduuliosista, kun taas viidennessä ryhmässä lopputuotteet koostuvat harvemmin käytetyistä moduuliosista. (Perona et al. 2009)

Asiakastilauksen kytkentäpisteen määrittäminen eri tuoteryhmille on mallin toinen vaihe. Tuotteiden tuotannonohjausmuotojen määrittelyssä hyödynnetään Huiskosen et al. (2003) esittämää mallia ja tuotteet jaetaan valmistettavaksi MTO-, MTS- tai ATO-periaatteella. Ryhmille 1 ja 2 valitaan MTS-tuotannonohjaus ryhmien suuren ja tasaisen kysynnän vuoksi. Ryhmälle 4 valitaan ATO-tuotannonohjaus, koska ryhmän lopputuotteilla on pieni ja

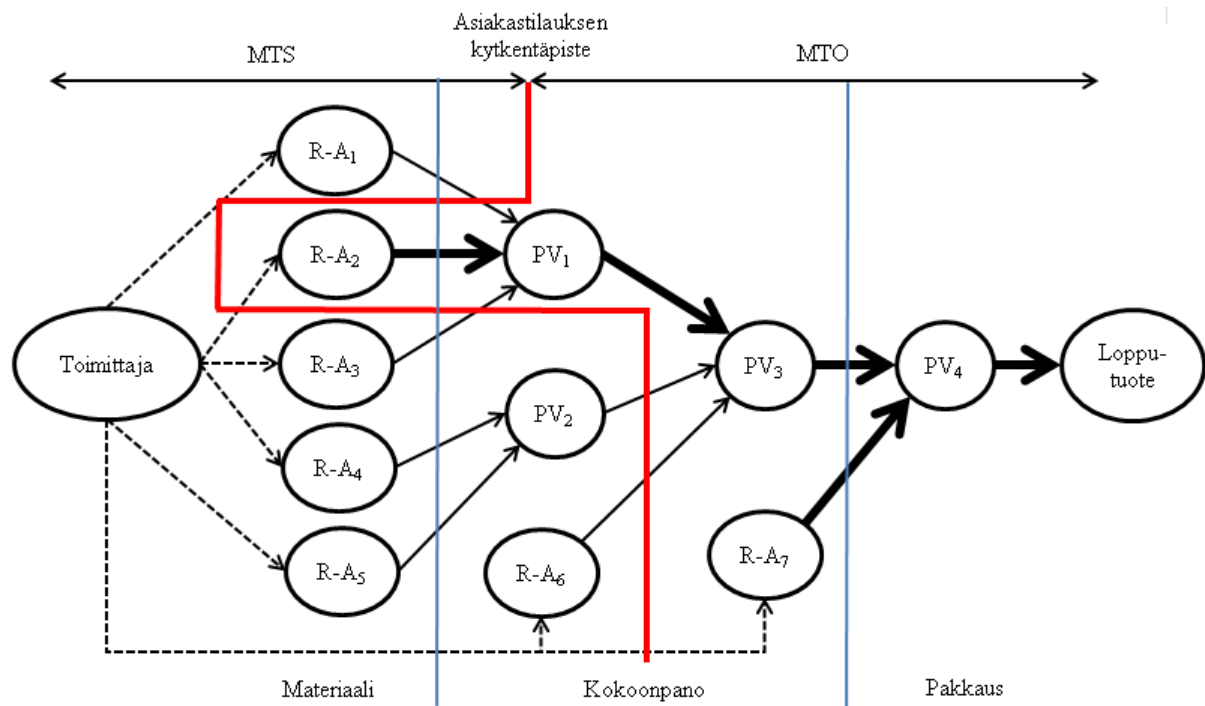


arvaamaton kysyntä, mutta monet ryhmän tuotteista käyttävät samoja moduuliosia, joihin puolestaan kohdistuu suhteellisen suuri ja tasainen kysyntä. Ryhmille 3 ja 5 valitaan MTO-tuotannonohjausmuoto ryhmien pienen ja epätasaisen kysynnän vuoksi. (Perona et al. 2009)

Kolmas vaihe käsittää tuotteiden varastontäydennysmuodon valitsemisen. Ensimmäisen ryhmän varastontäydennysmuodoksi valitaan kiinteän aikavälin uudelleentilausmenetelmä. Siinä varastoa täydennetään säännöllisin aikavälein takaisin tavoitetasoon. Toisen ryhmän kohdalla on edullista tehdä yhteistyötä asiakkaan kanssa. Näin saadaan tietoa asiakkaaseen kohdistuvasta kysynnästä, jonka avulla voidaan suunnitella raaka-ainetilauksia ja tuotantoa etukäteen. Tilausohjautuva kolmas ryhmä käyttää taloudellisen eräkoon täydennystä. Neljäs ja viides ryhmä käyttävät täydennykseen L4L-menetelmää (lot-for-lot). Neljännessä vaiheessa täydennysmenetelmille laaditaan lisäksi täydennysparametrit. (Perona et al. 2009)

### **3.6 Supply network – Toimitusketjuista kohti toimitusverkostoa**

Sun, Ji, Sun ja Wang (2008) käsittelevät artikkelissaan tilannetta, jossa lopputuote rakentuu useista komponenteista, joilla voi olla useita eri tavarantoimittajia, ja kutsuvat siksi ympäristöä toimitusketjun sijaan toimitusverkostoksi (supply network). Artikkelissaan he rakentavat lopputuotteen komponenttien tuotannonohjausmuodon valintaa varten mallin, jonka avulla määritellään jokaiselle yksittäiselle komponentille ja puolivalmisteelle joko MTO- tai MTS-tuotannonohjausmuoto. Esimerkki tällaisesta tapauksesta on kuvassa 8 esitelty BOM (Bill Of Materials, materiaaliluettelo), jossa R-A kuvaa raaka-ainetta ja PV puolivalmistetta. Katkoviivat kuvaavat nollasiirtoaikaa, ohut nuoli MTS-prosessia ja paksu nuoli MTO-prosessia. Punainen viiva kuvaa asiakastilauksen kytkentäpistettä, eli sen vasemmalla puolella olevat komponentit ovat varasto-ohjautuvia ja oikealla puolella tilausohjautuvia. Lisäksi siniset viivat jakavat kaavion prosessit materiaalien varastointiin, kokoonpanovaiheeseen ja pakkaukseen.



**Kuva 8.** BOM, materiaaliluettelo (perustuu Sun et al. 2008)

Artikkelin mallissa lasketaan toimitusketjun kustannukset kullekin tuotteen komponentille erikseen fyysisten kustannusten (physical cost) ja markkinoitavuuskustannusten (marketability cost) summana sekä MTO- että MTS-tuotannonohjausmuotojen tilanteissa. Fyysisiin kustannuksiin mallissa lasketaan asetus-, tilaus- tuotanto-, toimitus- sekä varastonpitokustannukset. Markkinoitavuuskustannuksiin lasketaan varaston loppumiskustannukset (stock-out costs) sekä spesifisyyskustannukset (specificity costs). Varaston loppumiskustannuksia ovat ne kustannukset, jotka aiheutuvat varaston loppumisesta, esimerkiksi menetettyjen tilausten tai jopa menetettyjen asiakkaiden tapauksessa. Komponentin spesifisyyskustannus liittyy siihen, että yleensä raaka-ainetasoa pidemmälle jalostettuja komponentteja ei voida ainakaan suoraan käyttää ilman lisäinvestointeja muuta kuin niille alun perin suunnitellussa käyttötarkoituksessa. Esimerkiksi jonkun tuotteen raaka-aineita voi olla helppo käyttää muihinkin tarkoituksiin, mutta niistä yhdistettyjä puolivalmisteita ei välttämättä enää voi käyttää. Malli ottaa huomioon myös komponenttien kysynnän määrän, todennäköisyyden, keskihajonnan ja tilausvälin, niiden hankintaan kuluvan ajan sekä tuotannon ja tilauksen läpimenoajat. Lopulta kunkin komponentin MTO- ja MTS-laskelmien kokonaiskustannusten erotuksista saadaan selville kunkin optimaalinen varastonohjausmuoto. (Sun et al. 2008)

Sunin et al. (2008) mallissa todetaan, että mikäli kysynnän hajonta kasvaa, toimitusketjun kustannukset eivät nouse niin kauan, kun asiakas on halukas joustamaan toimitusajassa. Mikäli toimitusverkoston kustannuksia on laskettava, vaihtoehtoina on joko saavuttaa parempi kysynnän ennustamisen taso kysynnän hajonnan vähentämiseksi tai tulla asiakasta vastaan pienentämällä hankinta-, tuotanto-, kokoonpano- ja toimitusaikoja tai valmistamalla pienempiä eräkokoja.

Lisäksi mallissa määritellään lopputuotteen valmistuksen kriittinen polku tilauksen läpimenoajan avulla siten, että jokainen lopputuotteen komponentti tai osa, jonka viivästyminen aiheuttaisi koko tuotteen läpimenoajan viivästyksen, kuuluu kriittiseen polkuun. Koska kriittisen polun komponenttien toimitusvarmuuden on oltava erittäin hyvällä tasolla, jotta lopputuotteen toimitusaika ei viivästyisi, mallissa kehoitetaan valitsemaan nämä kriittisen polun komponenttien toimittajat strategisiksi kumppaneiksi, joihin kannattaa pitää hyvät toimittajasuhteet. Toisaalta toimittajat kehoitetaan myös kilpailuttamaan sekä etsimään kriittisille komponenteille myös niin sanottu varatoimittaja. (Sun et al. 2008)

Sunin et al. (2008) malli on monipuolinen, ja se ottaa huomioon monia tekijöitä, joita muissa malleissa ei huomioida. Malli käsittelee tuotannonohjausmuodon valintaa lopputuotteiden asemasta komponenttitasolla, mikä tuo varastonohjaukseen uuden ulottuvuuden. Kun useimmissa muissa malleissa vaihtoehtoisia tuotannonohjausmuotoja lopputuotteille ovat vain MTO ja MTS, Sunin et al. (2008) mallissa komponenteille valitaan joko MTO- tai MTS-tuotannonohjaus, mikä johtaa käytännössä lopputuotteiden valmistamiseen erilaisilla ATO-variaatioilla. Kääntöpuolena malli on osittain niin monimutkainen, että mallin tulosten tulkintaan ja sen käytön vaatimuksena olevaan kysyntätiedon jakamiseen tavarantoimittajien välillä tarvitaan varta vasten kyseisiä käyttötarkoituksia varten räätälöityjä tietokoneohjelmia.

## 4 SEKATUOTANNON OMINAISUUDET

Yrityksessä tuotannonohjausmuodon valinnan päätöksenteon ongelmana on usein se, että mikäli tuotannonohjaus hoidettaisiin pelkästään MTO–menetelmällä, toimitusajat ja palveluaste kärsisivät, ja pelkkä MTS–menetelmä taas johtaisi ylisuuriin varastoihin. Tästä syystä monissa yrityksissä on päädytty sekatuotantoon, jossa eri tuotteita ohjataan eri tuotannonohjausmuodoilla. (Perona et al. 2009) Vaikka moni yritys käyttää useampaa kuin yhtä tuotannonohjausmuotoa, sekatuotannosta on olemassa hyvin vähän kirjallisuutta (Soman, van Donk & Gaalman 2006). Tutkimukset ovat osoittaneet, että sekä kustannuksia että tuotannon läpimenoaikaa saadaan pudotettua merkittävästi, kun yritys valmistaa tuotteensa sekatuotannolla verrattuna tilanteeseen, jossa tuotanto hoidettaisiin vain yhdellä tuotannonohjausmuodolla. (Kaminsky & Kaya 2009; Adan & van der Wal 1998)

Sekatuotanto vaatii yritykseltä ja erityisesti tuotannosuunnittelulta joustavuutta, sillä eri tuotannonohjausmuodon tuotteilla on erilaiset strategiset tavoitteet. Yritys voi esimerkiksi päättää valmistaa alhaisen kysynnän ajanjaksoina MTS–tuotteita varastoon, jotta kapasiteetti riittäisi MTO–tuotteille, kun kysyntä taas kasvaa. Se kuinka paljon tuotteita tulisi milloinkin valmistaa varastoon kapasiteetin riittämiseksi, voi olla vaikeaa linjata. (Soman et al. 2004)

Yrityksen kannattaa valmistaa kaikki tuotteet, jotka esiintyvät usein samassa asiakastilauksessa, samalla palveluasteella, jotta kaikilla asiakastilauksen tuotteilla olisi yhtenäinen palveluaste (Huiskonen et al. 2005). Jos yritys valmistaa tuotteita sekatuotannolla, ja asiakas tilaa samassa tilauksessa tuotteita, joilla on erilainen tuotannonohjausmuoto, aiheutuu tilanteesta usein lisäkustannuksia. Käytännössä tilanne aiheuttaa joko kuljetuskustannusten kasvun, kun osa tuotteista täytyy toimittaa jälkitoimituksina, tai koko tilauksen toimitusajan viivästymisen, mikäli asiakas haluaa koko tilauksen kerralla. Vaikka osa tuotteista olisikin valmiina hyllyssä, toimitus viivästyy, koska osa tilauksen tuotteista valmistetaan vasta asiakkaan tilauksesta.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tärkeimpiä tuotannonohjausmuodon valintaan vaikuttavia tekijöitä, jotka toistuivat useissa malleissa, ovat tuotteeseen tai komponenttiin kohdistuva kysyntä, sen hajonta, asiakkaan ominaisuudet, tuotannon ja tilauksen läpimenoaikojen suhde, sekä yleisesti markkinoilla vallitsevat ratkaisutekijät. Monet esitellyt mallit ovat käyttökelpoisia vain osalle teollisuusyrityksistä. Kuten todettiin, elintarviketeollisuudessa yritysten täytyy ottaa huomioon erilaisia asioita kuin esimerkiksi metalliteollisuudessa. Lisäksi monet tekijät, jotka pyritään malleissa huomiomaan, voivat olla vaikeasti ennustettavissa.

Useimmat tässä opinnäytetyössä esitellyt mallit edustavat sitä näkemystä, että MTO-tuotannonohjausmuodolla tyydytetään pientä kysyntää, vaikka voi olla, että tuotteiden kustomointimahdollisuudet voivat lisätä sitä. Voi myös olla, kuten van Donk (2001) artikkelissaan kirjoitti, että tilausohjautuvaan tuotantoon voidaan siirtyä pitkäaikaisen asiakkaan ja toimittajan välisen yhteistyön ansiosta.

Yksiselitteisesti malleista ei voi antaa mitään tiettyä edes toimialakohtaista suositusta, eikä eri malleja voida laittaa paremmuusjärjestykseen, sillä ne ottavat huomioon eri asioita, ja jokainen yritys toimii eri tavalla. Valitessaan mallia tuotannonohjausmuodon valintaan yrityksen täytyy ensin analysoida karsinta- ja ratkaisutekijät niille markkinoille, joilla yritys toimii. Lisäksi yrityksen kannattaa perehtyä erilaisiin malleihin, ja valita käyttöönsä se, jonka yritys katsoo vastaavan mahdollisimman paljon yrityksen sisäisiä ja ulkoisia tekijöitä. Tässä työssä on lisäksi jätetty pois useita laskennallisia malleja niiden havainnollisen esittämisen vaikeuden takia. Myös mallit, jotka pohjautuvat tiukasti johonkin tiettyyn case-yritykseen on jätetty pois niissä tehtyjen oletusten vuoksi. Toisaalta jos jonkun toisen yrityksen toimiala- ja markkinatilanne on hyvin samanlainen kuin näissä case-yrityksiin sidotuissa malleissa, voisivat nekin olla erittäin käyttökelpoisia.

Tuotannonohjausmuodon valinnalle haasteena on myös se, että joskus valinnan rajoitteena pidetyt tekijät eivät ole todellisia. Esimerkiksi joissain tilanteissa asiakkaan ilmoittama toimitusaikavaatimus ei välttämättä pidä paikkaansa, jos asiakas on tottunut saamaan

tuotteensa lyhyellä toimitusajalla. Todellisuudessa asiakas voisi tietämättään suosia pidemmästä toimitusajasta mahdollistuvaa matalampaa hintaa.

Tässä opinnäytetyössä esitellyt tuotannonohjausmuodon valintaa avustavat mallit ja niiden taustatutkimus ovat osoittaneet, että yrityksen on usein kannattavaa valita itselleen mieluummin yhdistelmä tuotannonohjausmuodoista kuin yksittäinen muoto. Voidaan siis sanoa, että yritysten kannattaa ainakin tutkia eri tuotannonohjausmuotojen yhdistämisestä aiheutuvia hyötyjä. Vaikka yrityksen nykytila tuntuisi toimivan yhdellä tuotannonohjausmuodolla hyvin, sekatuotannolla on todettu olevan paljon myönteisiä vaikutuksia niin kustannuksiin, läpimenoaikoihin kuin kilpailutekijöihin.

## 6 LÄHTEET

Adan, I., van der Wal, J. 1998. Combining make to order and make to stock. *Operations-Research Spectrum*. Vol. 20, nro. 2, s. 73–81.

Arnold J., Chapman S. & Lloyd M. 2008. Introduction to Materials management. Prentice Hall. 515 s.

van Donk, D. 2001. Make to stock or make to order: The decoupling point in the food processing industries. *International Journal of Production Economics*. Vol. 69, nro. 3, s. 297–306.

Gosling, J., Naim, M. 2009. Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda. *International Journal of Production Economics*. Vol. 122, nro. 2, s. 741–754.

Hill, T., 2000. Manufacturing Strategy—Text and Cases. Palgrave. Houndmills. Hampshire. 588 s.

Huiskonen, J., Niemi, P., Pirttilä, T. 2003. An approach to link customer characteristics to inventory decision making. *International Journal of Production Economics*. Vol. 81–82, s. 255–264.

Huiskonen, J., Niemi, P., Pirttilä, T. 2005. The role of C-products in providing customer service – refining the inventory policy according to customer-specific factors. *International Journal of Production Economics*. Vol. 93–94, s. 139–149.

Huiskonen, J. 2012. Toimitusketjun hallinta -luentomateriaali. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Kaminsky, P., Kaya, O. 2009. Combined make-to-order/make-to-stock supply chains. *IIE Transactions*. Vol. 41, nro. 2, s. 103–119.

Krajewski, L. Ritzman, L. 1998. Operations management: strategy and analysis. Prentice Hall. 912 s.

Olhager, J. 2003. Strategic positioning of the order penetration point. *International Journal of Production Economics*. Vol. 85, nro. 3, s. 319–329.

Olhager, J., 2010, The role of the customer order decoupling point in production and supply chain management. *Computers in Industry*. Vol. 61, nro. 9, s. 863–868.

Perona, M., Saccani, N., Zanoni, S. 2009. Combining make-to-order and make-to-stock inventory policies: an empirical application to a manufacturing SME. *Production Planning & Control*. Vol. 20, nro. 7, s. 559–575.

Porter, K., Little, D., Peck, M., Rollins, R. 1999. Manufacturing classifications: relationships with production control systems. *Integrated Manufacturing Systems*. Vol. 10, nro. 4, s. 189–199.

Rajagopalan, S. 2002. Make to Order or Make to Stock: Model and Application. *Management Science*. Vol. 48, nro. 2, s. 241–256.

Scholz-Reiter, B., Heger, J., Meinecke, C., Bergmann, J. 2012. Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: practical investigation at an industrial company. *International Journal of Productivity and Performance Management*. Vol. 61, nro. 4, s. 445–451.

Soman, C., van Donk, D., Gaalman, G. 2004. Combined make-to-order and make-to-stock in a food producing system. *International Journal of Production Economics*. Vol. 90, nro. 2, s. 223–235.



Soman, C., van Donk, D., Gaalman, G. 2006. Comparison of dynamic scheduling policies for hybrid make-to-order and make-to-stock production systems with stochastic demand. *International Journal of Production Economics*. Vol. 104, nro. 2 , s. 441–453.

Soman, C., van Donk, D., Gaalman, G. 2007. Capacitated planning and scheduling for combined make-to-order and make-to-stock production in the food industry: An illustrative case study. *International Journal of Production Economics*. Vol. 108, nro. 1–2, s. 191–199.

Sun, X., Ji, P., Sun, L., Wang, Y. 2008. Positioning multiple decoupling points in a supply network. *International Journal of Production Economics*. Vol. 113, nro. 2, s. 943–956.

Wikner, J., Tang, O. 2008. A structural framework for closed-loop supply chains. *The International Journal of Logistics Management*. Vol. 19, nro. 3, s. 344–366.

Williams, T. 1984. Special products and uncertainty in production / inventory systems. *European Journal of Operations Research*. Vol. 15, nro. 1, s. 46–54.

Zaerpour, N., Rabbani, M., Gharehgozli, A. H., Tavakkoli-Moghaddam, R. 2008. Make-to-order or make-to-stock desicion by a novel hybrid approach. *Advanced engineering informatics*. Vol. 22, nro. 2, s. 186–201.