

Janna Peuranen

# VARASTON HALLINTA TUOTANNON- SUUNNITTELUN KEINAIN VARASTO- OHJAUTUVASSA TUOTANNOSSA

Diplomityö  
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta  
Tarkastajat: Professori Jussi Heikkilä  
Associate professor Aki Jääskeläinen  
Marraskuu 2022

# TIIVISTELMÄ

Janna Peuranen: Varaston hallinta tuotannosuunnittelun keinoin varasto-ohjautuvassa tuotannossa  
Diplomityö  
Tampereen yliopisto  
Konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma  
Marraskuu 2022

---

Tässä työssä tutkittiin pehmopapereita valmistavan tehtaan jalostuslinjojen varastojen hallintaa tuotannosuunnittelun keinoin. Tarkasteltavat jalostuslinjat valmistavat vessa- ja talouspapereita, jotka tuotteiden rakenteesta johtuen vievät suuren osan käytettävissä olevasta varastokapasiteetista.

Työn tavoitteena tuotannosuunnittelun osalta oli määrittää kohdeyrityksen tuotannosuunnittelun nykytila ja mihin nykytilassa tehdyt valinnat perustuvat. Nykytila-analyysin lisäksi työn tavoitteena oli laskea tarkasteltaville jalostuslinjoille minimi-, tavoite- ja maksimivarastotasot varmuusvaraston laskennan avulla ja verrata niitä nykytilan vastaaviin varastotasojen laskuihin. Nykytilan laskennassa käytettiin pohjatietoina kohdeyrityksen toimintaa vuonna 2019, jossa tuotanto, kysyntä ja menekki on ollut normaalia vastaavaa eikä esimerkiksi koronaviruspandemia ole vaikuttanut merkittävästi tilanteeseen. Lisäksi työn tavoitteena oli määrittää yhdelle jalostuslinjalle varastokiertonopeus sekä tarkasteltavien linjojen tuotannosuunnitteluun liittyvät haasteet ja kehitysehdotukset. Työn tavoitteena varastonohjauksen kannalta oli määrittää tarkasteltavien linjojen tuotteiden määrälle osuus, jonka ne saavat viedä varastonkokonaiskapasiteetista sekä määrittää toimenpiteet, joilla varaston ja tuotannosuunnittelun yhteistyötä voi parantaa tuotannosuunnittelun näkökulmasta huomioiden tuotteisiin kohdistuvat myynninedistys kampanjat.

Tutkimuksessa hyödynnettiin sekä laadullisia, että määrällisiä tutkimuskeinoja nykytilan ja laskennallisen analyysin tukena. Teorian ja historiadatan perusteella luotiin kehitysehdotuksia nykytilassa tunnistettujen haasteiden ja varastonhallinnan keinojen tueksi. Kehitysehdotuksena työ esittää yhteistyön parantamista eri osastojen välillä sekä tuotannosuunnittelun, että varastonhallinnan osalla. Erityisesti pienentyneen varastokapasiteetin haasteiden osalta varaston ja tuotannosuunnittelun viestinnän ja yhteistyön kehittäminen on tärkeää, jotta varastokapasiteetti saadaan hyödynnettyä tehokkaasti ja huomioitua tuotannosuunnitteluprosesseissa.

Tehty tutkimus vahvistaa nykytilan varastotasojen laskennasta saatavien tulosten vastaavan teoreettista viitekehystä ja tuotannosuunnitteluprosessin haasteiden aiheutuvan usein kohdeyrityksen eri osastojen välisistä eriävistä tavoitteista. Varastonhallinnan kannalta työn tuloksena saatiin luotua alustavat rajat tarkasteltavien linjojen tuotteiden määrälle huomioiden pienentyneen kokonaisvarastokapasiteetin.

Avainsanat: Tuotannosuunnittelu, varastonohjaus, varmuusvarasto, varasto-ohjautuva tuotanto, varastokapasiteetti

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# ABSTRACT

Janna Peuranen Inventory management in Make-to-stock production by production planning  
Master's Thesis  
Tampere University  
Master's Degree Programme in Mechanical Engineering  
November 2022

---

This thesis considers inventory management for tissue manufacturer by means of production planning. This thesis considers three converting lines that produce toilet and household paper. End products takes up a large part of target company's storage capacity because products consist mainly air. The aim for this thesis is analyze current state of production planning and basis on choices related to production planning. In addition to the current state analysis, the minimum, target, and maximum stock levels for the considered converting lines were calculated using the safety stock calculations and compared to the corresponding stock level calculations of the current state. In the calculation of the current state, the operations of the target company in 2019 were used as basic data, where production, demand and sales have been similar to normal and, for example, the coronavirus pandemic has not significantly affected sales and demand. In addition, the goal of the thesis was to determine the inventory turnover rate for one converting line, as well as the challenges and development proposals related to the production planning of the considered converting lines.

The aim of the research in terms of inventory management was to determine the proportion of the products of the lines in question that they are allowed to take out of the total warehouse capacity, and to determine the measures by which the cooperation between the warehouse and production planning can be improved from the perspective of production planning, taking into account the sales progress campaigns aimed at the products.

The research used both qualitative and quantitative research methods to support the current state and computational analysis. Based on theory and historical data, development proposals were created to support the identified challenges and inventory management methods in current state. As a development proposal, the research presents the improvement of cooperation between different departments, both in terms of production planning and inventory management. Especially regards to the challenges of reduced storage capacity, the development of communication and cooperation between warehouse and production planning is important so that storage capacity can be utilized effectively and taken into consideration in production planning processes.

The research confirms that the results obtained from the calculation of the current stock levels correspond to the theoretical reference framework and that the challenges of the production planning process are often caused by the different aims between the different departments of the target company. In terms of inventory management, the result of the thesis was to create preliminary limits for the number of products of the lines under consideration, considering the reduced total storage capacity.

Keywords: Production planning, inventory management, safety stock, make-to-stock

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

# ALKUSANAT

Vielä viime keväänä tämän diplomityön valmistuminen tämän vuoden aikana tuntui kaukaiselta haaveelta, kuten ikuisen teekkarin laulussa todetaan ”unelma vain on diplomityömme –”. Kuitenkin tämä työ valmistui kuin valmistuikin ja toteutti unelman valmiista diplomityöstä.

Tämä diplomityö tehtiin toimeksi antona Metsä Tissuelle. Tämän diplomityön aiheen kautta sain syventyä ja kehittää ammatillista osaamista tuotannosuunnittelusta ja varastonhallinnasta käytännönläheisellä tavalla. Diplomityön tekeminen haastoi minua ajankäytöllisesti sekä antoi kokemusta tuotannosuunnittelusta sekä siihen liittyvistä haasteista. Yksin en olisi saanut tätä työtä valmiiksi, joten haluan kiittää kaikkia työssäni mukana olleita.

Haluan kiittää erityisesti Metsä Tissuen Kati Järivistä, joka on ollut aktiivisesti mukana työssäni kommentoiden työni sisältöä erityisesti nykytila-analyysin osalta. Haluan kiittää Metsä Tissuen osalta kaikkia nykytilan kartoittamiseen haastattelemia henkilöitä sekä tietenkin kaikkia työkavereitani kiinnostuksesta diplomityöni aihetta kohtaan.

Professori Jussi Heikkilää haluan kiittää sujuvasta ohjauksesta ja tärkeistä kommentteista, joilla sain tämän työn kokonaisuudesta ehjän ja sisällöltään

Kiitokset ansaitsevat myös kaikki, jotka ovat olleet mukana yli kuuden vuoden opiskeluideni aikana ja tehneet näistä vuosista ikimuistoiset. Kiitokset myös perheelleni ja muille läheisille tsempeistä opintojeni viimeistelyyn.

Tampereella, 9.11.2022

Janna Peuranen

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
1.1 Työn tausta ja tutkimusongelma.....	1
1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset .....	2
1.3 Tutkimusmenetelmät ja aineisto.....	5
1.4 Työn rakenne.....	7
2. TUOTANNON JA VARASTON SUUNNITTELU JA OHJAUS.....	8
2.1 Toimitusketju ja toiminnan ohjaus .....	8
2.2 Tuotannonohjausprosessi .....	12
2.2.1 Kokonaissuunnittelu ja ennusteet.....	14
2.2.2 Karkeasuunnittelu .....	17
2.2.3 Hienosuunnittelu .....	20
2.3 Tuotantomuodon vaikutus tuotannon ohjaukseen .....	20
2.4 Varastot ja niiden ohjaus.....	22
2.5 Varastojen täydennys ja varmuusvarasto.....	25
3. NYKYTILA-ANALYYSI.....	30
3.1 Tuotannonsuunnittelun nykytila-analyysi.....	30
3.2 Hienosuunnittelun periaatteet.....	31
3.3 Tuotannon tavoitteet .....	33
3.4 Varaston hallinta tuotannonsuunnittelun näkökulmasta.....	34
3.5 Tuotannonsuunnittelua tukevat toiminnot.....	37
3.6 Tuotannonsuunnittelun haasteet .....	38
4. ANALYYSIN TULOKSET .....	42
4.1 Analyysin pohjatiedot .....	42
4.2 Laskennassa käytetyt oletukset .....	44
4.3 Varastoanalyysin tulokset.....	46
4.3.1 Varmuusvaraston laskenta ja analysointi .....	46
4.3.2 CR2 varaston kiertonopeus.....	48
4.3.3 CR-linjojen osuus kokonaisvarastosta.....	48
4.4 Varaston ja tuotannonsuunnittelun yhteistyö.....	51
5. TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	53
5.1 Kehitysehdotukset.....	54
5.1.1 Lyhyen aikavälin kehitysehdotukset .....	54
5.1.2 Pidemmän aikavälin kehitysehdotukset.....	56
5.2 Tutkimuskysymysten vastaukset ja päätelmät.....	57
5.3 Tutkimuksen arviointi .....	58
5.4 Jatkotutkimuskohteet .....	60
LÄHTEET.....	62

# LYHENTEET JA MERKINNÄT

ATO	<i>engl. Assemble to order, asiakasohjautuva tuotanto</i>
ATP	<i>engl. Available to promise eli asiakkaalle luvattavissa oleva vapaa- seen määrään perustuva suunnittelu</i>
CR-linjat	<i>Kohdeyrityksen pehmopaperin jalostuslinjat, jotka tuottavat talous- ja toilettipaperia kuluttajille</i>
EDI	<i>engl. Electronic Data Interchange, sähköinen ja automaattinen da- tan siirto yrityksestä toiseen, käytössä esimerkiksi asiakastilauk- sissa</i>
ETO	<i>engl. Engineer to order, asiakasohjautuva tuotesuunnittelu</i>
MPS	<i>engl. Make to stock, varasto-ohjautuva tuotanto</i>
MTS	<i>engl. Master production schedule, karkeasuunniteltu tuotanto</i>
MTO	<i>engl. Make to order, tilausohjautuva tuotanto</i>
S&OP	<i>engl. Sales and operations planning, myynnin ja toimintojen suun- nittelu</i>
B	<i>Varmuusvarasto</i>
$D_{ave}$	<i>Kysynnän keskiarvo</i>
K	<i>Haluttua palvelutasoa vastaava varmuuskerroin</i>
L tai LT	<i>Hankinta- tai läpimenoaika</i>
MAD	<i>engl. Mean average deviation, ennustemittari</i>
<i>μennuste</i>	<i>Ennusteen keskiarvo tarkasteluajanjaksolla</i>
$\sigma_L$	<i>Tuotteen toimitusajan keskihajonta</i>
$\sigma_D$	<i>Menekin keskihajonta</i>
S	<i>Myynnin standardipoikkeama</i>
Z	<i>Normaalijakauman taulukosta saatava palvelutasoa vastaava ker- roin</i>

# 1. JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta ja tutkimusongelma

Tämän diplomityön kohteena on Metsä Tissuen Mäntän tehdas. Metsä Tissue on osa Metsä Groupia, joka on kansainvälisillä markkinoilla toimiva suomalainen metsäteollisuuden yritys. Euroopan tasolla Metsä Tissue on yksi merkittävimmistä kotitalous ja ammattilaiskäyttöön tarkoitettujen pehmopaperin valmistajista. Tiivispapereiden osalta Metsä Tissuen osuus markkinoilla on merkittävä maailman laajuisesti. Metsä Tissuen tuotteita valmistetaan Suomessa, Ruotsissa, Saksassa, Puolassa sekä Slovakiassa. Metsä Tissue pyrkii valmistamaan myytävät tuotteet mahdollisimman lähellä kuluttajia, mikä vähentää kuljetuksia ja siten hiilidioksidipäästöjä. Metsä Tissuen tunnetuimpia brändejä suomalaisille ovat Lambi, Serla, Katrin sekä Saga. (Metsä Tissue 2022a)

Suomessa Metsä Tissuen tehtaita on vain yksi, joka sijaitsee Mäntässä. Tämän diplomityön kohteena olevalla Mäntän tehtaalla on kolme pehmopaperikonetta, yksi tiivispaperia valmistava paperikone sekä 11 pehmopaperin jalostuslinjaa. Mäntän tehtaalla valmistetaan vessapaperia, talouspaperia, käsipyyhkeitä, nenäliinoja, teollisuuspyyhkeitä sekä ruuanvalmistuksessa käytettäviä tiivispapereita. Mäntän tehtaalla valmistetaan päivittäin noin 340 tonnia pehmopaperia, mikä vastaa pelkästään vessapaperiksi muutettuna 3 miljoonaa rullaa. Mäntän tehtaalla on myös päivittäin vilkas kuormaliikenne, sillä sieltä lähtee päivittäin noin 30 rekkaa pehmopaperia tuotteita kauppoihin myyntiin. (Metsä Tissue 2022b)

Mäntässä pehmopaperia valmistetaan kolmella paperikoneella. Paperikoneilla syntyneet isot pehmopaperirullat syötetään jalostuslinjalle, jossa niihin tehdään halutut painokuviot painoteloilla. Kun halutut kuviot on painettu, paperin eri kerrokset laminoidaan yhteen. Tämän jälkeen valmis paperi kelataan pahvisen hylsyn ympärille ja syntyneet pitkät pehmopaperitangot sahataan oikean mittaisiksi. Valmiit vessa- ja talouspaperirullat ohjataan omien ratojensa kautta oikean kokosiin pakkauksiin. Vessapaperit pakataan joko 8, 16, 24 tai 32 rullan pakkauksiin. Talouspaperirullat taas pakataan 3, 4, 12, 16 tai 32 rullan pakkauksiin. Näitä pakkauksia voidaan säkittää suuremmiksi säkeiksi, jonka jälkeen ne etenevät kuljettimia pitkin lavoille, jossa lavan täytyttyä, ne kääritään vielä kuljetusta varten muoveihin. Lavauksen jälkeen valmiit tuotelavat siirretään varastoon ja sieltä eteenpäin asiakkaille. Kun tuotantoon tulee eri tuote tai eri pakkaukoko, linjalle tarvitsee tehdä muutoksia. Esimerkiksi eri kuviointia varten vaihdetaan painotela tai eri pakkaukoko

varten muutetaan rullien jakoa pakkauksiin. Valkoisen ja keltaisen vessapaperin tuotannon välissä linja puhdistetaan väreistä ja pölystä, jotta paperista saadaan halutun laatuista ja väristä. Toilettilinjat pystyvät tuottamaan minuutissa tuhat rullaa vessapaperia. Pehmopaperit ovat valmiina tuotteena todella kuohkeita ja ilmavia ja vievät siksi suuren osan varastokapasiteetista.

Tuotteita ei muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta valmisteta tilauksia vastaan, vaan saapuneet tilaukset voidaan usein toimittaa varastosta jo saman illan ja yön aikana. Toimitusvarmuus jokaisen tuotteen osalta pyritään pitämään mahdollisimman hyvänä, mikä lisää varastoinnin tarvetta tuotteiden osalta. Tästä syystä suuri osa Mäntän tehtaan varastokapasiteetista täytyykin erityisesti talous- ja vessapapereista. Kuitenkin päivittäistavarakauppojen kampanjavolyymit suunnitellaan yhdessä kauppaketjujen ja myynnin kanssa.

Tämä työ käsittelee jalostuslinjojen osalta vain kolmea jalostuslinjaa eli niin sanottuja CR-linjoja: CR1:stä, CR2:sta ja CR11:sta. Nämä linjat valmistavat kuluttajille meneviä talous- ja vessapapereita, kuten Serlaa ja Lambia. Tuotteita näillä linjoilla on useita johdettujen pakkauskokojen eroavaisuudesta, paperiin painetuista kuvioista tai väreistä sekä brändeistä. CR-linjojen tuotteet vievät Mäntän varastotiloista usein vähintään puolet. Lisäksi erilaiset myynninedistys kampanjat kasvattavat välillä näiden tuotteiden varastoa vielä korkeammaksi ja aiheuttavat siten ongelmia varastotilojen riittävyden suhteen.

## 1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset

Diplomityön pääkysymyksenä on varastojen optimointi ja hallinta tuotannosuunnittelun näkökulmasta säilyttäen tuotteiden toimitusvarmuuden ja tuotannon tehokkuuden tavoitteet. Tutkimuskysymykset jakautuvat kahteen osakokonaisuuteen. Ensimmäinen osakokonaisuus käsittelee tuotannosuunnittelua ja siihen vahvasti liittyviä laskennallisia tekijöitä kuten varastotasoja, jotka vaikuttavat esimerkiksi tuotannosuunnitelmien aikataulutukseen. Toinen osakokonaisuus käsittelee varastointia ja sen asettamia rajoitteita. Varastoinnin osalta on tarkoitus parantaa yhteistyötä tuotannosuunnittelun ja varaston osalta sekä määrittää tuotannosuunnittelun tueksi varastotasolle selkeitä linjauksia. Näitä varastointia koskevia linjauksia tarkastellaan esimerkiksi varaston täyttöasteen kautta; miten suuren osan CR-linjojen tuotteet vievät normaalitilanteessa varastoista verrattuna viikkoihin, jolloin CR-linjojen tuotteilla on menossa kampanjatoimituksia. Pääkysymyksen osa-alueita on avattu tarkemmin alhaalla.



## Tuotannonsuunnittelu.

Pehmopapereiden tuotannonsuunnittelusta vastaa Mäntässä tuotannonsuunnittelutiimi. Tuotannonsuunnittelutiimi vastaa kysynnän ennusteista, raakapaperin ja jalostuslinjojen tuotannonsuunnittelusta sekä tarvikkeiden tilaamisesta jalostuslinjojen tarpeisiin. Tarkasteltavien CR-linjojen osalta tuotannonsuunnittelu etenee usein sykleittäin järjestyksessä huomioiden paperin värin, kuvioinnin ja tuoteperheet sekä tuotannon tehokkuusvaatimukset. Tuotannonsuunnitteluprosessi ei sinänsä huomioi varaston maksimikapasiteettiä, varsinkaan kampanjatuotteiden ajoja suunnitellessa, sillä sellaista ei ole selkeästi määritetty ennestään. Varaston täyttöastetta kuitenkin seurataan ja sieltä osataan tunnistaa riskit varastokapasiteetin loppumiselle. Kuitenkin tuotannonsuunnitteluprosessin pitäisi pystyä ottamaan huomioon tuotannon tehokkuusvaatimukset, varastokapasiteetin sekä myynnin ja sovitut kampanjat, mutta nämä asiat ovat usein ristiriidassa keskenään. Joitain yhteisiä linjauksia tuotannonsuunnittelun tueksi on linjoilla tehty, mutta moni tekijä jää usein tuotannonsuunnittelijan vastuulle. Tuotannonsuunnittelun nykytilan selvityksen osalta tässä tutkimuksessa hyödynnetään tuotannonsuunnittelun parissa olevien henkilöiden haastatteluita, tuotannonsuunnittelun suunnitteluohjeita ja yrityksen tietojärjestelmistä saatavia tietoja tuotannonsuunnittelun pohjalla sekä toteutuneita tuotantoja ja varastomääriä.

## Varastointi.

Varastossa on rajoitettu kapasiteetti, joten tuotteiden määrä pyritään pitämään hallinnassa niin, että toimitusvarmuus ei laske eikä varastoa ole ylimäärin. Varastoinnin osalta työssä pyritään määrittämään tavoitetasoja CR-linjojen tuotteiden määrälle kokonaisvarastossa, jotta tuotannonsuunnittelussa voidaan huomioida varastokapasiteetti. Tavoitetasojen avulla on tarkoitus määrittää hälytysraja varastotilojen loppumiselle, jotta tilanteisiin osattaisiin varautua etukäteen. Varastoinnin osalta työ ei ota kantaa varastointiratkaisuihin tai varaston toimintaan vaan pyrkii luomaan yhteisiä linjauksia tuotannonsuunnittelun, (tuotannon) ja varaston välille.

Tuotannonsuunnittelua koskevat tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

- Mikä on tuotannonsuunnittelun nykytila CR-linjoilla ja mihin suunnittelun valinnat perustuvat? Miten nykytilaa voidaan kehittää tuotannonsuunnitteluprosessin osalta?
- Mikä on CR1- ja CR2-linjojen laskennallinen minimi- ja maksimi- ja varmuusvarasto kysynnän vaihdellessa kausittain?
- CR2-linjan varastonkiertonopeus kysynnän vaihtelun historia huomioiden?

- Mitkä ovat tilaus- ja toimitusketjun ongelmakohdat tuotannosuunnittelun näkökulmasta?

Varastoinnin osalta käsitellään seuraavia tutkimuskysymyksiä:

- Kuinka suuren osan varastoista CR-linjojen tuotteet saavat täyttää? Milloin tuotteet vievät hälyttävän suuren osan varastotiloista?
- Millaisilla toimenpiteillä varasto ja tuotannosuunnittelu voivat toimia yhteistyössä kampanjoiden ja kysynnän vaihteluiden yhteydessä?

Tässä työssä tarkemmin tuotannosuunnittelun tarkastelu rajoittuu kuluttajamarkkinoille vessa- ja talouspaperia tuottaviin CR-linjoin. CR-linjoja on Mäntän tehtaalla kolme: CR1, CR2 ja CR11. Nämä linjat tuottavat vessa- ja talouspaperia kuluttajamarkkinoille. Linjalta lähtevien tuotteiden merkkejä ovat muun muassa Serla, Lambi, Pirkka ja Rainbow. Nämä linjat vievät normaalitilanteessa merkittävän osan varastotiloista, sillä linjojen tuotteet ovat kevyitä, mutta tilaa vieviä. Varsinkin talouspaperilavat täyttävät varastotiloja nopeasti. Linjojen tuotteet ovat usein kampanjatarjouksessa kuluttajamarkkinoilla, jolloin niitä valmistetaan suurempia määriä kerralla. Kampanjoiden osalta myytävät määrät eivät ole aina tiedossa tarkasti ja määriä joudutaankin seuraamaan kampanjoiden edetessä. Usein kampanjatuotteiden tuotanto ajoitetaan ennusteiden perusteella, jotka pohjautuvat edellisten vuosien tietoihin kampanjatuotteiden lastausajoista ja määristä. Saman aikaisesti samoja tuotteita myydään kuitenkin muille asiakkaille normaalisti ja siksi toimitusvarmuuden säilyttäminen erinomaisena voi olla haasteellista varastokapasiteetin ollessa rajoitettu. Asiakastilausten osalta osa tilauksista toimitetaan jo saman illan ja yön aikana Mäntästä eteenpäin ja usein asiakastilaukset saapuvat Mänttään EDI-järjestelmän kautta, jolloin asiakaspalvelu ei käsittele jokaista tilausta erikseen.

Nykytilan kartoituksessa haastatellaan tuotannosuunnittelijoita ja tuotannosuunnitteluprosessiin vaikuttavia henkilöitä kuten tuotannon tuotantoinsinöörejä. Nykytilan kartoituksessa keskitytään erityisesti kirjallisesti saatavilla olevaan materiaaliin, mutta huomioidaan myös muussa muodossa oleva tieto tuotannosuunnitteluprosessin pohjalla.

Varastotilojen osalta työssä otetaan huomioon varaston kokonaiskapasiteetti valmistustuotteiden osalta, jonka osalta työn edetessä olisi tarkoitus määrittää CR-linjojen vaatima osuus ja sen maksimi. Työssä ei käsitellä erilaisia varastointitapoja vaan ainoastaan tilojen kapasiteetti pyritään huomioimaan tuotannosuunnitteluprosessissa. Varaston osalta kapasiteettia vertaillaan historiadataan, CR-linjojen viemä tila huomioiden.

### 1.3 Tutkimusmenetelmät ja aineisto

Aineisto on esitelty taulukossa 1. Lisäksi laskennassa käytetty historiadata on eritelty tarkemmin luvussa 4.

Taulukko 1. *Aineisto*

Aineistotyyppi	Haastattelun kesto	Haastateltavan rooli	Aineiston hankintapäivä	Aineiston viitetaustapa
Haastattelu	60min	Demand planner	15.6.2022	Haastattelu A
Haastattelu	75 min	Production planner	6.7.2022	Haastattelu B
Haastattelu	45 min	Production engineer	22.6.2022	Haastattelu C
Yrityksen suunnitteluohje ja lostuslinjoille, ei julkinen dokumentti	-	-	23.6.2022	Aineisto D
Diplomityö Rantanen 2022	-	-	13.8.2022	Aineisto E
Haastattelu	45 min, 40 min	Planning Manager	14.9.2022, 30.9.2022	Haastattelu F
Historiadata, ei julkisia dokumentteja			22.9.2022	Aineisto G
Tuotannon suunnittelun excel-tiedostot, ei julkisia dokumentteja			22.9.2022	Aineisto H

Kirjallisuuskatsausta käytetään tässä työssä arvioimaan tarkasteltavan ilmiön kokonais-kuvaa sekä selittämään ja kuvailemaan sitä jo tunnistettujen ilmiöiden avulla. Salmisen

(2011) mukaan kirjallisuuskatsaus sopii hyvin ilmiöiden tarkasteluun ja niistä tehtävien johtopäätösten pohjaksi. Tässä työssä kirjallisuuskatsauksella luodaan teoreettista pohjaa tuotannosuunnittelulle ja varastonhallinnalle tuotannosuunnittelun keinoin ja verrataan niitä kohdeyrityksen nykytilaan ja nykytilassa tunnistettuihin haasteisiin.

Kvantitatiivisia eli määrällisiä tutkimusmenetelmiä on hyödynnetty erityisesti valittujen linjojen ja niiden tuotteiden historiadataan analysoinnissa. Historiadata sisältää tuotannosuunnittelijoiden keräämää dataa varastonkehityksestä sekä esimerkiksi SAP:ista ajettuja raportteja linjojen toteutuneesta kysynnästä ja ennusteista. Historiadataa käytettiin erityisesti laskentaa varten varmuusvarastoille sekä määrittämään varaston kapasiteetille tulevaisuudessa huomioitavia rajoitteita.

Nykytilan ja haasteiden tunnistaminen ja analysointi on tässä työssä suoritettu kvalitatiivisen eli laadullisen tutkimuksen keinoin case- eli tapaustutkimuksena. Tapaustutkimus soveltuu tilanteisiin, jossa tutkitaan ja tarkastellaan organisaatiota tai sen osaa ja pyritään tunnistamaan siihen liittyviä tekijöitä ja tekijöiden vaikutusta tarkasteltavaan kohteeseen. Tapaustutkimus pyrkii ymmärtämään tarkasteltavaa kohdetta ympäröivän maailman ja kontekstin. (Ghuri et al. 2020, s. 103, Saunders et al. 2016, s. 185) Tässä tutkimuksessa tapaustutkimuksen onnistumiseksi on analysoitu käytössä olevaa dataa ja pyritty ymmärtämään tapauksen kontekstia haastatteluiden ja havainnoinnin avulla. Laskennalliselta osuudelta tapaustutkimus on poikittainen aikahorisontiltaan, sillä se tutkii tiettyä tunnistettua ajanjaksoa, mikä on tyypillinen valinta tapaustutkimuksille. (Saunders et al. 2016, s. 200) Laadullinen tutkimus pyrkii kuvaamaan tutkittavaa kohdetta mahdollisimman laaja-alaisesti, painottaen tutkimuksen aineiston syvään, monipuoliseen ja yksityiskohtaiseen tarkasteluun ja analysointiin. (Hirsjärvi et al. 2007, s.150–154)

Kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä on hyödynnetty myös paikan päällä ja etänä toteutettujen haastatteluiden osalta. Haastatteluita on pidetty tuotannosuunnittelijoiden ja muiden tuotannosuunnitteluun vaikuttavien henkilöiden kanssa. Lisäksi kvalitatiivista tutkimusta tehtiin havainnoinnin kautta nykytilan kartoituksessa. Haastattelut toteutettiin puoliskrukturoituina, eli haastatteluiden pääkysymykset oli määritetty etukäteen, mutta usein haastatteluiden aikana kysyttiin tarkentavia lisäkysymyksiä tai käsiteltiin tietoja, jotka eivät vastanneet suoraan valmisteltuihin kysymyksiin mutta olivat nykytilan selvityksen kannalta olennaisia. Laadullisen tutkimuksen havainnot pyritään osoittamaan todeksi määrällisen tutkimuksen keinoin esimerkiksi historiadataan osalta.

## 1.4 Työn rakenne

Luvussa 2 käsitellään työhön liittyvä teoria kirjallisuuskatsauksen muodossa. Ensin luvussa 2 käsitellään toimitusketjua ja sen hallinnan ohjausprosessia vaiheineen. Sen jälkeen luku 2 syventyy varastointiin ilmiönä ja siihen, miten varastohallintaa ja ohjausta toteutetaan ja seurataan. Teoreettisessa osuudessa on tarkoitus luoda pohja tuotannonsuunnittelun käytännöistä ja tekijöistä, jotka siihen vaikuttavat sekä määrittää tarvittavat tekijät tilaus-toimitusketjun hallintaan ja seurantaan. Varastoinnin osalta käydään läpi varmuusvarastojen käyttö kysynnän vaihteluun varautumisen keinona sekä varastonhallinnan periaatteita.

Luvussa 3 käsitellään kohdeyrityksen nykytilaa ja siihen liittyviä haasteet sekä tunnistettujen haasteiden nykyiset hallintakeinot. Nykytilan ja haasteiden osalta tunnistettuja tekijöitä ja valintoja vertaillaan luvun kaksi teoriaan.

Luvussa 4 käsitellään analyysin tulokset, suoritettut laskut sekä oletukset laskujen pohjalla. Lisäksi luku neljä käsittelee tulosten todellisuutta ja soveltuvuutta kohdeyrityksen tapaukseen.

Luvussa 5 esitetään kehitysehdotuksia lyhyelle ja pidemmälle aikavälille varastonhallinnan ja tuotannonsuunnittelun kehittämiseksi. Kehitysehdotukset perustuvat nykytila-analyysiin sekä luvun 4 tuloksiin. Luvussa arvioidaan myös tutkimusta ja käytettyjä menetelmiä sekä vastataan lyhyesti tutkimuskysymyksiin.

## 2. TUOTANNON JA VARASTON SUUNNITTELU JA OHJAUS

### 2.1 Toimitusketju ja toiminnan ohjaus

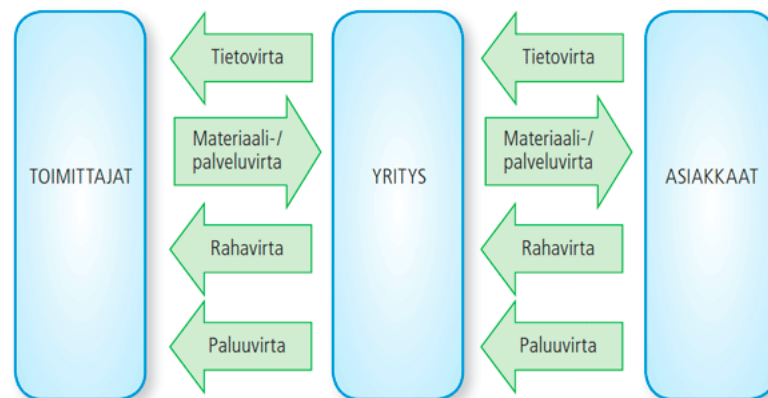
Sakin (2009 s.21) mukaan toimitusketju koostuu tavaravirran ja siihen liittyvien tieto- ja rahavirtojen ohjaamisesta ja toteuttamisesta. Ohjaaminen kattaa virtojen suunnittelun, tilausten käsittelyn ja valvonnan, myynnin, talouden hallinnan, hankinnan sekä erilaisten tapahtuma- ja muutostietojen välittämisen. Toteuttamisella tarkoitetaan tavarankäsittelyä, kuljettamista, tuotantoa, laskutusta ja maksujen suorittamista sekä erilaisten asiakirjojen tekoa ja hallintaa. Chopra ja Meindl (2007, s.3–5) mukaan toimitusketju koostuu kaikista niistä tahoista, jotka liittyvät suorasti tai epäsuorasti asiakkaan pyynnön vastaanottamiseen ja toteuttamiseen. Toimitusketjuun sisältyy siis eri tahojen toiminnot, jotka edistävät asiakkaan pyynnön toteutusta ja käsittelyä. Tällaisia toimintoja voivat olla esimerkiksi markkinointi, tuotekehitys ja asiakaspalvelu.

Waters (2009, s.8–9) esittää toimitusketjun koostuvan sarjasta toimintoja ja organisaatioita, joiden välillä materiaalit liikkuvat tuottajilta loppuasiakkaille. Materiaalin edetessä toimitusketjussa siihen tehdään arvoa lisääviä toimintoja, jotka hyödyttävät loppuasiakasta ja kaikkia toimitusketjun osapuolia.

Toimitusketjun hallinnan päämääränä on luoda mahdollisimman paljon lisäarvoa kaikille toimitusketjun osapuolille sekä loppuasiakkaalle kustannustehokkaasti. Toimitusketjun hallinnassa hyödynnetään tieto- ja materiaalivirtojen tarkastelua koko toimitusketjun läpi. (Lehtonen, 2004, s.102–116) Haverilan et al. (2005) mukaan toimitusketjun hallinnalla pyritään kehittämään pitkäjänteisesti yrityksen toimitusketjun tehokkuutta. Tehokkuuden kehittämiseksi yrityksen materiaalivirtojen hallintaa, osaamista, tuotteita ja prosesseja tulee kehittää yhdessä toimitusketjun eri osapuolten kanssa. (Haverila et al. 2005, s.397–398)

Tilaus-toimitusketju koostuu tieto-, tavara- ja rahavirroista, jotka on esitetty kuvassa 1. Tietovirran mukana kulkee tieto asiakas- ja hankintatilauksista, mutta myös tarvittavia tietoa suunnitteluun ja ennusteisiin. Oikean ja paikkaansa pitävän tiedon avulla tavaroita toimittava osapuoli voi välttyä turhalta varastoimiselta ja vääriltä hankinnoilta. Suurin osa tiedoista kulkee asiakkailta yritykseen ja sieltä eteenpäin toimittajille, mutta myös yritys tuottaa tietovirtoja kohti asiakkaita tekemällä esimerkiksi markkinatutkimusta. Tietovirran rooli tilaus-toimitusketjussa on erittäin tärkeä sillä, sen avulla ohjataan ja suunnitellaan

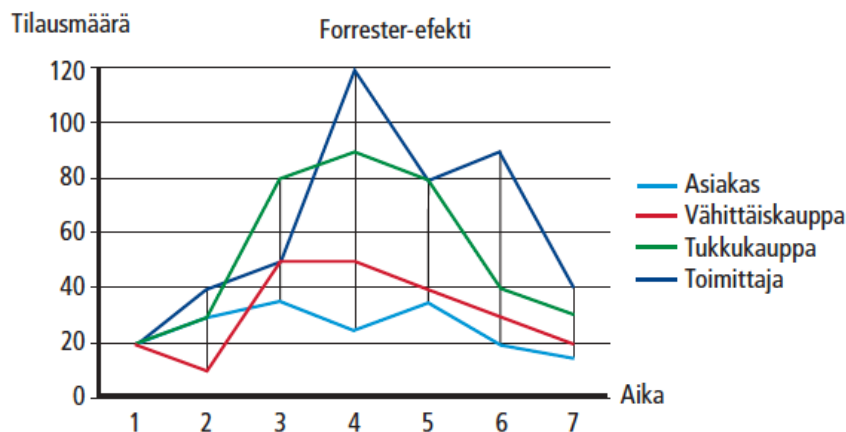
materiaalien toimitusketjua raaka-aineista aina loppukäyttäjälle valmistettuun tuotteeseen asti, mutta myös loppukäyttäjältä takaisin toimittajalle palautuvia rahavirtoja. Tavaravirrasta käytetään myös nimitystä materiaali- tai palveluvirta. Tavaravirta kulkee suurimmassa osin toimittajilta kohti asiakkaita, mutta myös pieni osa tavaravirrasta kulkee takaisin toimittajille palautuksien ja kierrätyksen muodossa. Käytännössä tavaravirta koostuu fyysisten tuotteiden varastoinnista ja kuljettamisesta asiakkaille, mutta myös hankintojen ja jakelun suunnittelulla on suuri rooli tavaravirtojen hallinnan osalta. Tavaravirtojen hallinnan tulee täyttää annetut vaatimukset toimitusajankohtien täsmällisyyden ja luotettavuuden suhteen. Vaikka rahavirta koostuu pääosin toimitettujen tuotteiden maksuista, sen hallintaa liittyy oleellisesti myös tietojen jakaminen tilaus-toimitusketjussa. Mitä paremmin tieto kulkee asiakkaiden ja toimittajien välillä, sitä tehokkaammin asiakkaille saadaan toimitettua tuotteet ilman turhaa välivarastointia ja sitä tehokkaammin yritys saa maksun toimittamistaan tuotteista. Mitä nopeampi rahavirta on, sitä vähemmän usein pääomaa sitoutuu tilaus-toimitusprosessiin. Vaikka asiakas onkin tärkein rahan lähde tuottajille, usein tuottajien tulee myös hankkia muuta pääomaa voidakseen tehdä tuotantoa. (Sakki 2009, s.22–23, Hokkanen et al. 2011, s.12–16)



**Kuva 1.** Tilaus-toimitusketjun tieto-, materiaali- ja rahavirrat, (Logistiikan maailma 2022a)

Tilaus-toimitusketjun kannalta kysynnän ja tarjonnan hallinta on oleellista. Hallintaa voi helpottaa turvaamalla toiminnan läpinäkyvyys ketjun sisällä jakamalla tietovirtojen mukana tietoa läpi ketjun. Puutteelliset tai puuttuvat tietovirrat voivat vääristää toimittajayrityksen käsitystä asiakkaan todellisesta kulutuksesta. Piiskavaikutukseksi sanotaan ilmiötä, jossa varastotäydennysten ja varastoitujen tuotteiden määrä kasvaa siirryttäessä taaksepäin tilaus-toimitusketjussa. Kuva 2 esittää tilausmäärien kasvun eri tilaus-toimitusketjun toimijoiden välillä ja niiden vaikutuksen toisiinsa. Forrester-ilmiö eli piiskansii-

mavaikutus syntyy, kun asiakkaan varastot estävät yritystä näkemästä asiakkaan todellista kulutusta. Tällöin ainoa tietovirta kulutuksesta on asiakkaan tekemät varaston täydennystilaukset, joiden koko vaihtelee kulutuksen lisäksi muun muassa kuljetuskustannusten tai paljousalennusten myötä. Niin sanotun menekin lisääntyessä tavarantoimittajat haluavat varmistaa oman toimitusvarmuutensa ja tilaavat omilta toimittajiltaan suurempia määriä kerralla. Tämä luo tuotantoon signaalin kysynnän kasvusta, jolloin tuotannon kapasiteettia kasvatetaan ja tuotteita valmistetaan enemmän myös varastoon. Kun asiakkaalle on kertynyt ylimääräistä varastoa, se viivästyttää seuraavia täydennystilauksia, mikä voi aiheuttaa myös tilaus-toimitusketjun muille osapuolille suuria varastoja ylimääräisiä tuotteita sekä johtaa virheellisiin päätöksiin tuotantokapasiteetin ja tuotannon suunnittelun osalta. Ilmiö johtuu yhteistyön puutteesta ja eri osapuolten halusta optimoida omaa toimintaansa. (Sakki 2009, s.110, Relander et al. 2011, s.53, Logistiikan maailma 2022a, Simchi-Levi et al. 2018, s.170–171)



**Kuva 2.** Forrester-efekti, Logistiikan maailma 2022a.

Yrityksen tilaus- ja toimitusketjun eri toimintojen ja tehtävien ohjausta ja suunnittelua kutsutaan toiminnanohjaukseksi. Toiminnanohjaus eroaa tuotannonohjauksesta siten, että se huomioi tuotannon lisäksi myös muiden yrityksen toimintojen kuten myynnin ja hankintojen ohjauksen. Toiminnanohjauksen päämääränä on suunnitella ja ohjata yrityksen toimintaa siten, että tuotantotavoitteisiin voidaan vastata. Toiminnanohjauksella on erilaisia tavoitteita, joita voidaan mitata erilaisilla tunnusluvuilla. Keskeisimmät tavoitteet ovat kapasiteetin korkea tuottavuus, toimintaan sitoutuneen vaihto-omaisuuden minimointi, toimitusvarmuus sekä tuotannon läpäisyajojen minimointi. Kapasiteetilla tarkoitetaan tuotantokykä tietyllä ajanhetkellä. Kapasiteetin hallinnalla tarkoitetaan oikean



kuormituksen eli suunnitellun tuotannon suhteuttamista maksimikapasiteettiin. Toiminnanohjauksen kannalta kapasiteetti tulee olla tehokkaasti käytössä eli tuotantoerät tulee suunnitella niin, että resurssit ovat mahdollisimman tehokkaasti käytössä. Toimintaan sitoutunutta pääomaa pyritään vähentämään ohjaamalla materiaali- ja valmistustoimintoja niin ettei raaka-aineisiin, keskeneräiseen tuotantoon tai lopputuotevarastoihin sitoudu ylimääräistä pääomaa. Yrityksen tulee kuitenkin pystyä ylläpitämään haluttua toimitusvarmuutta asiakkailleen, mikä usein tarkoittaa lopputuotteiden varastointia. Tuotannon läpäisyajkojen osalta tuotannon tulisi minimoida läpäisyajat jo tuotantoa suunniteltaessa. Kuitenkin usein toimitusvarmuuden ylläpidon kannalta pienemmät tuotantoerät voivat tulla tarpeeseen, vaikka kapasiteetin kannalta pitkät tuotantoerät parantavat tuottavuutta. Kuva 3 kuvaa toiminnanohjauksen tavoitteita ja sitä, miten ne linkittyvät toisiinsa. Kuvan 3 mukaisesti joustavuus, laatu ja toimituskyky linkittyvät tuotteiden lyhyisiin läpäisyajoihin, mikä on ristiriidassa kustannustehokkuuden kanssa. Lyhyillä läpäisyajoilla tuottavuus ei välttämättä ole korkealla tasolla, ja varastoihin sitoutuu tavoitetasoa enemmän pääosaa tuotteiden muodossa. Yrityksen toiminnanohjausta hankaloittaa usein se, että yrityksen eri toiminnoilla on erilaiset näkemykset tavoitteiden tärkeydestä. Tuotannon parissa työskentelevät priorisoivat tuotannon kapasiteettia ja tuottavuutta, kun taas talousosasto pitää tärkeänä tavoitteena sitoutuneen pääoman minimointia. (Haverila et al. 2005, s.400–404)



**Kuva 3.** Toiminnanohjauksen tavoitteet ja niiden muodostuminen (mukailien Haaverila et al. 2005)

Martinsuo et al. (2016, s.138–139) määrittää toiminnanohjauksen koko yrityksen tilaus- ja toimitusketjun toimintojen ja tehtävien suunnitteluksi ja ohjaukseksi. Tuotannonohjauksella tarkoitetaan tuotteiden ja palveluiden tuottamiseen liittyvien toimintojen suunnittelua ja ohjausta. Tuotannonohjauksen tärkeimmät tavoitteet asiakasarvon toteuttaminen, kustannustehokkuus, toimituskyky, laatu ja joustavuus.

Miettisen (1993, s.25) mukaan läpäisyajalla tarkoitetaan sitä aikaa, mikä tuotannolta kuuluu tietyn tuotteen tai tuotantoerän valmistukseen. Läpäisy aikaan lasketaan muun muassa varsinaisen tuotannon lisäksi mukaan asetusajat, valmistuksen laatupoikkeamat ja koneiden huoltoon kuluva aika. Toimitusvarmuuden Miettinen (1993, s.25) määrittää kuvaavan sitä, miten hyvin yritys noudattaa vahvistettuja toimitusaikoja eli kuinka moni tilaus on kokonaisuudessa toimitettu ajoissa. Toimitusvarmuus voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$\text{Toimitusvarmuus} - \% = \frac{\text{Ajoissa toimitetut tilaukset}}{\text{Kaikki tilaukset}} \cdot 100 \quad (1)$$

Toimitusvarmuus voidaan laskea kaikkien yrityksen tuotteiden osalta tai esimerkiksi asiakaskohtaisesti huomioiden vain yhdelle asiakkaalle toimitettujen tilausten osalta. (Miettinen 1993, s.25)

## 2.2 Tuotannonohjausprosessi

Yleisessä tuotannonohjausprosessissa on kuusi vaihetta, jotka on kuvattu kuvassa 4. Ohjausprosessi etenee kuvan 4 mukaisesti ylhäältä alaspäin, mutta todellisuudessa eri

vaiheiden välillä on jatkuvaa yhteistyötä ja uudelleensuunnittelua. Esimerkiksi häiriöt tuotannossa, puutteet materiaaleissa tai konerikot aiheuttavat usein uudelleen suunnittelua ohjaustoiminnoissa. Aikajänne, jolla asioita tarkastellaan, supistuu edetessä kohti tuotannonohjausprosessin loppua. Kokonaissuunnittelua tehdään usein vuositasolla, kun taas hienosuunnittelussa tarkasteltava ajanjakso vaihtelee kuukausi- tai viikkotasolla. (Haverila, et al. 2005, s.409) Martinsuo et al. (2016, s.140) lisää Haverilan et al. esittämään mukaan myös tuotantostrategiaan liittyvät valinnat samalle tasolle ennusteiden ja tilauksien kanssa. Haverilan et al. (2005, s.364–368) mukaan tuotantostrategia sisältää ainakin päätökset tuotantomuodoista, yrityksen prosesseista ja niiden toteutustavoista, tuotantolaitosten ja varastojen sijainneista, kapasiteetin mitoituksesta, tuotanto- ja tuoteteknologioista sekä henkilöstöstä.



**Kuva 4.** Tuotannonohjausprosessin vaiheet (mukaillen Haverila et al. 2005, s.409).

Miettisen (1993) mukaan tuotannonohjaukseen vaikuttavat päätekijät ovat toimitusaika, toimitusvarmuus, valmistuskustannus, kapasiteetin toiminta-aste ja –suhde sekä sidottu pääoma. Tuotannon ohjattavuudella tarkoitetaan tuotantojärjestelmän suoriutumista sille asetetuista operatiivisista ohjaustavoitteista. Ohjattavuus paranee joustavissa tuotantojärjestelmistä, jotka pystyvät mukauttamaan prosessit ja resurssit nopeasti muutoksiin. Usein ohjattavuuteen vaikuttavat tekijät jaetaan sisäisiin ja ulkoisiin tekijöihin. Ulkoisia tekijöitä ovat esimerkiksi kausivaihtelut, suhdanteet ja asiakkaan käyttäytyminen. Ulkoisiin tekijöihin ei voida vaikuttaa suoraan, mutta niihin voidaan sopeutua eri ohjaustavoilla sekä keskustelemalla asiakkaan toiveista ja odotuksista. Sisäisiä tekijöitä ovat esimerkiksi läpimenoaika, tuotesortimentti sekä varastojen koko. Niitä yritys voi kehittää omilla toimillaan. (Miettinen 1993, s.23–24)

Yleisesti tuotannosuunnittelun tavoitteena on sovittaa markkinoiden tarpeet ja tuotannon kapasiteetti niin, että tuotannon kapasiteettikuormitus on mahdollisimman tasaista ja luvattuihin toimitusaikoihin kyetään vastaamaan.

Toimintoja voidaan suunnitella rullaavan suunnittelun periaatteella, jossa ohjausprosessiin vaikuttavat tekijät ja suunnitelmat tarkentuvat ajan kuluessa. Aluksi ennusteiden pohjalta laaditaan alustava suunnitelma, jota edelleen tarkennetaan tuotannosuunnitelmaksi, jota tarkennetaan mitä lähemmäs toteutusajankohta mennään. Tällöin tarkka ja yksityiskohtainen suunnittelu tehdään viimeisenä mahdollisena ajankohtana, jotta muutoksia ei suunnitelmaan enää tarvitsisi tehdä. (Haverila, et al. 2005, s.410)

### **2.2.1 Kokonaissuunnittelu ja ennusteet**

Ylimmän tason suunnittelua, joka suunnittelee tuotannon kokonaisvolyymia ja taloutta koskevat suunnitelmat kutsutaan kokonaissuunnitteluksi. Kokonaissuunnittelulla on usein merkittävä rooli yrityksen vuosibudjetin yhteydessä. Kokonaissuunnittelussa määritetään tarkasteluajanjaksolle ennusteet kysynnästä ja menekistä, jo olemassa oleva tilauskanta, varastotilanne, tuotantomäärien suunnittelu, tarjoustoiminnan ohjaus, varastointisuunnitelma, budjetti ja strategiset tavoitteet. Kokonaissuunnitelmaan kerättyä tietoa käytetään valitulla tarkasteluajanjaksolla tarkempien suunnitelmien pohjana. Kokonaissuunnittelun avulla voidaan määrittää vaaditut materiaali- ja tuotevarastojen tasot, niiden saavuttamiseksi tarvittava kapasiteetti ja henkilöstö sekä muut vaadittavat resurssit. (Haverila, et al. 2005, s.412) Kokonaissuunnittelun tarkasteltava aikajakso vaihtelee kahdesta kuukaudesta reiluun vuoteen yrityksen tarpeitten mukaan. Kokonaissuunnittelua voidaan tehdä myös pidemmällä tarkasteluajanjaksolla esimerkiksi investointien yhteydessä. Kokonaissuunnittelun tärkein tehtävä on sopeuttaa tuotanto, sen resurssit ja kapasiteetti kustannustehokkaasti ennustettuun kysyntään ja tilauskantaan. Joissain yrityksissä kokonaissuunnittelusta käytetään termiä Sales and operation planning eli myynnin ja toiminnan suunnittelu. S&OP- prosessissa pyritään tasapainottamaan kysyntä ja tarjonta kustannustehokkaasti. S&OP-prosessissa kerätään tietoa tulevaisuuden näkymistä ennusteiden, myynnin ja markkinoinnin sekä toteutuneiden myyntien, tuotannon ja varastotasojen osalta. Usein S&OP-prosessiin vaikuttavat myös muutokset tuotetasolla. Muutoksia voivat olla tuotelopetukset, uudet tuotteet tai tuotteessa tapahtuvat muutokset. (Stevenson 2011, s. 456–464, Jacobs et al. 2018, s.109–123)

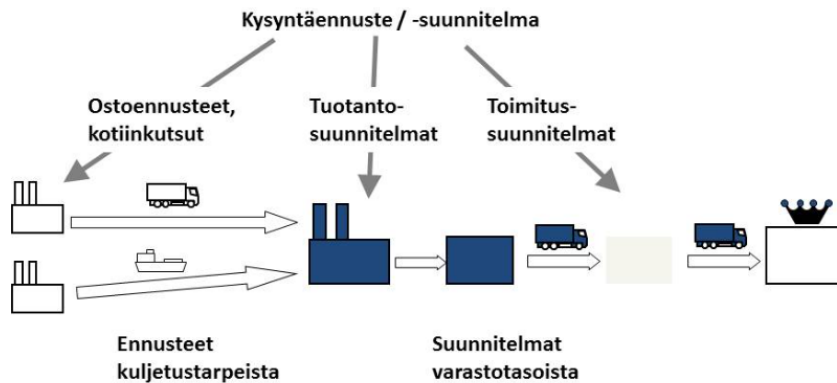
Tuotteiden menekkiennusteita käytetään budjetti- ja kokonaissuunnittelun perustana. Ennusteiden avulla varaudutaan menekin muutoksiin, joihin tuotantoprosessin reagoitukyky ei ole riittävä. Ennusteita käytetään tulevaisuuden kapasiteetin ja materiaalintarpeiden määrittämiseen sekä arvioimaan kysyntää ja sen muutoksia. Ennustaminen on todella haastavaa globaaleilla markkinoilla, sillä muutokset kilpailutilanteissa ja kansainvälisessä taloudessa ovat vaikeasti ennakoitavissa. Ennustevirheet ovat yritykselle haitallisia, sillä niistä aiheutuu sekä henkisiä, että taloudellisia tappioita. Lyhyen ja keskipitkän aikavälin ennusteita käytetään usein toiminnanohjauksessa. Ennusteet pohjautuvat usein aikaisempiin toteutuneisiin myynteihin sekä kausi- ja trendivaihteluihin tai erilaisiin matemaattisiin malleihin. Ennusteiden tarkkuutta voidaan parantaa tekemällä ennusteita pienemmillä osioilla, kuten esimerkiksi tuote- tai asiakasryhmittäin. (Haverila, et al. 2005, s.413)

Ennustemenetelmästä riippumatta ennusteisiin liittyy muutama kaikkia ennusteita koskeva piirre. Suurin osa ennusteista perustuu siihen oletukseen, että jokin menneisyydessä ollut kausaalinen systeemi tai tapahtuma on olemassa myös tulevaisuudessa. Mitkään ennusteet eivät ole täydellisiä, sillä niihin on vaikea sisällyttää todellisuudessa esiintyvää satunnaisuutta eri ilmiöiden osalta. Erilaisille ryhmille tehdyt ennusteet ovat usein tarkempia kuin yksittäisille kohteille tehdyt ennusteet, sillä ennustevirheet kumoavat usein ryhmässä toisensa. Ennustetarkkuus pienenee mitä pidemmälle aikavälille ennusteita luodaan. (Stevenson 2011, s.74–78)

Hyvillä ennusteilla on seuraavia vaatimuksia. Ennusteet tulee tehdä niin ajoissa ja niin laajalle ajanjaksolle, että tarvittavat muutokset saadaan suunniteltua ja toteutettua. Ennusteiden tulee olla tarkkoja ja luotettavia. Tarkkuuden osalta haluttu tarkkuus määritellään etukäteen, jotta ennusteista saadaan jatkuvasti tarpeeksi luotettavia ja paikkaansa pitäviä. Yrityksen tulee laatia ennusteet kirjallisina ja tarpeeksi yksinkertaisessa muodossa, jotta niitä voidaan hyödyntää yrityksessä laajasti. Yrityksen tulisi saada enemmän hyötyä ennusteista kuin mitä kustannuksia ennusteiden laatiminen aiheuttaa. (Stevenson 2011, s.77–78)

Sales and operating planning eli S&OP-prosessiin tehtävät ennusteet tehdään usein tuoteperhetasolla, jopa kuukausiksi tai vuodeksi eteenpäin. S&OP-prosessin tehtävänä on ennustaa ja suunnitella kysyntää ja tasapainottaa sen tarjonnan kanssa kustannustehokkaasti. Hyvässä S&OP-prosessissa hyödynnetään samaa tietoa koko prosessin suunnittelussa. Kuva 5 esittää S&OP-prosessin suunnitelmat ja mihin kaikkeen prosessia varten ennustettua kysyntätietoa hyödynnetään. Ennusteita päivitetään S&OP:ta var-

ten kuukausittain tai kvartaaleittain. Ennusteita varten tarvitaan erityisesti tietoa asiakkaan suunnitelmista ja nykyisestä kysynnästä. (Logistiikan maailma 2022b, Haverila et al. 2015 s.415)



**Kuva 5.** S&OP prosessin suunnitelmat kysyntäennusteiden pohjalta (Logistiikan maailma 2022b).

Karkea- ja hienosuunnittelua varten ennusteita päivitetään jatkuvasti, jotta ennusteet saadaan pidettyä tarkkoina ja paikkaansa pitävinä. Ennusteväli on usein viikoista muutamisiin päiviin. Ennusteet ovat tuotekohtaisia ja niissä määritetään montako mitäkin tuotetta tarvitaan ja milloin ne tulisi valmistaa. Näiden ennusteiden pohjalta nopeita ohjausliikkeitä voidaan toteuttaa esimerkiksi tuotannon tai varastoinnin prioriteettien osalta. (Martinsuo et al. 2016, s.145–147)

Menekinvaihtelun hallinta on kokonaissuunnittelun tärkeimpiä tavoitteita. Tuotteiden menekien vaihtelulla on useita eri syitä. Menekin satunnaisvaihtelu aiheutuu asiakkaiden kulutuskäyttäytymisen vaihtelusta. Kausivaihtelu aiheutuu vuodenaikojen vaihtumisen vaikutuksesta menekkiin. Trendillä kuvataan pitkän aikavälin kehitystä. Menekin vaihtelun hallinta on yritykselle merkittävä etu, sillä usein yrityksen kapasiteetin joustavuus ei yllä menekinvaihtelun tasolle. Tärkeimmät menekinvaihtelun hallintakeinot ovat tuotteiden varastointi, mahdollisuus kapasiteetin joustavuuteen, toimitusaikojen siirtäminen tai toimituksien menettäminen sekä menekkiin vaikuttaminen. Varastoiminen sopii tilanteisiin, jossa tuotteet ovat soveltuvat varastointiin eikä varastoiminen aiheuta liikaa lisäkustannuksia. Kapasiteetin joustavuuteen voidaan vaikuttaa pitkällä tai lyhyellä aikavälillä. Pitkän aikavälin ratkaisut ovat investointeja uusiin koneisiin tai henkilökuntaan. Lyhyellä aikavälillä kapasiteetin joustavuus saavutetaan esimerkiksi ylitöillä. Toimitusten siirto soveltuu tilanteisiin, jossa menekki vaihtelee voimakkaasti ja kapasiteetti ei sopeudu no-

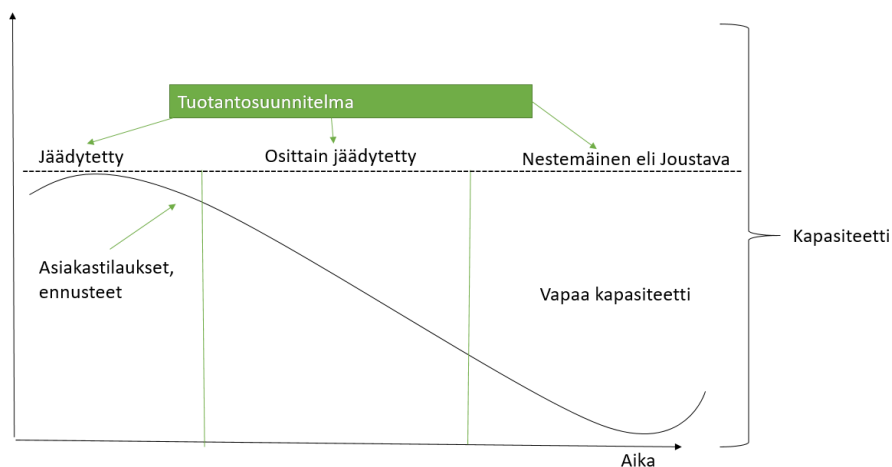
peasti muutoksiin. Toimitusten siirto voi usein aiheuttaa asiakasmenetyksiä. Myynninedistämiskeinoilla ja hinnoittelulla voidaan vaikuttaa menekin kokonaismäärään. Kokonaissuunnittelussa tulee määrittää keinot menekin vaihtelun hallintaan. (Haverila, et al. 2005, s.415)

## 2.2.2 Karkeasuunnittelu

Karkeasuunnittelu on kokonaissuunnittelua seuraava taso, jossa suunnittelun aikajänne on muutama viikko. Karkeasuunnittelu pohjautuu kokonaissuunnittelua vähemmän ennusteisiin. Karkeasuunnittelussa suunnitellaan resurssien käyttötarpeet halutun kapasiteetin ja toimituskyvyn saavuttamiseksi. (Haverila et al. 2005, s.416–417) Varasto-ohjautuvassa tuotannossa karkeasuunnittelu seuraa tuotteiden varastotilannetta, ennusteita ja tilauskannan edistymistä. Koska varasto-ohjautuvassa tuotannossa tuotteet valmistetaan varastoon, voi karkeasuunnittelun epätasaisuus tuottaa ylimääräisiä varastointi- ja tuotantokuluja sekä heikentää toimituskykyä. Varasto-ohjautuvassa tuotannossa karkeasuunnittelun osalta tarkastellaan ennustettua kysyntää ja sitä millaisella suunnitelmalla siihen vastataan. Suunnittelukohteista tärkeimpiä ovat kysynnän ennustaminen, varastotasojen suunnittelu sekä tuotannon eräkokojen määrittäminen. (Soman et al. 2004) Toimituskykyä silmällä pitäen suunnitellaan tarvittavat tuotantoerät ja niihin tarvittavat materiaalit. Materiaalien saatavuus voi vaikuttaa merkittävästi toimitusaikoihin ja toimituskykyyn. Karkeasuunnittelussa vertaillaan suunnitellun tuotannon aiheuttamaa kuormaa saatavilla olevaan valmistuskapasiteettiin ja sen riittävyteen. Karkeasuunnittelulla pyritään tunnistamaan mahdollisen pullonkaulat ja muut tuotantoa rajoittavat tekijät. (Haverila, et al. 2005, s.416–417)

Karkea suunnittelussa tarkasteltava ajanjakso voidaan jakaa kolmeen eri osaan sen mukaan, kuinka tarkkaan suunnitelmassa täytyy ajanjakson aikana pysyä. Kuvassa 6 esitetään nämä kolme osiota aikajanana. Jäädetyllä ajanjaksolla tarkoitetaan nykyhetkeä ja lähitulevaisuutta, jolloin suunnitelmat ovat jäädetyt eikä niihin voida tehdä muutoksia kustannustehokkaasti. Muutoksiin vaaditaan usein ylemmän johdon päätökset. Jäädetyllä ajanjaksolla tuotannosta tuleville tuotteille on määritetty jo toimitusajat, joissa on pysyttävä. Tämä vähentää ja rajoittaa epävakautta ja yllättäviä kustannuksia tuotantosuunnitelmissa. (Stevenson 2011. s.479, Nedael & Mahlooji, 2014) Jäädytys voidaan Sridharanin ja Berryn (1990) mukaan toteuttaa kahdella eri tavalla riippuen jäädetytyn alueen pituudesta ja suunnitelmien muutosaikataulusta. Ensimmäisessä tavassa jäädetytyn ajanjakson pituus pysyy vakiona ja uudelleensuunnittelua voidaan toteuttaa jatku-

vasti jäädytetyn alueen ulkopuolella. Tämä lisää näkyvyyttä tuotantoon ja siihen vaikuttaviin muutoksiin. Tässä tavassa epävakaas suunnitelmassa kasvaa. Epävakaan kasvatus voi kuitenkin olla tärkeää tilanteissa, joissa kysyntää on vaihtelevaa ja haluttu palvelutaso korkea. Toisessa tavassa jäädytetyn alueen pituus voi vaihdella. Uudelleensuunnittelu määrittää uuden jäädytetyn alueen pituuden, eikä muutoksia tehdä ennen kuin jäädytetty ajanjakso päättyy. Jäädytetyn ajanjakson lopussa tuotannon näkyvyys tulevaan on heikompa, sillä tulevia muutoksia ei ole vielä suunniteltu. (Sridharan & Berry, 1990) Jäädytetty ajanjaksoa seuraava ajanjakso on Stevensonin (2011, s.479) mukaan slushy eli osittain jäädytetty. Tälle ajanjaksolle on usein sovittu asiakastilauksia tai ennustettu kysyntää, mutta ne eivät täytä koko kapasiteettia. Osittain jäädytetyn ajanjakson aikana tuotantoerien järjestystä ja kokoa voidaan muuttaa vähän siten, että toimitusajoissa on mahdollista pysyä. Kolmannessa ajanjaksossa eli nesteessä kapasiteettia ei ole juurikaan suunniteltu tilauskohtaisesti tai sille ei välttämättä ole selkeää ennustettua kysyntää, joten muutokset tilauksissa ja uudet tilaukset ovat mahdollisia. Toimitusajoista ei välttämättä anneta vielä tarkkoja lupauksia. (Stevenson 2011, s.445–461, Jacobs et al. 2018, s.205)



**Kuva 6.** Karkeasuunnittelun jako kolmeen ajanjaksoon.

Karkeasuunnittelua voidaan toteuttaa erilaisilla tekniikoilla. Näitä ovat esimerkiksi aikapohjainen suunnittelu, rullaavan periaatteen suunnittelu sekä ATP (Available-to-promise) eli asiakkaalle luvattavissa olevan määrän suunnittelu. Aikapohjaisessa suunnittelussa tarkastellaan laskennallista vapaata käytettävissä olevaa saldoa. Käytettävissä oleva saldo saadaan laskettua seuraavasti:

$$\text{Käytettävissä oleva saldo} = \text{Alkusaldo} + \text{suunniteltu tuotanto} - \text{ennustettu myynti} \quad (2)$$



Usein käytettävissä oleva varastosaldo lasketaan useammalle viikolle kerralla, jolloin suunniteltu tuotanto voidaan ajoittaa oikeaan hetkeen. Tuotanto suunnitellaan ajankohdan, jolloin käytettävissä oleva varastosaldo on vähintään yhtä suuri kuin ajankohdan suunniteltu myynti sekä tuotteelle tai tuoteperheelle laskettu varmuusvarasto. Usein tuotannolle on määritetty haluttu eräkoko, joka on kustannustehokasta valmistaa. Eräkoon suuruus huomioidaan aikapohjaisessa suunnitelmassa aikataulussa. (Stevenson 2011, s.480–483)

Rullaavan periaatteen suunnittelussa tarkastellaan myös suunniteltua tuotantoa, käytettävissä olevaa varastosaldoa, ennustettua myyntiä sekä suunniteltua eräkokoa ja varmuusvaraston suuruutta. Rullaavan periaatteen suunnittelu eroaa aikapohjaisesta suunnittelusta siten, että se ottaa huomioon edellisessä aikaperiodissa tapahtuneet todelliset myynnit ja tuotannot. Myös ennusteita päivitetään tässä suunnittelutavassa periodeittain. Rullaavan suunnittelussa suunniteltua tuotantoa voidaan joutua aikaistamaan alustavasta suunnitelmasta, mikä voi aiheuttaa ongelmia esimerkiksi kapasiteetin tai tuotantomateriaalien osalta. Rullaavan periaatteen suunnittelutavassa vain ensimmäisen tai ensimmäisten tarkasteluajanjaksojen suunnitelmat toteutetaan tuotannossa ja loppuja suunnitelmia tarkennetaan ajan kuluessa. (Stevenson 2011, s.480–483, Nedael & Mahlooji, 2014)

ATP-suunnittelussa käsitellään samoja muuttujia kuin kahdessa edellisessä suunnittelutavassa, mutta lisäksi se ottaa huomioon vahvistetut tilaukset sekä siten vapaana olevan varastosaldon. Tässä tapauksessa käytettävissä oleva saldo lasketaan seuraavasti:

$$\text{Käytettävissä oleva saldo} = \text{Alkusaldo} + \text{MPS} - \text{myyntiennuste} - \text{todellinen myynti} \quad (3)$$

Kaavassa MPS:llä tarkoitetaan karkeasuunniteltua tuotantoa (Master production schedule).

Kumulatiivinen ATP eli luvattavissa oleva määrä saadaan laskettua seuraavasti:

$$\text{ATP} = \text{Edellinen ATP} + \text{MPS} - \text{tilaukset ennen seuraavaa MPS} \quad (4)$$

Tässä suunnittelutavassa ATP:n määrä määrittää seuraavan tuotannon ajankohdan. (Stevenson 2011, s.480–483, Jacobs et al. 2018, s.191–197)

### 2.2.3 Hienosuunnittelu

Karkeasuunnittelua seuraava vaihe on hienosuunnittelu, jonka tavoitteena on luoda tarkka tuotantosuunnitelma. Tarkka tuotantosuunnitelma pohjautuu karkeasuunnittelun luomaan ajoitukseen. Hienosuunnittelu määrittää tuotantoerien koot, työvaiheiden ajoitukset sekä tarvittavat resurssit. Hienosuunnittelulla pyritään minimoimaan tuottavuuteen negatiivisesti vaikuttavia vaiheita, kuten asetusajoja tai tuotantoa rajoittavien pullonkaulojen vaikutusta. Taaksepäin ajoitus on yleisin tuotannonohjauksen tietojärjestelmissä käytetty menetelmä. Taaksepäin ajoittamisessa tarkastelu aloitetaan halutusta valmistumisajankohdasta ja edetään työvaiheita taaksepäin, kunnes saavutetaan laskennallinen aloitusajankohta. Eteenpäin ajoittamisessa aloitetaan ensimmäisestä työvaiheesta ja edetään vaihe vaiheelta kohti viimeistä vaihetta. Nämä menetelmät ovat käytössä useissa toiminnanohjausjärjestelmissä, vaikka ne eivät huomioi muita samanaikaisesti tapahtua tuotantoeria. Hienosuunnittelussa kapasiteetin rajoittava vaikutus tulisi huomioida suunnitelmia tehdessä, jotta tuotantosuunnitelmat olisivat pitäviä. Hienosuunnittelua voidaan tehdä työpisteiden kuormittamisen suhteen kahdella tavalla: rajoittamattomalla kuormituksella tai rajoitetulla kuormituksella. Rajoittamaton kuormitus ei ota huomioon todellisia työaikoja tai prosessin viiveitä. Rajoitettu kuormitus ottaa huomioon todelliset aloitus- ja lopetusajat eri työpisteillä sekä niiden työskentelyajat. Rajoitetulla kuormituksella saadaan huomioitua todellinen ajankäyttö, mutta suunnitelmaa tulee päivittää päivittäin, prosessin viiveiden ja tuotannon muutoksien vuoksi. Hienosuunnittelun apuna voidaan hyödyntää prioriteettisääntöjä tai algoritmipohjaisia optimointiohjelmistoja. Prioriteettisäännöillä määritetään valintatilanteissa työvaiheiden valmistusjärjestys, eli asetetaan tietyt tuotantoerät toisten edelle. Aina priorisointisäännöt eivät palvele kaikkia tuotantoon liittyviä osapuolia. Esimerkiksi toimitusvarmuutta ylläpitävä tuotantojärjestys ei välttämättä ole paras vaihtoehto tuotannon tuottavuuden kannalta, sillä tuotantojärjestyksen vuoksi eri tilausten väliset asetusajat voivat kasvaa toimitusvarmuutta suosivissa suunnitelmissa. Optimointiohjelmistoilla voidaan luoda erillisiä ratkaisumahdollisuuksia ja vertailla niistä saatuja tuloksia. Vertailun perusteella valitaan sopivin vaihtoehto, sillä suunnittelijalla on usein tiedossa seikkoja, joita järjestelmän mallinnuksessa ei ole huomioitu. (Haverila, et al. 2005, s.418–420, Stevenson 2011, s.477–479)

## 2.3 Tuotantomuodon vaikutus tuotannon ohjaukseen

Tuotantomuotojen osalta määritetään, valmistetaanko vakio- tai tilaustuotteita, valmistetaanko tuotteita varastoon vai vain tilauksesta, varastoidaanko puolivalmisteita ja mikä

on tuotantoerien suuruus. (Haverila et al. 2005, s.365) Tuotantomuotojen määrittelyn jälkeen tuotannonohjaustapa sovitetaan valitun tuotantomuodon mukaisesti.

Varasto-ohjaus on perinteinen materiaalin ohjauksen tapa, jossa tieto materiaalin tai tuotteen uudelleen tilaus- tai valmistustarpeesta saadaan materiaalikirjanpidon perusteella. Varasto-ohjaus soveltuu tuotteille, joilla kysyntää on jatkuvasti. (Sakki 2009, s.108) Martinsuon et al. (2016, s.137–138) mukaan varasto-ohjautuvassa tuotannossa valmistuksen ajoituksen pohjana toimivat asiakkaan ennakoitavat tarpeet ja niiden toistuvuus tai tuotevarastojen havaittu täydennystarve. Usein suurivolyymisten vakiotuotteiden tuotanto on varasto-ohjautuvaa, sillä varastojen avulla voidaan vastata toistuviin asiakastarpeisiin nopeasti ja tehokkaasti. Varasto-ohjautuva tuotantomuoto sitoo varastoihin pääomaa, joten kysyntäennusteiden tarkkuus määrittää pääoman sitoutumisen oikeisiin tuotteisiin. Varasto-ohjautuvan toimitusketjun hallinta on työntöohjautuvaa. (Relander et al. 2011, s.48)

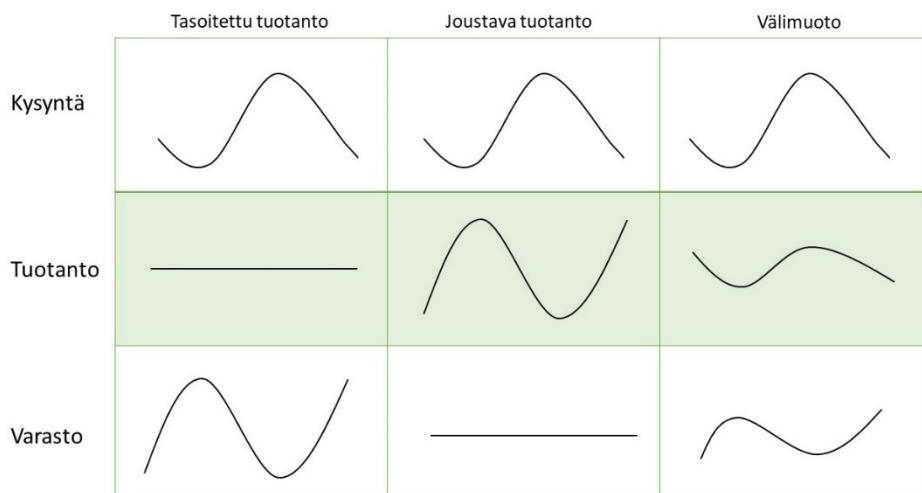
Tilausohjautuvaa tuotantoa (make-to-order, MTO) suositaan tuotesortimentin ollessa laaja ja eri tuotteiden kysynnän vähäistä. Tällöin yksittäisen tuotteen hinta on usein korkeahko ja toimitusaika pitkä. Tilausohjautuvassa tuotannossa kapasiteetti mitoitetaan kysynnän mukaisesti. Toimitusketjun hallinta etenee tilausohjautuvassa tuotannossa imuohjauksen mukaisesti. Asiakasohjautuvassa tuotannossa (assemble –to-order ATO) tuotteet kootaan asiakkaiden tarpeiden mukaisesti, jolloin komponenttien varastointi sitoo pääomaa. Asiakasohjautuvassa tuotesuunnittelussa (Engineer-to-order, ETO) tuotteet suunnitellaan asiakkaan tarpeiden mukaisesti, joten tuotteiden kysyntä on vaihtelevaa ja toimitusajat pitkiä. (Relander et al. 2011, s.49)

Imuohjauksessa tuotteita valmistetaan vain todellisen tarpeen mukaisesti. Tilausimpulssi syntyy imuohjauksessa siitä, kun valmistusketjun tarve impulssit etenevät tilauksen edetessä ja osia käytetään imuohjaus puskurista. Nämä puskurit on toteutettu varastoinnilla. Kun ohjauslaatikko tyhjenee, se laukaisee imuohjausimpulssin, jonka mukaan tuotteita valmistetaan tai osia tilataan uudestaan. Imuohjaus soveltuu parhaiten vakio-osien ja tuotteiden tuotantoon, joiden tuotannon läpäisy aika lyhyt ja tuotteiden menekki on suhteellisen tasainen. (Haverila, et al. 2005, s.420)

Työntöohjaus etenee hienosuunnitteluvaiheessa tehdyn valmistussuunnitelman mukaisesti. Valmistussuunnitelmassa määritellään valmistettävien tuotteiden järjestys, tuotteiden eräkoot ja tuotantoaikataulut. Työntöohjaus soveltuu kaikkiin tuotantomuotoihin, mutta se voi vaikeuttaa monimutkaisten ja laajojen tuotantoketjujen ohjausta. Suunnitelmat eivät välttämättä vastaa todellisuutta tai tuotanto ei kykene toimimaan suunnitellusti,

mikä aiheuttaa usein välivarastoja, jotka tekevät ohjauksesta entistä monimutkaisempaa. (Haverila, et al. 2005, s.420)

Myös kapasiteetin taktinen suunnittelu vaikuttaa valittavaan tuotantomuotoon. Kuva 7 esittää muuttuvan kysynnän vaikutusta tuotannon kapasiteettiin ja varastoihin. Tasoitussa tuotannossa tuotannon kapasiteetti pidetään vakiona ja kysynnän muutoksiin varaudutaan tuotteita varastoimalla. Tällöin tuotantomuotona usein varasto-ohjautuva tuotanto. Joustavassa tuotannossa kysynnän muutoksiin vastataan muuttamalla tuotannon kapasiteettia. Joustavassa tuotannossa pyritään välttämään varastointia tai pitämään se minimissä. Joustava tuotanto soveltuu yrityksille, joille kapasiteetin lisääminen on edullista. Usein yrityksissä käytetään näiden yhdistelmää vastaamaan kysynnän vaihteluihin, sillä usein voi olla vaikeaa erottaa kysynnän vaihtelun syytä. Jos kysyntä nousee pitkäaikaisesti voi tasoitetun tuotannon kapasiteetti olla riittämätön ylläpitämään varastoja ja siten toimitusvarmuutta. (Lehtonen, 2004, s.70–71)

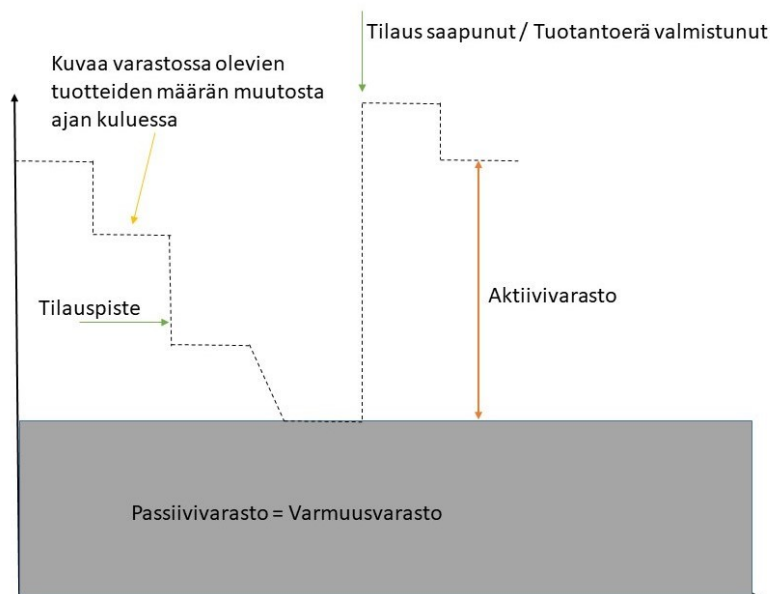


**Kuva 7.** Taktinen kapasiteettisuunnittelu (mukaillen Lehtonen 2004).

## 2.4 Varastot ja niiden ohjaus

Varastoilla on monia tehtäviä, joista tärkeimmät ovat sopeutuminen ennustettuun ja mahdollisesti muuttuvaan kysyntään, toimitusvarmuuden säilyttäminen mahdollisista ongelmista huolimatta, täydennystilausten jaksotuksen ja materiaalien paljousalennusten hyödyntäminen, kuljetuskustannusten alentaminen sekä varautuminen hinnankorotuksiin. Lisäksi varastoinnilla pyritään turvaamaan tuotannon jatkuvuus tuotannon vaatimia materiaaleja varastoimalla. (Stevenson 2014, s.549–550, Hokkanen et al. 2011, s.125, Simchi-Levi et al. 2018, s.31–32)

Teollisuudessa varastot voidaan usein luokitella kolmeen eri kategoriaan: raaka-ainevaraan, puolivalmistevaraan ja valmistuotevaraan. Raaka-ainevaraanissa säilytetään nimensä mukaisesti tuotantoprosessin vaatimia raaka-aineita, materiaaleja ja komponentteja. Puolivalmistevaraanissa säilytetään tuotteita, joiden tuotanto on kesken ja valmistuotevaraanissa nimensä mukaisesti täysin valmiita tuotteita. (Sakki, 2003, s.73) Varastot voidaan myös jakaa kahteen eri luokkaan niiden syntyperusteen mukaisesti. Aktiivivaraanilla tarkoitetaan varastoa, joka muodostuu tilaus- tai tuotantoerän ollessa suurempi kuin asiakkaan tarve. Passiivivaraanilla sen sijaan tarkoitetaan varastoa, joka syntyy varautumisesta epävarmuuteen. Tällaista passiivivaraanista kutsutaan varmuusvaraaniksi, joka syntyy siitä, että jokaisen varaston täytön kohdalla varastossa on vielä jäljellä edellisen erän tuotteita. Yrityksille voi syntyä paljon lisäkustannuksia passiivivaraanista, jos ne eivät ole suunnitelman mukaisia esimerkiksi halutun palvelutason saavuttamiseksi. Varastojen syntyä on esitelty kuvassa 8, jossa katkoviivoilla esitetään varaston määrän muutokset eri ajan hetkinä. Lisäksi kuvaan 8 on määritetty tilauspiste eli uuden tuotantoerän tuotannon aloituksen tai uuden tilauksen tekemisen ajankohta, niin, että aktiivivaraan kattaa myynnin tilauksen toimituksen ajan, niin ettei varmuusvaraan säilyy samansuuruisena.



**Kuva 8.** Eri varastotyyppit syntyvän mukaan ajan kuluessa.

Todellisuudessa varaston syntytyypin mukaan varastoja ei ole yleensä eriytetty yrityksissä, vaan kaikkia varastossa olevia tuotteita voidaan käyttää ja myydä jatkuvasti. Varaston kokoa voidaan ennakoida ja suunnitella seuraavan kaavan mukaisesti:

$$\text{Varaston keskiarvo} = \text{varmuusvaraan} + \frac{\text{toimitus-/tuotantoerä}}{2} \quad (5)$$

Aktiivivaraston keskimääräinen arvo saadaan laskettua jakamalla yleisen toimitus- tai tuotantoerän koko puoliksi. (Sakki, 2003, s.74). Varaston keskiarvo voidaan myös joissain tapauksissa laskea jakamalla maksimivarasto puoliksi.

Jos varastojen ohjaus on heikkoa tai sitä ei ole, voidaan ajautua yli- tai alivarastointiin. Ylivarastoinnin seurauksena varastointikustannukset voivat nousta erittäin korkeiksi tai varastossa olevat tuotteet voivat pilaantua tai jäädä myymättä. Alivarastoinnin seurauksena yritys voi menettää myyntiä toimittamatta jääneiden tuotteiden vuoksi sekä siten vähentää asiakastytyvääsyyttä. Alivarastoinnin myötä myös tuotanto voi pysähtyä materiaalipulan vuoksi. (Stevenson, 2014, s.550–551)

Varastonohjaus on tärkeä osa tilaus-toimitusketjuja. Varastonohjauksen tavoitteena on ylläpitää haluttu palvelutaso asiakkaille, mutta myös pitää varastoinnin aiheuttamat kustannukset kohtuullisina. Palvelutasolla kuvataan yrityksen kykyä vastata asiakkaiden tarpeisiin. Jotta haluttu palvelutaso saavutetaan, yrityksen varastojen tulee vastata tavoiteltavaa palvelutasoa. Laskennassa käytetyllä palvelutasolla mitataan todennäköisyyttä sille, että kysyntä ylittää tarjonnan tarkasteluajanjaksolla. Palvelutason ylläpitäminen lisää usein tarvetta varastoinnille, sillä varastoissa tulee olla tarpeeksi materiaaleja tuotantoa varten, mutta myös tarpeeksi valmiita tuotteita toimitettavaksi asiakkaille. Tehokas varastonohjaus vaatii useita eri asioita yritykseltä. Yrityksellä tulee olla luotettava järjestelmä, jolla se pitää ajantasaisesti kirjaa saatavilla olevasta varastosta ja tilauksista. Lisäksi yrityksen tulee määrittää luotettavat ennusteet kysynnästä, eri tuotteiden läpimenoajat, arviot varastointiin ja tilauksiin liittyvistä kustannuksista sekä luokittelusysteemi tuotteiden ja materiaalien välille. (Stevenson 2014, s.549–551, Sakki 2009, s.84, Haverila et al. s.443)

Varaston kiertonopeuden avulla voidaan tarkastella yrityksen varastoinnin ja materiaalien ohjauksen kiertonopeutta ja tehokkuutta. Varastonkiertonopeus voidaan määrittää vuositasolla tai muulla halutulla ajanjaksolla seuraavasti:

$$\text{Varastonkiertonopeus} = \frac{\text{Varastonkäyttö tai myynti}}{\text{Varastonmäärä tai arvo}} \quad (6)$$

Kaavassa (6) varastonkäytöllä tai myynnillä tarkoitetaan varastosta otetun tuotteen käyttöä yksiköinä tai arvoa rahana. Vuosittaisen varastonkiertonopeuden tapauksessa käytetään vuosittaista myyntiä arvona tai määränä keskiarvallisesti tai eri ajanhetkinä. Varaston määränä tai arvona voidaan käyttää sen hetkistä varaston arvoa tai valitun aikajakson keskiarvoa, joka voi olla haastava määrittää eri tilanteissa. Varastonkiertonopeus voidaan määrittää myös tuotekohtaisesti vertaamalla kappalemääristä kulutusta keskimääräiseen varastoon. (Miettinen 1993, s.77–78, Sakki 2003, s.79) Mitä korkeampi varastonkiertonopeuden arvo on, sitä tehokkaampana voidaan varastoja pitää. Kuitenkin

tässä yhteydessä pitää huomioida myös haluttujen palvelutasojen saavuttaminen sekä toimiala. Esimerkiksi eri tuotantomuodoissa varastonkiertonopeus voi olla pitkä, myös tuotannon ollessa pitkäkestoinen prosessi. (Stevenson 2014, s.550–551)

Varaston riitolla tarkoitetaan sitä aikaa, jonka varasto riittää nykyisellä kulutuksella. Varaston riitto voidaan laskea seuraavan kaavan mukaisesti.

$$\text{Varaston riitto} = \frac{365}{\text{Kiertonopeus}} \quad (7)$$

jossa kiertonopeudella tarkoitetaan usein vuosittaista laskettua kiertonopeutta. (Miettinen 1993, s.77–78) Jos varaston riitto on korkea, se voi olla merkki ylivarastoinnista. Jos riitto on vain muutamia päiviä, riski varaston riittämättömyydelle kasvaa. (Stevenson 2014, s.551)

Miettisen (1993, s.13) mukaan yleisiä tuotannon tavoitteita ovat toimitusaika- ja varmuus, tuotannon joustavuus, laatu sekä kustannukset. Toimitusvarmuudella ilmaistaan sitä, kuinka hyvin asiakkaille luvatuissa toimitusajoissa pysytään ja tilaukset saadaan toimitettua. Tuotannon joustavuudella kuvataan kykyä reagoida ja toimia muuttuvissa olosuhteissa. Nämä tavoitteet ovat usein ristiriidassa keskenään, sillä usein taloudellisesti kannattavinta olisi ylläpitää vain pientä varastoa, joka taas voi heikentää toimitusvarmuutta.

## 2.5 Varastojen täydennys ja varmuusvarasto

Varaston täydennyksen suunnittelussa tulee määrittää hankinta-aika, tuleva menekki sekä varmuusvarasto. Hankinta-aika on kokonaisaika, joka kuluu tilauksen tekemiseen ja tavarantoimitukseen. Hankinta-ajalla voidaan tarkoittaa myös jossain tapauksissa aikaa, joka kuluu tuotannossa siihen, että sama tuote tulee uudestaan tuotantoon ja valmistetaan. Toimitusaikaan vaikuttaa tilauksen käsittelyaika, tavarantoimittajan valmistus- ja toimitusprosessiin kuluva aika sekä tavarantoimituksen vastaanottoon kuluva aika. Varmuusvarastolla kuvataan sitä tuotteiden tai osien minimilukumäärää, jonka alle varastotasot eivät saisi laskea. Varmuusvaraston suuruuteen vaikuttaa hankinta-ajan pituus, menekin vaihtelut, haluttu toimitusvarmuus sekä tavarantoimittajan täsmällisyys. Varmuusvarasto voi olla eri ajankohtina eri suuruinen. Fyysisessä varastossa varmuusvarastoa ei ole eriytetty muusta varastosta. (Sakki 2009 s.121–123, Stevenson 2011, s.570–572)

Varmuusvarastot ovat yleisesti tunnettu strateginen keino kysynnän ja menekin vaihtelun hallintaan. Varmuusvaraston määrää voidaan laskea useammalla tavalla. Usein laskennassa käytetään tietoa tuotteiden menekistä, hankinta-ajasta ja palvelutasosta ja niiden vaihtelevuudesta. Varmuusvarasto voidaan kuitenkin laskea myös ennustetarkkuuden perusteella. (Goncalves et al. 2020)

Varmuuskertoimen myötä määritetään prosentuaalinen mahdollisuus tuotteiden loppumiselle ennen uuden tilauksen toimitusta. Varmuuskertoimeen vaikuttaa siis haluttu palvelutaso. Varmuusvaraston (B) laskennassa tarvitaan tietoa menekin hajonnasta, halutusta palvelutasosta sekä hankinta-ajanpituudesta. Varmuusvarasto voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$B = k_s \sqrt{L} \quad (8)$$

Kaavassa k on taulukosta 2 saatava varmuuskerroin, s on tuotteen myynnin standardipoikkeama ja L hankinta-ajan pituus. Standardipoikkeama voidaan määrittää esimerkiksi viikkotasolla vuoden ajalta kerätystä aineistosta. Usein standardipoikkeaman arvona käytetään käsiteltävästä datasta laskettua keskihajontaa. Varmuuskerroin k voidaan laskea myös excelissä normaalijakaumaa hyödyntäen, jos haluttua palvelutasoa ei löydy valmiista taulukosta. (Sakki, 2009, s.122, Goncalves et al. 2020)

Taulukko 2. Varmuuskerroin k eri palvelutasoille. (Mukaiillen Silver et al. 1998)

Haluttu toimitusvarmuus / palvelutaso	50 %	75 %	90 %	95 %	97 %	98 %	99 %	99,5 %	99,9 %	99,99 %
Varmuuskerroin k	0	0,67	1,28	1,64	1,88	2,05	2,33	2,57	3,09	3,72

Jos yritys siis haluaa laskea varaston varmuusvaraston osuutta haluttua palvelutasoa menettämättä, tulee sen lyhentää tuotteiden hankinta- tai valmistusaikaa tai vähentää kysynnän epävarmuutta. (Chopra & Meindl 2007, s.335) Hankintaa-aikaan tai kysynnän epävarmuuteen ei kuitenkaan aina voida vaikuttaa, mutta niiden vaihtelu voidaan huomioida varmuusvaraston suuruutta määrittäessä. Varmuusvarasto voidaan määrittää myös tilanteissa, joissa kysyntä tai tuotteiden toimitusaika vaihtelee. Varmuusvarasto lasketaan seuraavasti tilanteissa, joissa tuotteen kysyntä on tasaista ja tuotteen toimitusajassa on vaihtelua. Tällöin käytettävä kaava on:

$$B = k \cdot \sigma_l \cdot D_{ave} \quad (9)$$

Kaavassa k on edelleen varmuuskerroin,  $\sigma_l$  tuotteen toimitusajan keskihajonta ja  $D_{ave}$  kysynnän keskiarvo.

Kysynnän ollessa vaihtelevaa ja tuotteen toimitusajan ollessa vakio, kaava mukautuu seuraavaan muotoon



$$B = k * LT_{ave} * \sigma_D \quad (10),$$

jossa  $\sigma_D$  on menekin keskihajonta ja  $LT_{ave}$  on toimitusajan keskiarvo viikkoina. (King 2011; Talluri et al. 2004)

Varmuusvarasto voidaan laskea myös tapauksissa, joissa sekä kysyntä, että hankinta-aika vaihtelevat seuraavalla kaavalla.

$$B = k\sqrt{L \cdot \sigma_D^2 + \sigma_L^2 \cdot D_{ave}^2} \quad (11)$$

Kaavassa (11) L on toimitusaika viikkoina,  $\sigma_D$  on menekin keskihajonta,  $\sigma_L$  on toimitusajan keskihajonta ja  $D_{ave}$  kysynnän keskiarvo. (King 2011; Talluri et al. 2004)

Lisäksi tuotteiden määrälle varastossa voidaan laskea ylä- ja alarajat, joiden sisällä tuotteiden määrän halutaan pysyvän. Varaston arvon ollessa raja-arvojen välissä, ei täydennystilausta tarvitse tehdä tai uutta tuotantoerää valmistaa. Raja-arvot ja tilauserän koko saadaan määriteltä seuraavilla kaavoilla.

$$\text{Maksimivarasto} = \text{varmuusvarasto} + \text{menekki tarkasteluvälin ja hankinta - ajan aikana} \quad (12)$$

$$\text{Minimivarasto} = \text{varmuusvarasto} + \text{menekki hankinta - ajan aikana} \quad (13)$$

$$\text{Tilauserä} = \text{maksimivarasto} - \text{tarkasteluhetken varasto} - \text{saapumatta olevat tilaukset} \quad (14)$$

Tässä laskutavassa minimivaraston koko toimii siis tilauspisteenä täydennystilaukselle, jolloin täydennystilauksen koko on sellainen, että varaston määrä nousee maksimiin. Tilausmäärä ei tässä menetelmässä ole vakio. (Sakki 2009, s.125)

Varastoja voidaan täydentää myös eri tavoin määritettyjen tilauspisteiden avulla, jossa usein huomioimaan kustannukset ja tilauksien eräkokoa.

Stevensonin (2011, s.569–573) mukaan täydennyksen tilauspiste ROP (REORDER POINT) voidaan määrittää, jos tiedetään kysyntä ja läpimenoaika. Ideaalitulanteessa kysyntä ja läpimenoaika olisivat vakioita, jolloin ROP saataisiin kertomalla muuttujat keskenään. Jos kuitenkin vain läpimenoajan oletetaan olevan tiedossa, tarve varmuusvaraston olemassaololle kasvaa. Varmuusvaraston tarve tulee esille myös tilanteissa, joissa sekä kysyntä ja/tai läpimenoaika eivät ole vakioita. Näissä tilanteissa ROP peruskaavan muoto on seuraava:

$$ROP = \text{kysyntä} \cdot \text{löpimenoaika} + \text{varmuusvarasto} \quad (15)$$

Kaavaa käyttäessä on huomioitava, että läpimenoajan ja kysynnän tulee olla samassa aikayksikössä eli esimerkiksi kysyntä päivissä ja läpimenoaika päivinä. Tilanteesta riippuen kysynnän ja/tai läpimenoajan arvona käytetään keskiarvoa. Varmuusvaraston laskentakaava riippuu tarkasteltavasta tilanteesta.

Varmuusvarastoon vaikuttaa tilauspisteen laskennassa kolme asiaa:

1. Kysynnän ja läpimenoajan keskiarvot
2. Kysynnän ja läpimenoaikojen vaihtelut
3. Haluttu palvelutaso

Tämän diplomityön osalta tarkastellaan tapausta, jossa sekä kysyntä, että läpäisy aika vaihtelevat. Tällöin ROP lasketaan seuraavasti:

$$ROP = D_{ave} * LT_{ave} + z * \sqrt{LT_{ave} * \sigma_d^2 + D_{ave}^{-2} * \sigma_{LT}^2} \quad (16)$$

Kaavassa (16)  $D_{ave}$  on kysynnän keskiarvo viikkotasolla,  $LT_{ave}$  läpimenoajan keskiarvo viikoissa,  $z$  normaalijakauman taulukosta saatava palvelutasoa vastaava luku,  $\sigma_{LT}$  on läpimenoajan keskihajonta ja  $\sigma_d$  on kysynnän keskihajonta. (Stevenson 2011, s.569–574)

Arnoldin et al. (2012) mukaan varmuusvarasto voidaan määrittää myös ennustetarkkuuden mukaan, jos tuotteen kysynnästä laaditaan ennusteita. Kun varmuusvaraston suuruutta tarkastellaan ennustetarkkuuden mukaan, menekin keskihajonta korvataan ennustevirheen keskihajonnalla. Ennustetarkkuuden keskihajonnan eli kysynnän ja ennusteen erotuksen keskihajonnan oletetaan menekin keskihajonnan tapaan olevan normaalijakautunut. Tämän oletuksen perusteella voidaan laskea varmuusvaraston koko halutulla palvelutasolla. Tässä varmuusvaraston laskussa ennusteen keskivirheen oletetaan olevan lähellä nollaa ja ennustevirheiden syntyvän satunnaisesta vaihtelusta. Ennustetarkkuuden keskihajonta saadaan laskettua ennustemittari MAD:in (mean absolute deviation) avulla, joka lasketaan seuraavasti:

$$MAD = \frac{\text{Absoluuttisten poikkeamien summa}}{\text{Havaintojen määrä}} \quad (17)$$

Ennustetarkkuuden keskihajonnan oletetaan olevan  $1,25 * MAD$ , jolloin varmuusvaraston laskentakaavaksi saadaan:

$$B = k * 1,25 * MAD * \sqrt{LT} \quad (18)$$

Kaavassa (18)  $k$  on palvelutason määrittämä varmuuskerroin,  $MAD$  ylempänä esitelty ennustemittari ja  $LT$  läpäisy aika. Tämän kaava ei kuitenkaan huomioi ennusteen suuruutta, vaan antaa samansuuruisen varmuusvaraston eri suuruisille ennusteille. Jotta ennusteen suuruus saadaan huomioitua, on käytettävä ennustevirheen sijaan suhteellista keskihajontaa, joka esittää keskihajonnan osuuden arvojoukosta. MAD:ia käytettä-

essä suhteellinen keskihajonta saadaan laskettua jakamalla MAD tarkasteltavan ajanjakson ennusteen keskiarvolla ja kertomalla saatu suhteellisen keskihajonnan luku ennusteella, jolloin varmuusvaraston kaava muokkaantuu muotoon:

$$B = k * 1,25 * \frac{MAD}{\mu_{ennuste}} * \sqrt{LT} * ennuste \quad (19)$$

Jossa  $\mu_{ennuste}$  on ennusteen keskiarvo tarkasteluajanjaksolla ja ennuste ennusteen suuruus tarkasteluajankohdassa. Tämä varmuusvaraston laskenta tapaa kuvaa sitä määrää, mikä päivä tai viikkokohtaisen ennusteen suuruudesta tulisi jättää varmuusvarastoksi. (Arnold et al. 2012 s. 233–333)

Varmuusvaraston sijaan voidaan menekin ja kysynnän vaihtelun hallintaan käyttää laskettua turvallista läpimenoaikaa (safety lead time). Simulaatiotutkimuksessa on vertailtu varmuusvaraston ja turvallisen läpimenoajan käyttöä erilaisissa tilanteissa ja valitun metodin vaikutusta varastointitarpeeseen. Turvallisen läpimenoajan metodissa etuna on alhaisemmat varastotasot ja parempi toimituskyky kuin varmuusvarastoja ylläpitämällä tilanteissa, joissa tarjonta on vaihtelevaa. Turvallinen läpimenoaika tulee kuitenkin määrittää huolella, jotta hyödyt saavutetaan. Kysynnän vaihdellessa varmuusvarastot tuottavat vähemmällä varastointitarpeella tehokkaamman toimituskyvyn. Jos sekä kysyntä että tarjonta vaihtelee, on usein turvallisen läpimenoajan metodi tehokkaampi vähemmällä varastolla. (van Kampen et al. 2010)

## 3. NYKYTILA-ANALYYSI

### 3.1 Tuotannonsuunnittelun nykytila-analyysi

Tuotannon hienosuunnittelu eli ajo-ohjelman laadinta on Metsä Tissuella toteutettu jalostuslinjoittain SAP:issa. Hienosuunnittelua tehdään taaksepäin ajoittamisen periaatteiden mukaisesti. Hienosuunnittelu pohjautuu vahvasti laadittuihin ennusteisiin tuotteiden kysynnästä sekä jo vahvistettuihin asiakastilauksiin. Hienosuunnittelulle on olemassa omat sääntönsä optimaalisen tuotantojärjestyksen saavuttamiseksi, mutta niitä ei aina voida täysin noudattaa halutun toimitusvarmuuden takaamiseksi. Nämä säännöt esitellään linjakohtaisesti myöhemmin tässä kappaleessa. Hienosuunnittelussa ajo-ohjelmat pyritään pitämään tarpeeksi pitkinä, jotta paperikoneiden tuotannonsuunnittelusta vastaava henkilö saa laadittua toimivat ajo-ohjelmat paperikoneille jalostuslinjojen raakapaperitarpeiden mukaisesti. Tuotannonsuunnittelu tehdään pääasiallisesti SAP:in planning board suunnitteluohjelmalla, jossa on esitetty linjan suunniteltu ajo-ohjelma aikajanelle sijoitettuina palkkeina. Vaikka varsinainen tuotannonsuunnittelu tehdään yhdellä suunnitteluohjelmalla, myös muita SAP:in ohjelmia hyödynnetään suunnitteluprosessissa vahvasti. Käytettävä suunnitteluohjelma esittää varaston kehityksen tuotteittain huomioiden uusien tuotantoerien valmistumisajankohdan, tuotteen ennustetun kysynnän sekä saapuneet asiakastilaukset. Lisäksi suunnitteluohjelma antaa ehdotuksia tuotteiden valmistamiseksi historiatiedon ja ennustettujen varastotasojen perusteella. Tuotannonsuunnittelija pystyy suunnitteluohjelmassa kokeilemaan ajoerien koon tai ajankohtien vaikutusta eri tuotteiden varastotasoille. Suunnitteluohjelmaan ei ole määritetty suoraan minimi- ja maksimivarastoja, joten ajoerien koon määrittely on pääasiallisesti tuotannonsuunnittelijan vastuulla. Kuitenkin on muistettava, että suunnitteluohjelma antaa teoreettisen kuvan eri tuotteiden ajojen kestosta, joten suunnitelmaa on päivitettävä tarpeeksi usein toteutuneen tuotannon perusteella. Lisäksi suunnitteluohjelmassa voidaan tarkastella tuotteiden tarvikkeiden varastotasoa. Varsinaisen hienosuunnittelun eli ajo-ohjelman laatimisen lisäksi tuotannonsuunnittelijoiden vastuulla on tarvikkeiden tilaaminen tuotantoa varten. Näitä tarvikkeita ovat esimerkiksi erilaiset hylsytyt, kääreet, säkit ja laatikot.

Ajo-ohjelman suunnittelulle on olemassa omat ohjeensa mahdollisimman optimaalisen tuotantos suunnitelman laatimiseksi tuotteiden välisiä vaihtoaikoja minimoiden. (Aineisto D) Suunnitteluohjelmaan on määritetty eri tuotteiden väliset vaihtoajat, jotka näkyvät suunnitteluohjelmassa erillään varsinaisen tuotannon kokonaiskestosta. Vaihtoajat ovat

yksi lukuisista tiedoista, joiden paikkaansa pitävyys määrittää tuotannosuunnittelun onnistumista ja siksi ajantasaiset tiedot tuotantoprosessiin vaikuttavista tiedoista ovatkin erittäin tärkeitä. Muita tärkeitä tuotannosuunnitteluun vaikuttavia tietoja ovat esimerkiksi linjan työskentelyajat sekä huoltoajankohdat. Suunnitteluohjelmaan on määritetty tiedot eri linjojen työvuoroista eli hienosuunnittelua tehdään rajoitetulla kuormituksella. Rajoitettua kuormitusta käytettäessä saadaan huomioitua todellinen ajankäyttö, todelliset aloitus- ja lopetusajat sekä työskentelyajat. Kuitenkin rajoitetun kuormituksen tarve tuotantosuunnitelman päivittämiselle kasvaa, jotta tuotantoprosessin viiveet tai muutokset saadaan huomioitua. (Stevenson 2011, s.477–479) Päivitys tapahtuu manuaalisesti tuotannosuunnittelijan toimesta, pohjautuen laskennalliseen keston, joka ajossa olevalla tuotantotilauksella menee valmistumiseen huomioiden linjan työskentelyajat. Tuotannosuunnittelijan vastuulla on myös ylläpitää tietoa linjan työskentelyajoista suunnitteluohjelmistoon, jotta tuotantosuunnitelmasta saadaan kattava.

Suunnitteluohjelman lisäksi tuotannosuunnittelijat hyödyntävät työssään myös muita SAP:in tarjoamia ohjelmia. Varsinainen tuotantosuunnitelma eli ajo-ohjelma muodostuu eri linjoille suunnitteluohjelmassa luoduista tuotantojärjestyksestä. Varsinainen ajo-ohjelma on esitetty erillisessä ohjelmassa SAP:issa jalostuslinjoittain ja paperikoneittain. Ajo-ohjelmaan on määritetty tiedot eri tuotteiden ajojärjestyksestä, tuotantomääristä sekä suunnitellusta tuotannon aloitusajankohdasta. Lisäksi ajo-ohjelma osuuteen päivittyy tuotannon edistyminen tuotantotilauksittain valmiiden tuotteiden osalta. Suunnitteluohjelmaan tehdyt muutokset vaikuttavat suoraan ajo-ohjelmassa olevien tuotantotilausten tietoihin kuten aloitusajankohtaan tai tuotantomäärään. Jo ajossa olevien tilausten osalta suunnitteluohjelmassa ei voida tehdä muutoksia esimerkiksi ajoerän kokoon.

SAP:in lisäksi tuotannosuunnittelijan työhön ja päätöksentekoon vaikuttavat tehtaan muut osastot. Esimerkiksi tehtaan henkilöstötilanteen osalta tuotannosuunnittelija arvioi linjan tilannetta sen mukaan, että saako linja seisoa työvuoron vai pyritäänkö henkilöstöpuute korvaamaan ylitöillä. Ajo-ohjelmaan ja sen järjestyksen muutoksiin johtavat usein asiakaspalvelun toiveet tuotteiden valmistumisajankohdasta tai tuotantoinsinöörin kanssa sovittavat muutokset johtuen henkilöstön osaamisesta tai muista tuotantotekijöistä.

### **3.2 Hienosuunnittelun periaatteet**

Tuotteiden ajo-ohjelmaa suunnitellessa suunnitelmat pohjautuvat tuotteiden ennustettuun kysyntään sekä mahdollisiin sovittuihin kampanjoihin. Tuotannosuunnittelun tavoitteena on ajoittaa eri tuotteiden tuotantoajankohdat siten, että tuotannon kapasiteetti-kuormitus olisi mahdollisimman tasaista ja haluttu palvelutaso voidaan saavuttaa.

Ajoerien koko määräytyy ennustetun kysynnän mukaisesti. Kun linjan tuotteita ajetaan normaalikysyntää vastaan, ajoerien koko vaihtelee 2–3 viikon myynnin mukaisesti. Jos tuotetta myydään ennustettua enemmän tarve ajoerien kasvatukselle tai uusille ajoerille kasvaa. (Haastattelut A ja B)

Eri tuotantolinjoille on luotu ohjeet eri tuotteiden optimaaliselle järjestykselle ajo-ohjelmassa. Suositeltu ajojärjestys on luotu minimoimaan tuotannon vaihtoaikoja. Yleisellä tasolla CR-linjojen tuotannosuunnittelun säännöistä voidaan todeta, että tuotteet ajetaan tuoteperheittäin erilaiset muutokset tuotantolinjalla minimoiden. Lisäksi tuotantoa määrittää yhteinen sopimus siitä, että jokaisen tuotantoerän pitäisi olla vähintään yhden vuoron eli kahdeksan tunnin mittainen. Optimaalisen tuotantojärjestys ei ota kantaa tuotteiden varastointiin liittyviin tekijöihin vaan pyrkii minimoimaan tuotteiden väliset vaihtoja asetusajat. (Haastattelu B)

CR1-linjalla valmistetaan pääasiassa painamattomia toilettipapereita. CR1-linjalla pisimmät vaihdot ovat aiheutuvat paperin värin vaihtamisesta, sillä linja on siivottava täysin, kun siirrytään keltaisen paperin tuotannosta valkoiselle paperille. Tämän kaltaiset siivoustoimet voivat kestää jopa 8 tuntia tai pidempään jos muilta jalostuslinjoilta ei voida antaa lisähenkilökuntaa siivousavuksi. Tästä syystä keltaisia papereita pyritään ajamaan linjalla harvemmin kuin viikoittain. Erilaisia painoteloja linjalla on kolme ja niiden vaihtamisen tarve pyritään minimoimaan ajo-ohjelmaa suunnitellessa. Linjan erikoisuus ajo-ohjelmaa suunnitellessa on kampanja-ajot, jolloin samalla tilausnumerolle voidaan ajaa säkkipakkauksen sekä myymälävalmiinlavan tuotantoa. Lisäksi linjan ajojärjestykseen vaikuttavat pakkauskoot, brändit, raakapaperi sekä mahdollisuus ajaa myös CR11 tuotteita tarvittaessa. Linjan tuotteista suurinta osaa valmistetaan varastoon, mutta linjalla on myös poikkeuksia, joita valmistetaan vain tilauksia vastaan. (Haastattelut B ja C, Aineisto D)

CR2-linjalla valmistetaan talouspaperia, painettua toilettipaperia sekä tarvittaessa CR1-linjan toilettipaperia. CR2-linjalla käytetään neljää erilaista puristustelaa, joiden vaihtoihin kuluu enemmän aikaa kuin CR1:llä paperityypiltä toiselle siirryttäessä. Tuotteet pyritään sijoittamaan ajo-ohjelmaan siten, että tuotteiden välillä joudutaan tekemään mahdollisimman vähän vaihtoja telojen, painatuksien, painovärien, raakapaperien ja tuotetyyppien välillä. Yksittäisille tuotteille on lisäksi erilliset ohjeet niiden sijoittamisesta ajo-ohjelmaan. (Aineisto D, Haastattelu B)

CR11-linjalla vaihdot liittyvät pakkauskokoon, liiman väriin, raakapapereiden ominaisuuksiin. Myös CR11 -linjalla siivouksia joudutaan tekemään valkoisten ja keltaisten pa-

perien tuotantojen välillä. CR11:lla on selkeä jaksotus tuotteille ensin Katrinin pehmopaperit eri pakkauskokoiseen ja mahdollinen paperin laminointi huomioiden ja sitten private label tuotteet eri pakkauskokoiseen tietyssä järjestyksessä. CR11-linjalla voidaan valmistaa myös CR1:n toilettipaperia, jos CR1:n kapasiteetti ei ole tilanteessa riittävä. Tämä vaatii kuitenkin telan vaihdon, joten kovin lyhyitä tuotantoeriä ei tällä vaihtoehdolla kannata toteuttaa. (Haastattelu B, Aineisto D)

### 3.3 Tuotannon tavoitteet

Tuotannon näkökulmasta tärkein tavoite on OEE-tavoite (Overall Equipment Efficiency), joka koostuu materiaali-, aika- ja nopeustehokkuuksista. Tuotannon näkökulmasta tavoitteena on tuottaa mahdollisimman tehokkaasti eri tuotteita. Tehokkuuteen vaikuttaa esimerkiksi tuotantoerien koko, tuotteiden järjestys ajo-ohjelmassa sekä tuotteiden valmistusnopeus linjalla. Täten tuotannon tavoitteet voivat olla osittain ristiriidassa tuotannon suunnittelun ja varastonhallinnan tavoitteiden kanssa. (Haastattelut B ja C)

Materiaalitehokkuuden arvona pidetään usein 95 prosenttia, sillä tuotannossa syntyy joka tapauksessa hieman hukkaa materiaaleissa esimerkiksi vaihtojen yhteydessä raakapaperin osalta. Materiaalitehokkuuteen vaikuttaa merkittävästi tuotteiden laatu, sillä sekundatuotteet ja raakapaperin laatuvirheet pienentävät materiaalitehokkuutta. Aikatehokkuudella ilmaistaan sitä, kuinka hyvin käytettävissä oleva tuotantoaika on hyödynnetty tuotantoon. Aikatehokkuutta määrittävät siis varsinainen tuotantoaika sekä suunnitellut ja suunnittelemattomat pysähdykset tuotannossa. Aikatehokkuuteen vaikuttavat esimerkiksi vaihdot tuotteiden välillä, mahdolliset linjojen vaatimat säädöt sekä tietenkin tuotannon suunnittelun laatima ajo-ohjelma. Nopeustehokkuus puolestaan ilmaisee sen millä nopeudella tehtaan linjoja on operoitu suhteessa linjoille määritettyihin maksimituotantonopeuksiin. Nopeustehokkuuden maksiminopeudet tulisi aina määrittää erikseen tuotannon pullonkaulakohteiden osalta, jotta ne olisivat kattavat. Usein kuitenkin jokin tuotantoon vaikuttava tekijä voi toimia pullonkaulanopeutta suuremmalla tuotantonopeudella, jos sillä on ylimääräistä kapasiteettia. Esimerkiksi varastotiloihin tehty laajennus on kasvattanut trukkien ajomatkoja, joten tehdaslogistiikka voi osoittautua välillä tuotannon nopeustehokkuutta rajoittavaksi tekijäksi. CR-linjojen tapauksessa linjan loppupään nopeutta voidaan kuitenkin säädellä tarvittaessa, jotta linjaa ei tarvitsisi pysäyttää missään vaiheessa kokonaan. (Haastattelut C ja F)

Tuotannon tavoitteet eivät tällä hetkellä ole suoraan yhteydessä tuotannon suunnittelun ja varaston tavoitteiden kanssa, vaikka asioita käydään läpi yhdessä viikoittain. Esimerkiksi tuotannon aikatehokkuutta voidaan parantaa pidentämällä eri tuotteiden ajomääriä,

joka voi olla ristiriidassa varastohallinnan tavoitteiden kanssa. Tällaisissa tilanteissa varastoon voi kertyä huomattavasti liikkuvia tuotteita ylimäärin, mikä vie varastokapasiteettia suurempi menekisiltä tuotteilta. Myös tuotannon nopeustehokkuus voi asettaa haasteita tehdaslogistiikan osalta tuotannon ollessa niin tehokasta, ettei tuotteita ehditä siirtää varastopaikoilleen, jolloin logistiikasta syntyy pullonkaula tuotantoprosessiin. (Haastattelut B, F, ja Aineisto E)

### **3.4 Varaston hallinta tuotannosuunnittelun näkökulmasta**

Tässä työssä keskitytään varaston hallinnan osalta käsittelemään Mäntän tehtaan varastoja ja niiden laskennallista kapasiteettia. Mäntän tehtaan suurin ulkoinen varasto on poistunut käytöstä syksyllä 2022, mikä aiheuttaa erityisesti kampanjamäärien osalta haasteita varastokapasiteetille. Kaksi pienempää Mäntässä sijaitsevaa ulkoista varastoa on kuitenkin vielä olemassa ja sinne kuljetetaankin kuorma-autoilla esimerkiksi pienemmän kysynnän tuotteita. Varaston nykytilan kartoitus on pääosin tehty toisen Mäntän tehtaalle tehdyn diplomityön pohjalta. Kyseinen työ on kartoittanut varaston nykytilan ja haasteet varaston näkökulmasta, sekä miten varastoa saataisiin tehostettua. (Aineisto E, Rantanen 2022)

Nykytilassa eri linjoille ja niiden tuotteille ei ole määritetty selkeitä osuuksia, jotka ne saavat täyttää Mäntän varastotilojen varastokapasiteettia. Esimerkiksi CR-linjojen osalta on kuitenkin tunnustettu varaston tavoitekoko sekä varaston koko tilanteissa, joissa varaston maksimikapasiteetti on lähellä. Jo pelkästään CR-linjoilla on erittäin paljon erilaisia tuotteita, sillä jokainen eri pakkauskoko samaa tuotetta on erillinen tuotenimike. Nykytilaan vaikuttaa myös Mäntän tehtaan suurimman ulkoisen varastotilan poistuminen käytöstä, mikä kasvattaa varastohallinnan roolia tuotannosuunnittelun näkökulmasta entisestään. (Haastattelu F) Tehtaan Mäntässä sijaitseville varastotiloille on olemassa laskennallinen maksimi, mutta siihen ei ole täysin mahdollista päästä varastointimallista ja tuotteiden pinottavuudesta johtuen. Maksimivarastokapasiteetissä pinottavuuden on oletettu olevan 3 kerrosta, mikä ei nykytilassa ole mahdollista jokaisen tuotteen kohdalla. (Aineisto E, Rantanen 2022)

Varastotilat ja varastointitavat aiheuttavat myös rajoitteita päävaraston kapasiteetille ja toiminnalle. Varastotilojen osalta tuotannosuunnittelun näkökulmasta merkittäviä tekijöitä ovat varaston monimutkainen layout, joka aiheuttaa tuotteiden kuljetusmatkoihin lisäpituutta sekä varastointitapojen vaikutus päävaraston maksimikapasiteettiin. Varas-



tossa on käytössä jaetun varastopaikan periaate, jossa tuotteille ei ole määritetty suoraan omia varastopaikkoja, vaan niitä voidaan varastoida vapaana oleville varastopaikoille. Kuitenkin esimerkiksi suurimenekkiiset tuotteet pyritään varastoimaan lähelle, jottei tehdaslogistiikka rajoita tuotantoa. Erityispiirteenä varaston hallinnan osalta on ollut kampanjatuotteiden varastoinnin hajauttaminen Mäntän varastotilojen ja ulkoisen varaston välillä, jottei Mäntän varastotilojen kapasiteetti täyty vain yksittäisistä tuotteista. Näin ei suurimman ulkoisen varaston poistuttua voida enää toimia, vaan myös kampanjamäärien pitäisi mahtua Mäntän varastotiloihin. (Aineisto E, Rantanen 2022)

Tuotteet asettavat varastoinnille ja varastokapasiteetin määrittämiselle haasteita. Mäntän tehtaan tuotesortimentti on laaja. Esimerkiksi eri pakkauskoossa olevat samaa paperia olevat pakkaukset ovat erillisiä tuotenimikkeitä, eikä niillä voida korvata usein toisiaan asiakastilauksissa. Tämä aiheuttaa korkean tavoitteen palvelutasolle eli toimitusvarmuudelle, sillä asiakkaille lähetetään aina lähtökohtaisesti heidän tilaamaansa tuotetta. Tehtaalle saapuu suoratilauksia asiakkailta nopealla aikataululla ja ennen iltapäivää tulleet tilaukset lähetetään eteenpäin Mäntästä jo saman illan tai yön aikana. Tuotteiden osalta haasteita aiheuttaa myös tuotteiden ympärillä olevat pakkauskääreet ja niihin liittyvät ominaisuudet. Tuotteita ei voida varastoida täysin viereen, jotta kuormalavoille pakattuja tuotteita voidaan käsitellä ilman pakkausmateriaalien rikkoutumista. Lisäksi valmiiden tuotteiden ympärille käärittävät pakkauskelmut aiheuttavat haasteita tuotteiden pinottavuudelle. Teoriassa tehtaalla täysiä tuotekuormalavoja voi pinota kolme lavaa päällekkäin, mutta todellisuudessa monien tuotteiden pinottavuusominaisuudet eivät mahdollista näin korkeita pinoja. Pinottavuuden ollessa heikompi kuin teoreettinen arvio, päävaraston maksimikapasiteetti laskee merkittävästi. Pinottavuuden ollessa reilusti alle kaksi päävaraston maksimikapasiteetti lähenee alle puolta teoreettisesta maksimista. Erityisesti CR-linjojen tuotteet vaativat paljon varastokapasiteettia, sillä tuotteiden rakenteen takia ne ovat pääosin ilmaa. Tuotteet eivät kuitenkaan pilaannu helposti ja merkittävin huomioitava niiden varastoinnissa on niiden suojaus kosteudelta, mikä tarkoittaa varastointia sisätiloissa. (Aineisto E, Rantanen 2022)

Tuotannonsuunnittelun näkökulmasta varastohallintaa edistetään erillisillä exceleilla. Kolmesti viikossa päivitettävässä varastoexcelissä varastotasoa seurataan jalostuslinjakohtaisesti, mutta myös varastolokaatioittain. Tämän excelin luvuista on tunnistettu suuruudet varastokapasiteetin rajoille, mutta niitä ei ole virallisesti määritetty linjakohtaisesti tai varastotiloittain. CR-linjojen osalta on tarkasteltu erityisesti CR1- ja CR2-linjojen varaston kokoa normaalitilanteessa eli ilman myyntityöstä kampanjoiden vaikutusta. Tarkastelun avulla on tunnistettu painorajat, jonka alapuolella CR1- ja CR2-linjojen tuot-

teiden kokonaispainon tulisi pysytellä. Linjojen varastotasojen kehitystä kuitenkin seurataan tuotannonsuunnittelussa teoriaosuudessaakin mainitun karkeasuunnittelun tavan eli ATP-laskennan tavoin. Linjojen osalta huomioidaan siis laskennassa toteutuneet tuotannot ja myynnit sekä tulevat tuotanto- ja myyntiennusteet ja näiden yhteisvaikutus varastotasojen kehitykselle. Lisäksi linjojen osalta seurataan samassa excelissä toteutuneiden tekijöiden eroa ennustettuun arvioon. Varastojen minimi- ja maksimitasojen laskennassa käytetään erillisiä exceleitä, joissa on määritetty laskentaan koskevia lisätekiäjiä. Näitä huomioon otettavia tekijöitä ovat myyntimäärien vaihtelu viikkotasolla, tuotteiden määrä linjalla, tuotteiden välisten vaihtojen kesto, linjan tuotteiden strateginen merkitys, linjan tuotannon historiallinen kehitys sekä onko linjalla ylimääräistä kapasiteettia. Eri linjojen minimi- ja maksimivarastot määritetty linjoille kertoimien avulla. Linjojen varastotasot perustuvat siis myyntiennusteisiin kerrottuna näillä kertoimilla. Kertoimet on esitetty taulukossa 3. Esimerkiksi CR1 linjan minimivarasto tarkasteluhetkellä saadaan siis laskettua kertomalla viikon myyntiennuste minimikertoimella. Nämä kertoimet eivät kuitenkaan ole suhteutettuna saatavilla olevaan varastokapasiteettiin. (Haastattelu F, Aineisto G ja H)

Taulukko 3. *CR-linjojen varastotasojen laskentakertoimet tuotteiden riiton suhteen*

Linja	Minimivaraston kerroin	Tavoitevaraston kerroin	Maksimivaraston kerroin.
CR1	1,5	2,0	2,5
CR2	2,0	2,5	3,0
CR11	2,5	3	3,5

Näitä kertoimilla laskettuja varastotasoja käytetään ATP- suunnittelussa excelissä apuna tulevien viikkojen varastotilanteen laskennassa ja ennustamisessa sekä tarvittavien toimenpiteiden päätöksen teossa. Esimerkiksi linjan varaston ennusteen ollessa useita viikkoja maksimivarastoa korkeampi on syytä tarkastella tuleville viikoille rajoitustarpeita linjan tuotannolle. Tai päinvastaisessa tilanteessa linjan varaston pysytellessä minimivarastoa alemmalla tasolla on syytä selvittää mahdollisuuksia linjan ylityövuoroille. Tämä excelissä laskettu maksimivaraston taso ei kuitenkaan huomioi samanaikaisesti varastokapasiteettia. (Haastattelu F, Aineisto G ja H)

### 3.5 Tuotannonsuunnittelua tukevat toiminnot

Varastohallintaa ja tuotannonsuunnittelua tukevia toimintoja on Mäntän tehtaalla useita. Aamupalavereissa, jotka järjestetään maanantaisin, keskiviikkoisin ja perjantaisin käydään läpi useita tuotannonsuunnitteluun ja varastointiin liittyviä asioita. Aamupalavereissa käsitellään muun muassa eri linjojen ajo-ohjelmat ja niihin tulleet mahdolliset muutokset, päiväkohtaiset varastosaldot lavoina ja isoina rullina sekä tuotannon tilanne nyt ja mitä tuotannossa on tapahtunut aamupalavereiden välissä. Aamupalavereissa voidaan myös nostaa esille ajankohtaisia asioita tehtaalla, muutosehdotuksia ajo-ohjelmiin tai muita esille tulevia asioita. Lisäksi aamupalavereissa käydään läpi HSE-ilmoitukset sekä laatuun liittyvät asiat.

Tarkemmin varastotasojen, myynnin ja tuotantomäärien seuranta tarkastellaan maanantain ja tiistaipalavereissa, jossa käydään läpi eri linjojen tilanteet. Linjojen osalta tilaisuudessa esitellään edellisten viikkojen toteutuneet myynnit ja tuotannot, ennustetut myynnit ja tuotantomäärät sekä varastotilanteen kehitys näiden tietojen pohjalta. Lisäksi linjojen osalta voidaan käydä läpi poikkeuksia tuotannossa esimerkiksi kapasiteetin muutokset tai pidemmät huoltotarpeet. Maanantain palaverissa paikalla ovat tuotannonsuunnittelijat, tuotannon ja kunnossapidon insinöörit, henkilöstösuunnittelu sekä materiaalien ja varaston parissa työskentelevät henkilöt. Maanantaisin käydään viikon tilanne läpi enemmän tuotannon näkökulmasta ja käsitellään esimerkiksi tulevia jalostuslinjojen huoltoajankohtia tai kapasiteetin nosto- tai rajoitustarpeita. Tiistaisin käydään edellä mainittujen asioiden lisäksi läpi tiedot tulevasta, menneistä ja meneillään olevista kampanjoista sekä käydään läpi edellisen viikon toteutuneet toimitusvarmuusluvut sekä siihen vaikuttaneet tekijät. Tiistain palaverissa paikalla on ainakin myynti, asiakaspalvelu ja tuotannonsuunnittelu.

Lisäksi erilaisia pienempiä palavereita tai muuta viestintää järjestetään viikoittain tukemaan tuotannonsuunnittelun päätöksiä ajankohtaisten asioiden osalta. Usein tuotannonsuunnittelusta vastaava henkilö ja linjan tuotantoinsinööri vähintään keskustelevat isoimpien tuotteiden välisten vaihtojen aikataulusta tai muista vastaavista asioista melkein päivittäin. Suurempiin päätöksiin otetaan mukaan useampia tahoja.

Lisäksi tuotannonsuunnittelijoilla on myös muita tukikeinoja ajantasaisen tiedon saamiseksi tuotannonsuunnitteluprosessin tueksi. Mäntän tehtaalla on käytössä huoltokalenteri, johon kaikkien jalostuslinjojen huoltoaikataulut ja mahdolliset muutokset päivitetään. Tuotannonsuunnittelijan tehtäväksi jää huoltoaikojen päivitys suunnitteluohjelmaan tuotantokapasiteettia rajoittavana tekijänä. Myös esimerkiksi henkilöstötilanteesta johtu-

vat tuotantoa rajoittavat ajankohdat merkataan suunnitteluohjelmaan. Näiden ajankoh-  
tien merkkäminen pidentää tuotantotilausten pituutta suunnitteluohjelmassa tuotantoa  
rajoittavan tekijän keston mukaisesti.

Tuotannonsuunnittelijat voivat seurata tuotannon tapahtumia myös OMS-päiväkirjan  
kautta, johon tuotannossa työskentelevät henkilöt täyttävät tietoa esimerkiksi linjoilla ta-  
pahtuneista suunnittelemattomista tuotantoseisokeista. Suunnittelemattomista tuotanto-  
seisokeista viestitään tuotannonsuunnittelun suuntaan myös vuoromestarien ja tuotan-  
toinsinöörin toimesta.

### **3.6 Tuotannonsuunnittelun haasteet**

Tuotannonsuunnittelua koskevia haasteita Mäntän tehtaalla on useita. Yksi suurimmista  
haasteista syntyy kysynnän vaihtelusta ja siihen sopeutumisesta. Tuotantojärjestys  
suunnitellaan ennustepohjaisesti, joten suuret muutokset tuotteiden kysynnässä voivat  
vaikuttaa merkittävästikin toimitusvarmuuteen ja synnyttää tarpeen nopeille muutoksille  
tuotteiden ajojärjestykseen. Eri tuotteiden menekkiä voi olla osittain vaikea seurata, sillä  
osa tilauksista tulee tehtaalle suoraan EDI-tilauksia, jotka välitetään sähköisesti vastaan-  
ottavaan yritykseen, jonka järjestelmät purkavat tilaukset suoraan tietojärjestelmään il-  
man tarvetta asiakaspalvelulle välikätenä. Menekin hallinnan osalta myös erilaiset myyn-  
tikampanjat aiheuttavat haasteita suunnittelulle. Kampanjoiden osalta ainoastaan kam-  
panjarungot kuten esimerkiksi kampanjatuotteet ja ajankohdat ovat tiedossa etukäteen.  
Tarkemmat määrät ja toimitusaikataulut tarkentuvat vasta myöhemmin, kun asiakkaat  
alkavat tilaamaan kampanjatuotteita itselleen. Kaikki tilaukset toimitetaan tilauksia vas-  
taan ja vain yksi asiakkaista tilaa kampanjatuotteet useita viikkoja ennen kampanjaa.  
Kysynnänsuunnittelijan tehtäväksi jää siten kampanjamäärien ennustaminen useimmille  
asiakkaille, toimitusajankohtien ennustaminen sekä kampanjoiden edistymisen seu-  
ranta. Usein ennusteet kampanjatuotteiden menekistä ja lastausaikatauluista pohjautu-  
vat edellisten vuosien vastaaviin kampanjoihin. Ennusteissa lähtömäärät on usein jaettu  
tasaisesti viikkotasolla arkipäiville, vaikka usein lastausajankohdat eivät jakaannu niin  
tasaisesti. Menekin kannalta lisähaasteita aiheuttaa se, että kampanjatuotteita ei ns. kor-  
vamerkitä erikseen vaan myös muut asiakkaat voivat tilata samaa tuotetta itselleen sa-  
manaikaisesti. Tuotannonsuunnittelu kampanjoiden osalta perustuu kysynnänsuunnitte-  
lijän ennustamaan aikatauluun ja menekkiin. Yleisesti kampanjatuotteet pyritään otta-  
maan tuotantoon vähintään viikkoa ennen ennustettua tarveajankohtaa. Usein tuotetta  
ajetaan suurempi määrä paria viikkoa ennen tarveajankohtaa ja mahdollisesti uudestaan  
lähempänä kampanja-ajankohtaa, kun määrät ovat tarkentuneet. Kovin suurta osuutta

myöhäisempään ajankohtaan ei kannata jättää, sillä tuotannolliset ongelmat voivat myöhästyttää ajoa suunnitellusta. (Haastattelut A, B, ja F)

Kampanjamäärien osalta myös varaston maksimikapasiteetti aiheuttaa haasteita suunnitteluprosessille. Aiemmin ulkoisten varastotilojen ollessa toiminnassa kampanjatuotteita voitiin varastoida ulkoisiin varastoihin, jotta tehtaan varastokapasiteetti ei täyttynyt ylimäärin yksittäisistä tuotteista. Nyt kampanjatuotteiden tulisi mahtua Mäntän varastotiloihin, mikä aiheuttaa lisähaasteita suunnittelulle. Optimaalisin tilanne olisi kampanjatuotteiden tuotannon ajoittaminen tuotteiden lastausajankohtiin, mikä on suuri riski toimitusvarmuudelle tuotannon epävarmuustekijöiden vuoksi. Varastokapasiteetin osalta haasteita tuotannosuunnittelulle aiheuttaa myös laaja tuotesortimentti ja haluttu palvelutaso. (Haastattelut B, F, Aineisto D)

Tuotannosuunnittelun kannalta myös tehtaan eri osastojen eriävät tavoitteet aiheuttavat haasteita tuotannosuunnittelua koskevien päätösten osalta. Tuotannon OEE-tavoitteet suosisivat tuotantoerien kasvatusta ja optimaalisessa ajojärjestyksessä pitäytymistä, mikä kasvattaa varastoinnin tarvetta tuotteille. Myös halutun palvelutason asettamat tavoitteet lisäävät varastoinnin tarvetta tuotteille, mutta myös tarvetta mahdollisille muutoksille ajo-ohjelmaan. Esimerkiksi päivittäistä tilannetta tarkastellessa tuotannosuunnittelijalle voi tulla toivetta ajo-ohjelman muutokselle tuotteiden välisen vaihtoajan minimoimiseksi, mutta myös asiakaspalvelun osalta ajo-ohjelman muutokselle toimitusvarmuuteen ja -ajankohtiin liittyen. Nämä muutostoiveet ovat usein ristiriidassa keskenään. Varastotilojen aiheuttamat rajoitteet asettavat omia tavoitteita tuotannosuunnittelulle, sillä kaikkien tuotteiden tulisi mahtua varastoon. Varastotilojen asettamat rajoitteet vaikuttavat myös tuotannossa käytettävien tarvikkeiden määrään. Tarvikkeiden määrä pyritään pitämään kohtuullisena, mikä voi tarkoittaa muutostilanteissa puutetta jonkin tarvikkeen osalta. Varaston tavoitteet ovat siten ristiriidassa toimitusvarmuuden tukemisen ja tuotannon tehokkuustavoitteiden kanssa. Esimerkiksi toimitusvarmuutta ylläpitävä tuotantojärjestys ei välttämättä ole paras vaihtoehto tuotannon tuottavuuden kannalta, sillä tuotantojärjestyksen vuoksi eri tilausten väliset asetusajat voivat kasvaa toimitusvarmuutta suosivissa suunnitelmissa. (Haastattelut B, C, F ja Aineisto E)

Tuotannosuunnittelu tasapainottelee jatkuvasti eri tavoitteiden ja näkemysten välillä ja pyrkii omalta osalta ylläpitämään toimitusvarmuutta ja tuotantokapasiteetin maksimaalista hyödyntämistä. Tehtaalle tarvittaisiin selkeämpi yhteinen näkemys tuotannon, varaston, myynnin, asiakaspalvelun ja tuotannosuunnittelun välille. Tällä hetkellä yhteinen näkemys näkyy selkeimmin minimiajoerän koossa CR-linjojen osalta, joka on kestoltaan yhden työvuoron eli kahdeksan tunnin pituinen.

Varaston osuus rajoittavana tekijänä pitäisi pystyä paremmin tunnistamaan ja ennakoimaan. Nykytilassa varaston rajoittava vaikutus huomataan usein vasta liian myöhään eli varastotilojen ollessa jo lähellä maksimia. Lisäksi tuotannon ja tuotannosuunnittelun tulisi huomioida varaston layoutin vaikutus tuotannon tehokkuuteen ja ajalliseen kestoon eri tuotteiden osalta. Nykytilassa ainakin suurimennekkisiä tuotteita varastoidaan nykytilassa tuotannon lähellä, jotta varaston layout ei aiheuta haasteita tuotantotehokkuudelle. (Aineisto E, haastattelu F)

Tuotannosuunnitteluun vaikuttava data voi aiheuttaa myös haasteita tuotannosuunnitteluprosessille, sillä tuotannosuunnittelun valinnat ja tuotantosuunnitelman aikataulut pohjautuvat niin vahvasti järjestelmässä olevaan tietoon. Esimerkiksi tuotteiden välisistä vaihtoajoista koostuvan datan päivittäminen on edelleen kesken tämän työn kirjoitusajankohtana. Myös erilaiset poikkeustilanteet luovat haasteita esimerkiksi ennusteille ja toteutuneiden myyntien ja tuotantojen tarkastelulle. Tähän työhön liittyvien varastonhallinnan laskujen osalta normaalitilanteeseen verrattuna muutoksia ovat aiheuttaneet koronavirusepidemia, tuotemuutokset sekä investoinnit. (haastattelu F)

Mäntän tehtaan toiminnassa on siis useita tuotannosuunnitteluun vaikuttavaa haastetta, jotta on esitetty nykyisten hallintakeinojen kanssa taulukossa 4.

Taulukko 4. *Tuotannosuunnittelun haasteet ja nykyiset hallintakeinot*

Haaste	Nykyinen hallintakeino(t)
Toimitusvarmuuden ylläpitäminen	Varastointi, ennusteet, ajo-ohjelma
Tuotannon tehokkuus vaatimukset	Optimoitu ajojärjestys, minimiajonkesto
Varastokapasiteetti	Exceleiden tarkastelu ja päivitys
Datan oikeellisuus	Päivitykset Master dataan, työvuorojen ja muiden kapasiteettia rajoittavien tekijöiden sisällyttäminen suunnitteluohjelmaan
Menekin hallinta	Ennusteet, varastointi, tilanteen seuranta (ennustettu tuotanto, myynti ja varasto vs toteutunut tuotanto, myynti ja varasto)
Kampanjat	Ennusteet, vertailu edellisiin kampanjoihin, varastointi, kommunikaatio
Tasapainottelu eri tavoitteiden välillä	Kommunikaatio

Tuotannosuunnittelun haasteiden nykyisiä hallintakeinoja ei ollut kaikkien haasteiden osalta helppo määrittää, joten taulukkoon 4 on merkattu tunnistetut hallintakeinot, mutta hallintakeinoja voi olla nykytilassakin olla olemassa useita.

## 4. ANALYYSIN TULOKSET

### 4.1 Analyysin pohjatiedot

Analyysi on pyritty tekemään mahdollisimman normaalitilaa vastaavalta tarkasteluajanjaksolta. Analyysin pohjatietoja on saatavilla vaihtelevasti vuosilta 2014–2022. Normaalitilanteen tarkasteluajanjakso on valittu saatavilla olevan datan perusteella.

Myynnin ja kysyntäennusteiden osalta historiadataa oli saatavilla maaliskuusta 2019 alkaen. Silloin tilanne kysynnän, myynnin ja tuotannon osalta on ollut lähes normaalia vuoden 2019 loppuun asti. Vuosi 2020 on suljettu pois normaalitilanteen valinnasta vuoden alussa olleen paperiteollisuuden lakon ja koko vuoteen vaikuttaneen koronaviruspandemian ja siihen liittyvän pehmopaperin merkittävästi kasvaneen menekien vuoksi. Myös vuosi 2021 on suljettu pois tarkastelusta, sillä myynti ja kysyntä ei ole vastannut normaalia tilannetta koronaviruspandemian vuoksi. Vuodet 2021 ja 2022 on suljettu lisäksi pois normaalitilanteen tarkastelusta paperikoneinvestoinnin vaikutuksesta. Valmistuotteiden ja raakapaperin varastotasojä alettiin korottamaan jo 2021 loppuvuodesta, jotta paperikoneinvestointi ei vaikuttaisi liikaa toimitusvarmuuteen tai tuotantoon.

Valitulla normaalitilanteen ajanjaksolla eli maaliskuusta 2019 joulukuuhun 2019 tilanne myynnin, kysynnän ja tuotannon osalta on ollut tasaista eikä merkittäviä muutoksia ole ollut. Tarkasteluajanjaksolla on ollut useita kampanjoita kuluttajille menevien papereiden osalta, joten se vastaa tarpeeksi vastaavalla tasolla nykytilaa. Valitun tarkasteluajanjakson aikana yrityksellä on kuitenkin ollut käytössä suuri ulkoinen varastotila, mikä eroaa merkittävästi nykytilasta. Lisäksi tuotesortimentti on ollut laajempi ja eronnut hieman tuotetasolla nykytilanteesta. Nämä tekijät on pyritty huomioimaan analyysissä. Esimerkiksi analyysissä nykytilan vastaavuus on huomioitu laskuissa tarvittavan hankinta-ajan pituuden osalta, sillä tämän ajan kesto on määritetty tuoreita ajo-ohjelmia analysoimalla. Varastokapasiteetin osalta analyysissä tarkastellaan Mäntän varastotiloja ja niiden riittävyyttä. CR-linjojen vaatiman varastokapasiteetin osalta tilannetta peilataan nykytilaan, jotta oikea sallittu vaihteluväli CR-linjojen osuudelle varastoista saadaan määritettyä tarpeeksi tarkasti.

Laskujen ja vertailun pohjana käytetty materiaali on esitetty taulukossa 5. Osaa materiaaleista on saatavilla vuodesta 2014 lähtien ja osa materiaaleista on tuoreempaa, jotta analyysistä saadaan nykytilaa vastaava. Esimerkiksi CR1:n ja CR2:n ajo-ohjelmista on käytetty analyysiin tältä vuodelta olevaa dataa, jotta laskut huomioivat nykytilan ohjeet ja valinnat ajo-ohjelmaa laatiessa sekä nykyisen tuotesortimentin. (Aineisto G)



Taulukko 5. *Analyysin pohjatiedot, Aineisto G*

Materiaali	Saatu	Kuinka pitkältä ajalta?
Varastoexcel, ei julkinen dokumentti	Tuotannonsuunnittelijat keränneet käsin datan ma, ke ja pe aamuisin SAP:n datasta	02/2014–09/2022
Varastotasojen laskennan excel, ei julkinen dokumentti	Planning manager, laskujen data SAP:sta	2012-2022
Supply plan, ATP suunnittelun excel, ei julkinen dokumentti	Planning manager, laskujen data SAP	2018–2022
Toteutunut myynti ja ennusteet viikkotasolla CR1 ja CR2 yksikössä 1, ei julkinen dokumentti	SAP	03/2019–09/2022
Toteutunut myynti ja ennusteet viikkotasolla CR1 ja CR2 yksikössä 2, ei julkinen dokumentti	SAP	03/2019-09/2022
CR2 ja CR1 ajo-ohjelmat, ei julkinen dokumentti	SAP	06/2022–09/2022
Toteutunut myynti ja ennusteet kuukausitasolla CR1 ja CR2 yksikössä 2, ei julkinen dokumentti	SAP	03/2019-09/2022
CR1 ja CR2 tuotteiden varastonkehitys, ei julkinen dokumentti	SAP	01/2019–09/2022
2019 vuoden kampanjakalenteri, ei julkinen dokumentti	Planning manager	2019

Tämän luvun myöhemmissä kappaleissa esitellään lisäksi lyhyestä laskuissa tehdyt valinnat ja oletukset. Kaikki laskuihin käytetty data on esitelty analyysin pohjatietojen taulukossa, mutta dataa on saatettu muokata laskuja varten hieman laskutarkkuuden takaamiseksi.

## 4.2 Laskennassa käytetyt oletukset

Laskennassa käytettyä keskiarvomenekin ja menekin keskihajonnan laskemista varten saatavilla oleva data on muokattu siten, että tarkasteltava data käsittää kokonaisennusteen viikkotasolla. Tämän muutoksen myötä maaliskuun ensimmäistä vajaata viikkoa ei ole huomioitu laskuissa. Alkuperäisessä datassa kuukausien vaikutus viikkoihin oli huomioitu siten, että saman viikon ennusteet oli jaettu kahdeksi erilliseksi muuttujaksi eri kuukausien alle. Laskuissa vaadittava standardipoikkeama on laskettu menekin keskihajonnalla viikkotasolla valitulla tarkasteluajanjaksolla eli 3/2019–12/2019.

Sakin (2009) esittämässä varmuuskerrointaulukosta ei löydy suoraan halutulle palvelutasolle laskettua varmuuskerrointa, joten se on laskettu erikseen halutulle palvelutasolle. Excelissä tämä laskenta on suoritettu normaalijakauman funktiolla =NORM.JAKAUMA.NORMIT.KÄÄNT(98,5 %). Mäntän toimitusvarmuustavoitteen ollessa 98,5 %, varmuuskertoimeksi k saadaan 2,17.

Sakin (2009), Kingin (2011) ja Talluri et al. (2004) esittämässä kaavoissa (8), (9) ja (10) laskennassa käytetään hankinta-aikaa, jonka huomioiminen sopii tilattavien tuotteiden varastotasojen tarkastelun laskentaan. Tässä työssä tarkastellaan varastotasoja tuotteille, jotka valmistetaan tarkastelukohteena olevalla tehtaalla, joten hankinta-ajan sijasta tarkastellaan tuotannon ajo-ohjelman vaikutusta eri tuotteiden tuotantosyklille. Tuotantosyklillä on kuvattu aikaa, joka kuluu edellisen tuotantoerän tuotannon päättymisestä seuraavan tuotantoerän alkuun. Ajojen välinen aika on laskettu miinustamalla seuraavan ajoerän aloitusaikasta edellisen ajoerän valmistumisen valmistumisaika ajo-ohjelman perusteella. Kahden peräkkäisen saman tuotteen ajossa on käytetty valmistumisajankohdana jälkimmäistä ajoa ja aloitusaikana ensimmäistä ajoa. Tuotannonsykliajojen laskennassa on tarkasteltu vain linjan ensisijaisia tuotteita, joten tuotteiden välisiä sykliaikoja on laskettu vain linjakohtaisesti, vaikka tarkasteluajanjaksolla muutamaa tuotetta on valmistettu useammalla kuin yhdellä jalostuslinjalla. Sykliajat on laskettu vuoden 2022 kesä- ja elokuun välille sekä kesä- ja lokakuun välille. Tämä eriytyminen on tehty CR-linjojen tiukan varastotilanteen vuoksi, jonka takia syyskuussa tiettyjä tuotteita ei ole valmistettu ollenkaan ja siten osaa tuotteista on valmistettua normaalia tilannetta useammin. Las-

kennassa on käytetty kesä-elokuun välillä laskettuja sykliainkoja, sillä ne kuvaavat paremmin sykliainkojen oikeaa nykytilaa. Laskennassa käytettyjen tuotteiden sykliainjat päivinä on esitetty taulukossa 6 ja 7.

Taulukko 6. CR1:n laskennassa käytettyjen tuotteiden sykliainjat

Tuote	Sykliainjan KA kesä-elokuussa päivinä	Sykliainjan KA kesä-lokakuu päivinä
TOTI YELLOW 3P 171/8x153 2021	37	29,6
TOTI YELLOW 3P 5/8x153 2021	16	17,3
PO_TOTI WH 3P 50/32x150 HELLÄ 2021	14,2	12,1
PO_TOTI 3P 1/24x150 2021	24,7	21,8
TOTI 3P 190/8x160	15,5	19,4
TOTI WHITE 3P 5/8x153 2022	14	36,7
TOTI WHITE 3P 1/8x198	25,5	25,75
TOTI WHITE 3P 190/8x153 2022	0	44

Taulukko 7. CR2:n laskennassa käytetyt sykliainjat

Tuote	Sykliainjan KA kesä-elokuussa päivinä	Sykliainjan KA kesä-lokakuu päivinä
HOTO 2P 7/4x55	33,3	30
PO_HOTO DEC 2P 5/4x50 21	19,3	21,5
PO_HOTO DEC 2P 1/16x50 21	36,5	24
PO_HOTO TALOUS 2P 1/16x50 21	13,8	14,5
HOTO DECOR 2P 5/4x50 2021	46	46,5
HOTO 2P 7/4x58	20,7	24,4
HOTO 2P 189/4x58	21	41
PO_HOTO 1/1 sheet 2P 90/8x50 21	17,5	17,6
HOTO 2P 5/4x63 2021	26	62
PO_HOTO TALOUS 2P 5/4x50 21	16,3	13,3
HOTO WHITE 2P 1/16x50 2021	29	19

Sykliakojen taulukoista nähdään sykliakojen vaihtelu eri ajanjaksoilla. Laskuissa on käytetty kesäkuun ja elokuun välistä tarkasteluaikaa, sillä se kuvaa sykliakoja todennu-  
kaisuemmin. CR2:n tuotteista esimerkiksi huomataan Taulukon 7 kuvioidulla talouspape-  
rilla on tarkasteluajanjaksolla selkeästi pidempi sykli aika kuin muilla tuotteilla. Tämä joh-  
tuu siitä, että kyseessä on tuote, jota ajetaan kerralla isommat määrät, joten se on tuo-  
tannossa muita harvemmin.

## 4.3 Varastoanalyysin tulokset

### 4.3.1 Varmuusvaraston laskenta ja analysointi

Lasketut varmuusvaraston suuruudet esitetty taulukossa 8 ja 9. Sakin esittämä varmuus-  
varaston kaava (8) olettaa läpimenoajan sekä kysynnän olevan tasaista. Kingin ja Talluri  
et al. esittämä kaava (9) olettaa kysynnän olevan ennustettavaa ja läpäisyajan vaihtelevan.  
Kingin ja Talluri et al. esittämä kaava (10) ottaa huomioon menekin ja läpäisyajojen  
vaihtelun ja osoittaa siten varmuusvaraston tarpeen suurempana kuin Sakin esittämä  
kaava varmuusvarastolle. Vertailun helpottamiseksi varmuusvarastot on laskettu kah-  
dessa eri yksikössä, yksiköissä 1 ja 2. Yksikkö 1 kuvaa tuotteiden määrää tuotannon  
näkökulmasta ja yksikkö 2 tuotteiden määrää varastoinnin näkökulmasta.

Taulukko 8. *Varmuusvaraston laskentatulokset yksikössä 1*

Linja	Varmuusvarasto (8)	Varmuusvarasto kysyntä vaihtelee (9)	Varmuusvarasto (10)
CR1	275,20	459,67	1469,36
CR2	159,28	276,80	659,26

Taulukko 9. *Varmuusvaraston laskentatulokset yksikössä 2*

Linja	Varmuusvarasto (8)	Varmuusvarasto kysyntä vaih- telee (9)	Varmuusvarasto (10)
CR1	1865	3116	9448
CR2	1766	3070	7208

Normaalitilanteessa eli tämän diplomityön tarkasteluajankohdan ollessa 3/2019–  
12/2019 CR-linjojen varastotasot ovat vaihdelleet taulukon 10 mukaisesti:

Taulukko 10. CR-linjojen varastotasot määritetyssä normaalitilassa yksikössä 1

Linja	Pienin varastotaso yksikössä 1	Varastotaso keskimäärin yksikössä 1	Suurin varastotaso yksikössä 1	Mäntän varasto yksikössä 2 keskiarvo
CR1	542	841,5	1042	22087
CR2	424	657,0	845	
CR11	308	388,1	504	

Taulukon 10 tiedoista voidaan päätellä, että tarkasteltavalla ajanjaksolla CR-linjojen tuotteita on ollut ulkoisissa varastoissa, sillä Mäntässä olevien tuotteiden lukumäärä yksikössä 2 on pysynyt keskiarvallisesti kohtuullisena, eikä ylittänyt esimerkiksi nykytilan maksimivarastokapasiteettia. Nykytilanteessa varastouudistuksen myötä yksi käytetty laskennallinen arvo maksimivarastokapasiteetille on 27000 yksikköä 2, mutta silloin pinnottavuuden oletetaan olevan kaikilla tuotteilla tavoitteiden mukaista. Lisäksi nykytilassa CR1:n tuotteiden maksimimäärä saa olla 800 yksikköä 1 ja CR2:n tuotteiden 500 yksikköä 1, kun käynnissä ei ole kampanjoita.

Laskennallisista varmuusvaraston arvoista voidaan siis huomata, että sekä kysynnän, että läpäisyajkojen vaihtelun huomioiva laskukaava (10) ei sovellu tarkasteltavaan tilanteeseen, sillä varmuusvarastoksi kooksi tulee kaavan mukaan tiedettyä linjojen sallittua maksimiyksikkö 1 määrää suurempi luku. Kaavoilla (8) ja (9) lasketut varmuusvaraston tasot vaikuttavat enemmän mahdollisilta. Jos aiemmin taulukossa 3 esitettyä minimivarastotasoa käytetään varmuusvarastoa vastaavana tasona, silloin laskuissa tarkasteltavalla ajanjaksolla kysynnän keskiarvoa kertomalla varmuusvaraston suuruudeksi saadaan CR1:llä 496 yksikköä 1 ja CR2:lla 380 yksikköä 1. Täten tulokset ovat kaavalla (9) laskettuna lähellä nykyistä nykytilaa.

Kuitenkin Sakin (2009) esittämän kaavan (13) mukaan minimivaraston arvo on varmuusvaraston ja läpimenoajan suuruinen. Kaavaa (13) hyödyntämällä saadut kaavan (8) varmuusvaraston suuruutta käyttävät tulokset kasvavat liian suuriksi vastaamaan nykytilaa. Tuloksista voidaan siis huomata, että kaavalla (9) laskettu varmuusvarasto arvo vastaa nykytilan minimivaraston kertoimella laskettua minimivarastotasoa. Sakin (2009) esittämän kaavan (12) mukaan laskettu maksimivaraston arvo vastasi kaavan (9) avulla laskettuna nykyisiä käytössä olevia kertoimia melko hyvin.

Varmuusvarasto voidaan näiden käytettyjen laskutapojen lisäksi määrittää ROP:in kaavan (13) tai ennustetarkkuuden avulla kaavalla (19), mutta niistä saatavat tulokset eivät vertautuneet tarkasteltavan tilanteeseen sopivasti, joten niiden tuloksia ei ole esitetty tässä työssä.

### 4.3.2 CR2 varaston kiertonopeus

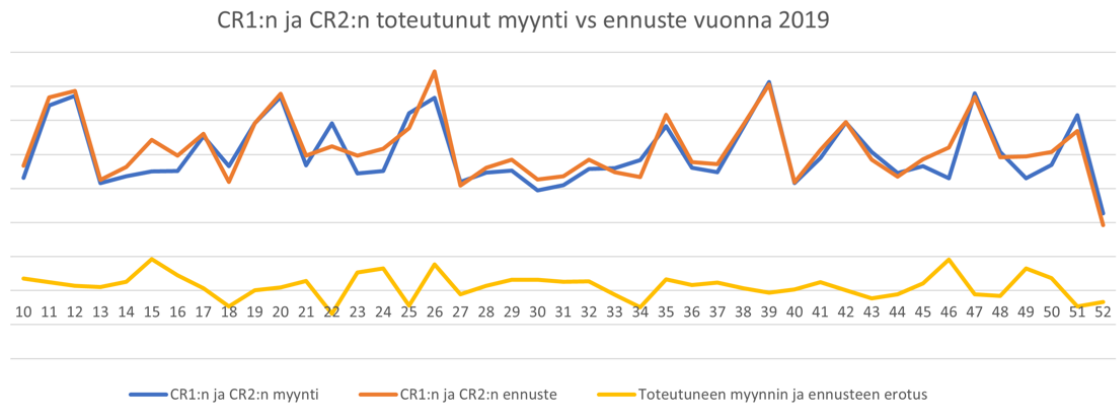
CR2:n osalta kiertonopeutta on määritetty linjan kokonaisvaraston suhteen. Kiertonopeuden määrittelyssä on käytetty kysyntää eli toteutunutta myyntiä kappaleissa eli yksikössä 2 sekä keskimääräistä varastoa yksikkönä 2 tarkasteluajanjaksolla. Tätä varten on otettu historiatiedoista tieto linjan varaston keskiarvosta kuukausittain sekä myynnin keskiarvosta viikoittain tarkasteluajanjaksolla. Myynnin keskiarvo on kerrottu neljällä, kuukauden myyntimäärän määrittämiseksi. Varaston keskiarvoa on tarkasteltu kuukausitasolla, jotta kampanjat eivät vaikuta liikaa varastonkiertonopeuden määrittämiseen vaan varastonkiertonopeus vastaisi normaalikysynnän tilaa. Tarkasteluajanjaksona käytetään myös varaston kiertonopeuden tapauksessa vuotta 2019 maaliskuusta eteenpäin.

Näillä tiedoilla varastonkiertonopeudeksi on saatu 0,85. Varasto korvataan siis vuoden maaliskuun ja joulukuun välillä 0,85 kertaa. Tätä lukua selittää käytössä oleva varmuusvarasto, sillä varasto ei ole missään vaiheessa tarkasteluajanjaksolla täysin tyhjä vaan siellä on vähintään varmuusvaraston verran tuotteita.

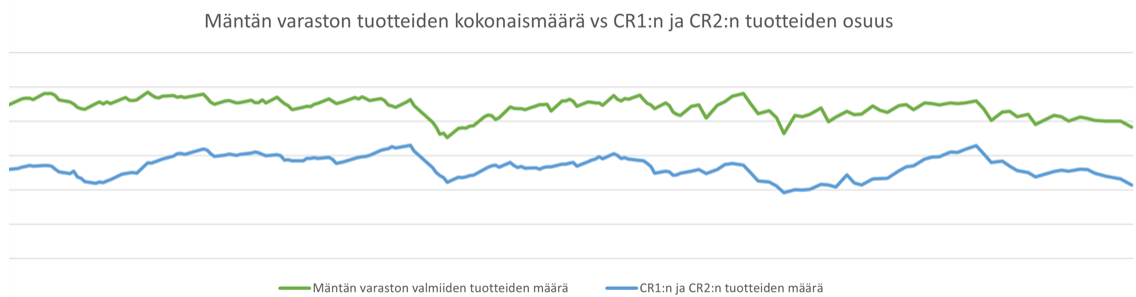
### 4.3.3 CR-linjojen osuus kokonaisvarastosta

Linjojen varastotasojen osalta tässä työssä analyysi keskittyy tunnistamaan varastotasojen prosentuaaliset osuudet tavoitetason ylitykselle. Nämä ylitykset on tarkoitus sisällyttää nykyiseen varastotasojen seuraavaan exceliin esimerkiksi värikoodein. Tavoitetason pieni ylitys näkyisi keltaisella ja maksimivarastokapasiteettia lähenevä ylitys punaisella. Näiden värien avulla varastokapasiteetin kasvuun voitaisiin toivottavasti puuttua tarpeeksi ajoissa, eikä vasta maksimikapasiteetin ylittyessä. Nämä värikoodit eivät huomioi kampanjoiden vaikutusta varastotasoihin, mutta tuotannosuunnittelijoilla ne ovat kuitenkin tiedossa, jolloin keltainen väri kampanja-ajankohtana ei vielä aiheuta toimenpiteitä. Tämän laskemiseksi CR-linjojen yksikössä 1 määritetyt varastot on muutettu yksikköön 2, jotta niiden suhteellista osuutta Mäntän kokonaisvarastomäärästä yksikössä 2 voidaan vertailla. Vertailua varten luotiin kolme kuvaajaa. Kuva 9 esittää vuoden 2019 myynnin ja ennustetun kysynnän viikkotasolla. CR1:n ja CR2:n osuutta eri varastosijaintien kokonaiskapasiteetista tarkasteluajanjaksolla on kuvattu kuvissa 10 ja 11. Kuvassa

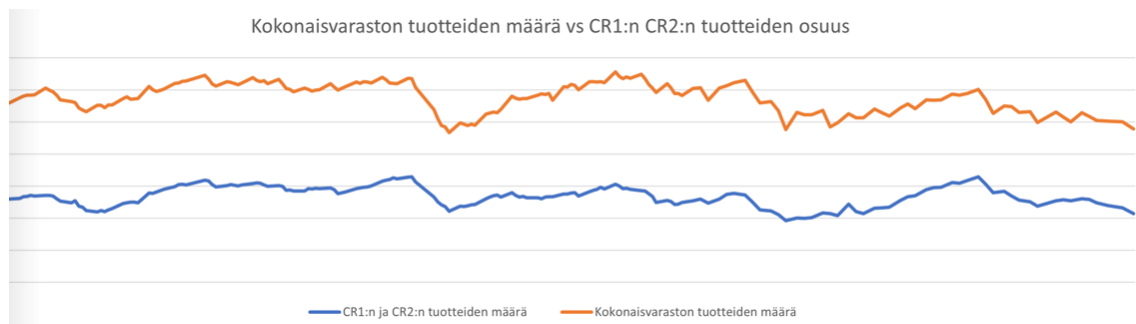
10 on esitetty Mäntän varastomääriin suhteutettu osuus CR-linjojen varastoista, jos kaikki tuotteet olisi varastoitu Mäntän varastotiloihin. Kuva 11 sen sijaan esittää CR1:n ja CR2:n osuuden tarkasteluajanjakson kaikkien varastosijaintien kokonaismäärästä. Kuvien 10 ja 11 esittämä data on hieman tarkempaa kuin kuvan 9 viikkotaso, sillä kuvaajat on laadittu kolmesti viikossa määritetyn datan perusteella.



**Kuva 9.** Toteutunut myynti, ennusteet ja niiden erotus vuonna 2019.



**Kuva 10.** CR1:n ja CR2:n tuotteiden osuus Mäntän varaston tuotteiden kokonaismäärästä



**Kuva 11.** CR1:n ja CR2:n tuotteiden osuus kokonaisvaraston tuotemäärästä.

Vertaamalla kuvien 9 ja 10 muotoa toisiinsa huomataan se, ettei Mäntän kokonaisvarastomäärä nouse tai laske merkittävästi verrattuna kuvan 9 tunnistettaviin myyntipiikkeihin. Tästä voidaan päätellä se, että vuonna 2019 kampanjatuotteita on varastoitu ulkoisessa

varastossa Mäntän varaston sijaan, kuten nykytila-analyysissä on mainittu. Tämä huomataan myös kuvasta 11, josta nähdään kokonaisvaraston laskevan jyrkemmin kuin Mäntän varastojen. Muutaman myyntipiikin osalta kuvassa 11 on huomattavissa selkeää laskua varaston kokonaismäärässä. Edellä mainitut havainnot huomioiden voidaan olettaa, että kampanjamääriä on lastattu tasaisesti verrattuna tuotantoon, mikä on johtanut varastomäärien pysymiseen melko tasaisina. Suurempien kysyntäpiikkien ja pienentyneiden varastotasojen osalta voidaan olettaa useamman kampanjan osuneen samaan ajankohtaan, jonka oletuksen vuoden 2019 kampanjakalenteri todistaa oikeaksi.

Jotta CR1:n ja CR2:n viemästä varastokapasiteetista saadaan vielä tarkempaa tietoa, on niiden prosentuaaliset osuudet kokonaisvarastokapasiteetista laskettu ja esitetty taulukossa 11:

Taulukko 11. CR1- ja CR2-linjojen tuotteiden osuus varastokapasiteetista

Linja	Osuus Mäntän varaston kapasiteetista	Osuus kaikkien varastotilojen kapasiteetista
CR1 ja CR2	48–73 %	38–55 %

CR1:n ja CR2:n tuotteet olisivat vieneet Mäntän varastotiloista noin 48–73 prosenttia, jos kaikki tuotteet olisi varastoitu Mäntän varastotiloihin, mikä on liikaa nykyiseen varaston maksimikapasiteettiin suhteutettuna. Jos CR1:n ja CR2:n osuutta verrataan kaikkien varastojen kokonaistuotemäärään, silloin prosentuaalinen osuus vaihtelee noin 38 % - 55 % välillä. Tämä osuus on esitetty kuvassa 11. Kokonaistuotemäärää ja CR-linjojen osuutta tarkastellessa voidaan todeta nykyinen varaston maksimikapasiteetin eli 27000 yksikköä 2 huomioiden, että historiadatan mukaan CR-linjojen tuotteiden osuus kokonaisvarastokapasiteetista on ollut vähintään 40 %, kun varastossa olevien tuotteiden kokonaismäärä on ylittänyt nykyisen maksimivarastokapasiteetin eli 27000 yksikköä 2.

CR-linjojen tuotteiden osuutta varaston tuotteiden kokonaismäärään ja Mäntän varastoissa olevaan määrään verratessa huomataan, että CR1- ja CR2-linjojen tuotteiden kokonaismäärä on vaihdellut vuonna 2019 viikoittain exceliin kerättyjen havaintojen mukaan 9500–16500 yksikön 2 välillä ja SAP:in kuukausittaisen keskiarvon mukaan noin 9600–13500 yksikön 2 välillä. Korkeimmat yksikkö 2 määrät ovat olleet kuukausina, joihin kampanjoita on ollut useita. Usein kuitenkin varastotasot CR-linjojen tuotteiden osalta ovat nousseet tasaisesti kampanjaviikkoja kohden. Nykyisten varastotilojen kapasiteetin oletetaan olevan 27000 yksikköä 2 pinottavuuden ollessa optimaalinen jokaisella tuotteella. Historiatietojen tarkastelun myötä CR-linjojen osuuden yksikössä 2 ylittäessä 48 % Mäntän yksikössä 2 tarkasteltavasta kokonaismäärästä ja kokonaismäärään ylittäessä



24000 yksikköä 2 on syytä varautua varaston täyttymiseen. Jos kuitenkin tiedossa on kampanja, voi CR-linjojen osuus varastosta olla prosentuaalisesti hetkellisesti suurempi, mikä on hyväksyttävää varaston kokonaiskapasiteetin rajoissa. Nämä alustavat rajat on esitetty taulukossa 12. Rajoja kannattaa vielä tarkentaa, kun ulkoisten varastojen poistumisesta on kulunut hetki ja uutta dataa on saatu kerättyä tarpeeksi.

Taulukko 12. CR1- ja CR2-linjojen tuotteiden osuus varastokapasiteetistä

CR-linjojen osuus varaston kokonaismäärästä	Varaston kokonaismäärä yksikössä 2	Varaston täyttymisasteen ennuste
Alle 48 %	Alle 23000	Varastokapasiteettia on vielä käytettävissä
48 %	23500–24000	Varasto vähitellen täyttymässä
50–55 %	24000–25000	Varaston maksimikapasiteettia lähestytään

Taulukko 12 ei ota suoraa kantaa varaston kokonaiskapasiteettiin muiden tuotteiden osalta, vaan arvioi lähinnä CR-linjojen osuutta varaston kokonaismäärästä. Taulukko 12 olettaa kolme erilaista tilannetta varastoinnille ja niiden vaikutuksen varaston täyttymiselle. Jos CR-linjojen osuus on 55 % tai yli varastojen kokonaismäärästä yksikössä 2, mutta varaston kokonaismäärä ei ylitä 23000 yksikköä 2 tilanne on siirtymässä keskimäisen tilanteen puolelle eli varasto on vähitellen täyttymässä, jos CR-linjojen osuus jatkaa kasvuaan prosentuaalisesti.

#### 4.4 Varaston ja tuotannosuunnittelun yhteistyö

Varaston ja tuotannosuunnittelun yhteistyötä tulee kehittää, jotta pienentynyt varastokapasiteetti saadaan huomioitua joustavasti tuotannosuunnitteluprosessissa. CR-linjojen tuotteiden osuudesta Mäntän varastotiloissa tulee keskustella varastossa työskentelevien henkilöiden kanssa, jotta saadaan huomioitua paremmin CR-linjojen tuotteiden ja vaikutus varaston toimintaan. Lisäksi varaston layoutin aiheuttamat pidentyneet trukkien ajomatkat tulisi pystyä huomioimaan tuotannosuunnittelussa ja tuotannossa, sillä niistä voi aiheutua tehokkuushäviöitä varaston kapasiteetin ollessa lähellä maksimia. Lisäksi kampanjatuotteiden osalta varaston henkilökunnan ja tuotannosuunnittelun olisi hyvä

sopia yhteiset pelisäännöt, jotta molemmat osapuolet voivat huomioida ne omassa toiminnassaan. Pelisääntöihin voisi kirjata esimerkiksi kampanjatuotteiden varastopaikoista, eräkoosta sekä aikatauluista.

Varastokapasiteetin tarkastelun osalta varasto ja tuotannosuunnittelu voisivat luoda yhdessä hälytysrajat varaston täyttymiselle ja toimenpiteille näissä tilanteissa. Tässä työssä määritetyt CR1:n ja CR2:n tuotteiden määrälle varastossa yksikössä 2 määritetyt karkeat rajat voivat toimia tässä pohjana, sillä CR-linjojen tuotteet ovat vieneet historiadatan perusteella varastotiloista noin puolet myös ilman kampanjatuotteiden huomiointia.

## 5. TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Laskennallisen tarkastelun jälkeen huomataan yrityksen minimi-, tavoite- ja maksimivarausten laskentaan käytetyt kertoimet, jotka on esitelty taulukossa 3 vastaavat teoreettisia kaavoja (8), (9) ja (12) ja (13) ja siten vastaavat teoreettista taustaa. Kuitenkaan nykytilassa määritetyt kertoimet eivät huomioi suunnittelussa varaston maksimikapasiteettiä. Tämä tulisi huomioida tulevaisuudessa, jottei varastonkapasiteetti rajoita esimerkiksi kampanjoita.

Tuotannosuunnitteluprosessin osalta nykytilan toimintamallissa on huomattavissa teorian toteutuminen karkeasuunnittelun ATP-laskennan osalta linjojen tuotantoa, myyntiä ja varastonkehitystä tarkastelevan excelin osalta. Myös hienosuunnittelun tekeminen taakse päin ajoittamisen keinoin rajoitetulla kapasiteetilla tukee teoreettisen taustan toteutumista kohdeyrityksen tuotannosuunnitteluprosesseissa. Rajoitetun kapasiteetin käytön myötä kohdeyrityksen tuotannosuunnittelijat päivittävät tuotannon ajo-ohjelmaa päivittäisellä tasolla, jotta todelliset viiveet tai muut vastaavat saadaan huomioitua. Toimitusvarmuuden takia kohdeyrityksessä tuotantosuunnitelman jäädytetty jakso ei ole niin selkeästi tunnistettavissa, sillä muutoksia tuotteiden järjestykseen ajo-ohjelmassa tehdään välillä lyhyelläkin aikajänteellä toimitusvarmuuden takaamiseksi. Kohdeyritys mittaa toimintansa toimitusvarmuutta ja ennustetarkkuutta, mikä tukee yrityksen tuotannosuunnittelun perustumista teoreettiseen viitekehukseen.

Haastatteluiden ja omien havaintojen perusteella yrityksen suurimmat haasteet aiheutuvat varastotilojen koosta sekä puutteellisesta yhteistyöstä eri osastojen välillä. Varastotilojen koon aiheuttavat nykyiset haasteet ovat työn tekohetkellä vielä tuoreita, joten dataa pelkillä Mäntän varastotiloilla pärjäämisestä ei ole vielä saatavilla pidemmältä ajankaksolta. Nykytilassa varaston kapasiteettia ei huomioida tarpeeksi tuotannosuunnitteluprosessissa, mikä aiheuttaa varastolle haasteita erityisesti kampanjatuotteiden varastoinnissa. Tässä työssä saatiin määritettyä alustavat rajat CR-linjojen osuudelle kokonaisvarastokapasiteetista historiadataan perusteella. Rajat eivät kuitenkaan välttämättä ole täysin toimivat, sillä käsitellyssä datassa on ollut mukana vielä ulkoisen varaston lisäkapasiteetti, sillä vielä ei ole saatavilla historiadataa pienentyneen varastokapasiteetin osalta varastotasojen kehityksestä.

## 5.1 Kehitysehdotukset

Kehitysehdotukset on jaettu lyhyen ja pitkän aikavälin kehitysehdotuksiin. Kehitysehdotuksissa ei oteta kantaa tämän työn ulkopuolelle rajattuihin tekijöihin, kuten esimerkiksi varastointitapoihin, varaston toimintamalleihin tai tuotteiden lukumäärään kohdeyrityksessä. Kehitysehdotuksissa korostuu yhteistyö eri osastojen välillä, joten kaikkien ehdotuksien päävastuu ei sijoitu suoraan tuotannonsuunnitteluun, vaikka tarkasteltavat asiat vaikuttavatkin tuotannonsuunnitteluun.

### 5.1.1 Lyhyen aikavälin kehitysehdotukset

Lyhyen aikavälin kehitysehdotukset ovat ehdotuksia toimenpiteistä, jotka on mahdollista saada tehtyä muutaman kuukauden tarkasteluajanjaksolla. Ensimmäinen kehitysehdotus käsittelee varastouudistuksen aiheuttamaa trukkien ajomatkan kasvua. Kasvaneiden ajomatkojen vaikutus tulisi kartoittaa mahdollisimman pian, jotta mahdolliset ongelmat kohdat tuotannolle ja tuotannonsuunnittelulle saadaan tunnistettua. Ajomatkojen vaikutukset tulisi määrittää sekä tuotannonsuunnittelun, että tuotannon näkökulmasta. Tuotannonsuunnittelun kannalta tulisi määrittää vaikuttavatko pidentyneet ajomatkan tuotannossa eri tuotteiden ajojen kestoon ja jos vaikuttavat niin kuinka merkittävästi. Lisäksi tuotannonsuunnittelun kannalta olisi hyvä tunnistaa tuotteet, joille kuljetusmatkojen pituudet kohdistuvat. Ovatko tuotteet harvemmin ajossa olevia tai muuten selkeästi tunnistettavissa. Tuotannon kannalta tulisi määrittää ajomatkojen vaikutus tehokkuuteen ja siten myös tuotannonsuunnitteluun vaikuttaviin ajoerien kestoihin. Lisäksi tuotannon tulisi selvittää yhdessä varaston ja tuotannonsuunnittelun kanssa ajo-ohjelman vaikutus näihin ajoreitteihin ja siihen voidaanko ajomatkojen pituuteen vaikuttaa tuotantojärjestyksen kautta.

Toinen lyhyen aikavälin kehitysehdotus on varaston ja tuotannonsuunnittelun yhteistyön kehittäminen erityisesti kampanjatuotteiden varastoinnin osalta yhteisien pelisääntöjen luonti olisi tärkeää varastokapasiteetin kannalta. Kun CR-linjojen ja muiden jalostuslinjojen varastot nousevat tavoite- tai maksimitasolle varaston maksimikapasiteetti voi olla lähellä jo ilman kampanjatuotteiden aiheuttamaa vaikutusta varaston täyttymiselle. Yhteisissä pelisäännöissä tulisi määrittää etukäteen, minne ja miten kampanjatuotteet varastoidaan, sillä yksittäisille kampanjatuotteille ei nykytilassa varastossa ole suoraan määritetty sijaintia. Esimerkiksi voidaanko kampanjatuotteita varastoida lähelle tuotantoa ja päälatausalueetta esimerkiksi Q-alueelle, jolloin trukkien pidentyneet ajomatkat eivät vaikuttaisi ainakaan kampanjatuotteiden tuotantoon. Lisäksi yhteisissä pelisäännöissä

pitäisi määrittää CR-linjojen tuotteiden osuudelle varastossa jonkinlaiset rajat, jotka voitaisiin sisällyttää tuotannosuunnitteluprosessiin. Tämä voi kuitenkin olla pidemmän aikavälin tavoite, sillä nykyisillä rajoitetuilla varastotiloilla ei ole vielä päästy keräämään dataa normaalitilan toiminnasta. Lisäksi varaston ja tuotannosuunnittelun välisessä yhteistyössä tulee huomioida myös muut Mäntän jalostuslinjat ja paperikoneet, sekä niiden varastotarpeet, vaikka tämä työ onkin keskittynyt tarkastelemaan vain CR-linjoja. Varastotilojen rajoittava vaikutus vaikuttaa kaikkiin valmistuotteisiin ja raakapapereihin, joten jo kaikkien jalostuslinjojen varastotasojen ollessa tavoitteessa saman aikaisesti varastotilat ovat lähes täynnä.

Varastokapasiteetin osalta tulisi määrittää pinottavuuteen vaikuttavat tekijät ja toimenpiteet pinottavuuden parantamiseksi. Jos pinottavuus saataisiin lähemmäs tavoitetasoa, kasvaisi varastokapasiteetti merkittävästi, mikä helpottaisi kohdeyrityksen eri osastoja saavuttamaan tavoitteensa. Varastokapasiteetin osalta tulisi suorittaa tarkempia mittauksia, jotta varastokapasiteetin rajoitteista voidaan viestiä tuotannosuunnitteluun. Mittausten avulla tuotannosuunnittelulle voidaan viestiä vapaasta varastokapasiteetistä ja enusteesta sen täyttymiseen. Esimerkiksi tällä tuotantokapasiteetillä ja lastausaikatauluilla varastotilat riittävät hyvin vielä tietyn määrän päiviä. Tällaisen viestinnän avulla tuotannosuunnittelu pystyisi ajoissa tekemään tarvittavia toimenpiteitä, kuten rajoituksia jalostuslinjojen tai paperikoneiden tuotantoon.

Akuuttiin tarvittavan varastokapasiteetin laskemiseen yksi vaihtoehto on ajoerien pienentäminen sekä vähemmän menekkisten tuotteiden varaston maksimimäärän määrittäminen. Esimerkiksi Sakin (2009) esittämän varmuusvaraston kaavan (7) mukaisesti tarvittavaa varmuusvaraston määrää saadaan laskettua lyhentämällä hankinta-aikaa eli tässä tapauksessa tuotteiden ajoerien välistä aikaa. Toinen varmuusvaraston kokoon vaikuttava tekijä on kysynnän epävarmuus, mutta siihen on vaikeampi vaikuttaa.

Lyhyen aikavälin kehitysehdotukset on kerätty taulukkoon 13.

Taulukko 13. Lyhyen aikavälin kehitysehdotukset

Haaste	Kehitysehdotukset
Trukkien ajomatkojen kasvun vaikutus tuotantoon ja tuotannosuunnitteluun	Vaikutusten ja niiden pienentämiseen tarvittavat toimenpiteet
Varaston kapasiteetin mittaaminen ja huomiointi	Varaston vapaan kapasiteetin mittaaminen ja sen huomiointi tuotannosuunnitteluprosessissa.
Varastokapasiteetin rajoitteet	Ajoerien pienentäminen, pieni menekkisten tuotteiden varastomäärän tarkastelu, pinottavuuteen vaikuttavien tekijöiden tarkastelu
Varaston ja tuotannosuunnittelun vähäinen yhteistyö	Yhteisten pelisääntöjen luominen ja viestinnän parantaminen

### 5.1.2 Pidemmän aikavälin kehitysehdotukset

Pidemmän aikavälin kehitysehdotuksissa korostuu yhteistyön lisääminen kohdeyrityksen eri osastojen välillä. Ensimmäinen kehitysehdotus koskee tuotteiden ajoerien koon määrittystä taloudellisesti optimaalisesti. Tämä määrittely tulisi tehdä, jotta kohdeyrityksen eri osastojen tavoitteet saataisiin tasapainoon. Nykytilassa usein suositaan tuotannon tehokkuus tavoitteita, mikä on voinut johtaa varastoiden kasvuun ja siten vaikuttaa myös tuotannosuunnittelun tekemisiin päätöksiin. Optimaalisen eräkoon määrittelyssä tulisi huomioida haluttu palvelutaso, kustannukset, tuotannon tehokkuus tavoitteet sekä varaston kapasiteetti. Eräkoko olisi hyvä määrittää tuotteittain tai ainakin tuoteperheitäin, jotta tuotannosuunnittelu pystyy sisällyttämään sen tuotannosuunnitteluprosessiinsa. Eri osastojen tavoitteiden välisiin eroihin voidaan vaikuttaa edistävästi myös kampanjasuunnittelun avulla. Esimerkiksi toimitusvarmuus ja varastokapasiteetti saadaan paremmin huomioitu, jos kampanjoita eri tahojen kanssa ei aikatauluteta yhtäaikaisiksi.

Toinen pidemmän aikavälin kehitysehdotus on historiadatan kerääminen varaston toiminnasta, varastotasoista ja muista vaikuttavista tekijöistä. Kerätyn tiedon myötä muuttuneen varastokapasiteetin ongelmat saadaan tunnistettua entistä paremmin. Kerätty tieto auttaa myös määrittämään tarvittavia toimenpiteitä varaston tehostamiselle sekä kohdeyrityksen muiden osastojen vaatimille toimenpiteille. Esimerkiksi kerätystä tiedosta voidaan analysoida varaston kapasiteetin täyttyminen ja sitä edeltävät varastotasot, jotta varaston maksimikapasiteetin lähestyminen saadaan ennakoitua tehokkaasti.

Pinottavuuden parantaminen on myös pidemmän aikavälin kehitysehdotus. Pinottavuuden parantamiseksi tulee määrittää pinottavuuteen vaikuttavat tekijät ja määrittää vaadittavat toimenpiteet. Erityisesti pinottavuuden osalta tulee määrittää eniten ongelmia aiheuttavat tuotteet ja aloittaa pakkaus- tai pakkausmateriaali muutokset niistä.

Pidemmän aikavälin kehitysehdotukset on kerätty taulukkoon 14.

Taulukko 14. *Pidemmän aikavälin kehitysehdotukset*

Haaste	Kehitysehdotus
Eriävät tavoitteet eri osastojen välillä	Optimaalisen eräkoon määrittäminen eri osastojen tavoitteet huomioiden. Kampanjojen aikataulutus.
Historiadatan puute pienentyneiden varastotilojen osalta	Historiadatan kerääminen ja analysointi
Pinottavuus	Pinottavuuteen vaikuttavat tekijät ja niiden kehittäminen. Ongelmatuotteiden määrittäminen.

## 5.2 Tutkimuskysymysten vastaukset ja päätelmät

Tuotannosuunnittelua koskevat tutkimuskysymykset olivat seuraavat:

- Mikä on tuotannosuunnittelun nykytila CR-linjoilla ja mihin suunnittelun valinnat perustuvat? Miten nykytilaa voidaan kehittää tuotannosuunnitteluprosessin osalta?
- Mikä on CR1- ja CR2-linjojen laskennallinen minimi- ja maksimi- ja varmuusvarasto kysynnän vaihdellessa kausittain?
- CR2-linjan varastonkiertonopeus kysynnän vaihtelun historia huomioiden?

- Mitkä ovat tilaus- ja toimitusketjun ongelmakohdat tuotannosuunnittelun näkökulmasta?

Varastoinnin osalta käsitellään seuraavia tutkimuskysymyksiä:

- Kuinka suuren osan varastoista CR-linjojen tuotteet saavat täyttää? Milloin tuotteet vievät hälyttävän suuren osan varastotiloista?
- Millaisilla toimenpiteillä varasto ja tuotannosuunnittelu voivat toimia yhteistyössä kampanjoiden ja kysynnän vaihteluiden yhteydessä?

Nykytilassa tuotannosuunnittelua tehdään menekkiennusteiden pohjalta suunnitteluohje huomioiden. Tuotannosuunnittelu pyrkii löytämään ajo-ohjelmien luonnissa eri osastoja miellyttävät valinnat ja säilyttää siten myös toimitusvarmuuden halutulla tasolla. Tuotannosuunnittelun valinnoilla pyritään pitämään kapasiteetti tasaisena, mutta myös sopeutumaan menekinvaihteluun. Tuotannosuunnitteluprosessia voidaan kehittää lisäämällä yhteistyötä eri osastojen välillä sekä ylläpitämällä suunnitteluohjelman hyödyntämää dataa. Tuotannosuunnittelun ongelmakohdiksi on tässä työssä tunnistettu kohdeyhteyksien eri osastojen eriävät tavoitteet sekä varastokapasiteetin pienentyminen. CR1- ja CR2- linjoille laskettiin minimi-, maksimi- ja varmuusvarastot, joiden huomattiin noudattavan nykytilassa käytössä olevilla kertoimilla laskettuja varastotasoja ja vastaavan hyvin myös valittua palvelutasoa teoreettisen laskukaavan osalta. CR2:n kiertonopeuden laskusta huomataan, että kiertonopeus on alle yhden johtuen kohdeyhteyksien varmuusvarastoista.

Varastoinnin osalta määritettiin CR1- ja CR2- linjojen tuotteiden määrille yksikössä 2 alustavat rajoitteet historiadatan perusteella. Nämä rajat on esitetty aiemmin tässä työssä taulukossa 12. Varaston ja tuotannosuunnittelun yhteistyön osalta esiin vapaan varastokapasiteetin mittaaminen ja varastokapasiteetin rajoitteiden huomioiminen tuotannosuunnittelussa. Lisäksi yhteistyön osalta esiin nousi viestinnän parantaminen kapasiteetin ja rajoitteiden osalta.

### 5.3 Tutkimuksen arviointi

Tutkimuksessa on käytetty kirjallisuuskatsausta sekä laadullisia, että määrällisiä menetelmiä. Nykytilaa kartoitettaessa laadulliset menetelmät ovat olleet merkittävämmässä roolissa kuin määrälliset menetelmät. Analyysin osalta tilanne on ollut päinvastainen, joten analyysi on pohjautunut vahvasti määrällisten menetelmien käyttöön historiadatan analysoinnin ja laskennan kautta. Määrällisen tiedon voi lähteitten takia, tarkasteltavan tiedon voi olettaa olevan luotettavaa, sillä suurin osa aineistosta on suoraan yrityksen



järjestelmistä kerättyä historiadataa. Myös historiadatan keräys on suoritettu systemaattisesti samoilla määrityksillä. Määrällisen tiedon luotettavuutta analysoidaan saatujen tulosten pohjalta. Tulosten voidaan olettaa tässä työssä olevan luotettavia tai ainakin vastaavaan kohdeyrityksen nykyisiä toimintatapoja tarpeeksi tarkasti. Nykytilan kartoituksen osalta laadullisten menetelmien arvioinnin osalta tulisi arvioida koko tutkimusprosessia luotettavuuden määrittämiseksi. (Eskola & Suoranta 1998, s. 151) Eskola & Suoranta (1998) määrittävät luotettavuuskriteerit, joita tulee tarkastella tutkimusprosessin luotettavuuden määrittelyssä. Nämä kriteerit ovat uskottavuus, siirrettävyys, varmuus ja vahvistuvuus. Tehty tutkimus ei ole siirrettävissä, sillä se on tehty kohdeyrityksen tarpeisiin suhteuttaen. Tapaustutkimukselle tyypillisesti tehdyt analyysit ja saadut tulokset voidaan yleistää rajallisesti, sillä ne pohjautuvat vahvasti kohdeyrityksen tilanteeseen. Varmuutta tutkimukseen luotiin huomioimalla laskennassa ja tarkastelussa normaalitila, jossa on viimeksi toimittu vuonna 2019. Normaalitilasta kertoi myös myynnin ja ennusteiden välinen ero, joka ei ollut vuonna 2019 missään vaiheessa suurempi kuin 1/3 osa tarkasteluhetken ennusteesta CR1:n ja CR2:n osalta. Suurimmat erot myynnissä ja ennusteissa osuivat juhannukselle ja pääsiäiselle, jotka ovat olleet kohdeyritykselle tunnistettuja heikomman ennustetarkkuuden ajankohtia edellisten vuosien perusteella.

Tutkimuksen tavoitteet tutkimuskysymysten osalta saavutettiin. Kokonaistutkimusta pidetään onnistuneena, sillä tutkimuskysymyksiin löydettiin vastaukset hyödyntämällä saatavilla olevaa dataa, haastatteluita, havainnointia ja analyysia. Kohdeyritykselle saatiin laskettua erilaisia varastoinnin hallintaan liittyviä lukuja ja niiden osoitettiin vastaavan nykytilan varastohallinnan laskelmia. Varastolaskelmien osalta tulosten tarkkuutta olisi voitu parantaa tarkastelemalla sykliäikoja pidemmältä aikaväliltä, mikä ei onnistunut tässä tutkimuksessa tiukan varastotilanteen ja paperikoneinvestoinnin aikataulun vuoksi. Tapaustutkimuksen tavoitteet saavutettiin, sillä nykytila saatiin määritettyä ja analysoidua. Kohdeyrityksen nykytilan haasteita tunnistettiin useita ja niille esitettiin kehitysehdotuksia sekä lyhyelle, että pidemmälle aikavälille. Haasteiden osalta olisi näkemystä voinut laajentaa kartoittamalla esimerkiksi eri osastojen tavoitteiden osalta myös heidän näkemyksiään tunnistetuista haasteista.

Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituina haastatteluina neljälle työntekijälle, joista kolme työskentelee tuotannosuunnittelun parissa ja yksi tuotannossa. Haasteltavien valinnassa painotettiin tietämystä käsiteltävien linjojen tuotannosuunnittelusta ja tuotteiden ennusteista, tuotantoprosesseista sekä kohdeyrityksen tuotannosuunnittelun kokonaistilanteesta. Haastateltavien eri roolien ja haastateltavien määrän vuoksi kysymyksiä ei testattu etukäteen eikä haastatteluja toteutettu kuin puolistrukturoituna. Haastatte-

lututkimukseen liittyy kuitenkin aina uskottavuusongelmia, sillä haastateltavat voivat vastata kysymyksiin kuten he olettavat heidän haluttavan vastaavan. Myös tutkijan omat tulkinnat haasteltavien vastauksista heikentävät mahdollisesti luotettavuutta. (Hirsjärvi et al. 2007, s.204–206) Tässä tutkimuksessa käytettiin lisäksi lähteenä aiemmin tänä vuonna tehtyä diplomityötä, joka käsitteli varaston nykytilaa ja tehostamista. Myös siinä on nykytilan analysointiin käytetty haastattelua, mikä heikentää mahdollisesti lähteen luotettavuutta. (Rantanen 2022)

Tutkimuksen luotettavuutta voidaan tehostaa triangulaatiolla eli tutkimusmenetelmien yhteiskäytöllä. (Puusa et al.2020). Triangulaatiotyyppejä on olemassa neljä; aineistotriangulaatio, tutkijatriangulaatio, menetelmätriangulaatio sekä teoriatriangulaatio. Aineistotriangulaatiossa käytetään tutkimuksessa useita eri aineistoja ja menetelmätriangulaatiossa käytetään eri tavoin kerättyjä aineistoja. Tutkijatriangulaatiossa tutkimusta tekemässä on useampi henkilö. Teoriatriangulaatiossa tutkimuksessa hyödynnetään monia erilaisia teoreettisia näkemyksiä. Tässä työssä triangulaatiotyypeistä on tunnistettavissa aineistotriangulaatio sekä menetelmätriangulaatio, sillä aineisto on käytetty monipuolisesti sekä sen kerääminen on toteutettu haastatteluilla, historiadatan analysoinnilla sekä omalla havainnoinnilla.

## 5.4 Jatkotutkimuskohteet

Tutkimuksen menetelmien ja varastotilojen tuoreen muutoksen vuoksi tunnistettuja kehitysehdotuksia ei ole vielä pystytty testaamaan käytännössä. Kehitysehdotuksien testaamista on myös rajoittanut se, että yritys on toiminut viimeksi määritetyssä normaalitilanteessa vuonna 2019, jolloin esimerkiksi tuoteportfolio on eronnut nykyisestä ja ulkoinen varasto on ollut vielä käytössä. Kunhan tarpeeksi historiadataa on saatu kerätty normaalitilassa toimimisesta kohdeyrityksen kannattaa viimeistään määrittää tarkemmin varastokapasiteetin rajoitteet ja huomioida ne tuotannosuunnittelussa ja tuotannossa.

Eryteisesti kehitysehdotuksista useampaa kohdeyrityksen osastoa hyödyttäisi optimaalisen eräkoon määrittäminen nykytilaa tarkemmin. Eriävät osastojen tavoitteet voitaisiin saada siten tasapainotettua. Lisäksi optimaalisen eräkoon määrittäminen lisäisi eri osastojen yhteistyötä ja viestintää ja parantaisi siten, myös eri osastojen tietämystä toistensa tavoitteista ja niihin vaikuttavista tekijöistä. Optimaalisen eräkoon määrittäminen olisi myös taloudellisesti kannattavaa, jotta esimerkiksi pienempi menekkisten varastoinnista ei aiheudu liikaa kustannuksia.

Myös varastonkapasiteetin mittaamisen ja kehittämisen toimenpide-ehdotukset vaikuttavat vahvasti tuotannonsuunnitteluun ja siinä tehtäviin valintoihin. Siksi varastonkapasiteetti tulisi määrittää esimerkiksi vapaiden lavapaikkojen mukaisesti, jotta tuotannonsuunnittelu voisi paremmin huomioida varastontäyttöasteen suunnitteluprosessissa. Varaston toiminnan kannalta yhteistyön kehittäminen tuotannonsuunnittelun kanssa tulee olemaan varastotilojen muutoksen myötä tärkeää, sillä erityisesti kampanjatuotteiden varastoinnissa varaston kapasiteetti tulee asettamaan haasteita sekä tuotannonsuunnittelulle, että varastolle. Moni kehitysehdotuksista linkittyy toisiinsa, joten yhden kehitysehdotuksen edistäminen voi edistää myös muita kehitysehdotuksia. Kehitysehdotukset liittyvät vahvasti tuotannonsuunnitteluun, mutta eivät ole toteutukseltaan pelkästään tuotannonsuunnitteluun vastuulla, vaan ehdotusten toteuttamiseen vaaditaan osastojen välistä yhteistyötä.

# LÄHTEET

- Arnold, J. R. T., Chapman, S. N. & Clive, L. M. 2012. Introduction to Materials Management. Seventh Edition. New Jersey: Pearson Education, Inc
- Chopra, S., Meindl, P. (2007) Supply chain management: strategy, planning, and operation. 3rd ed. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.
- Eskola, J. & Suoranta, J. (1998). Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Vastapaino, Tampere.
- Ghuri, P., Grønhaug, K. & Strange, R. (2020). Research methods in business studies. 5th edition. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gonçalves, J. N. C., Sameiro, C., Cortez, P. (2020) Operations research models and methods for safety stock determination: A review. Operations Research Perspectives. [Online] 7100164–.
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I., Miettinen A. (2005) Teollisuustalous. 5. p. Ylöjärvi: Infacs johtamistekniikka.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. 13. Painos. Tammi, Helsinki.
- Hokkanen, S, Karhunen, J., Luukkainen, M. (2011) Johdatus logistiseen ajatteluun. 6. uud. p. Kangasniemi: Sho Business Development.
- Jacobs, F. R., Berry, W. L., Whybark, D. C., Vollmann, T. E. (2018) Manufacturing planning and control for supply chain management: the CPIM reference. Second edition. New York: McGraw-Hill Education.
- King, P. L. 2011. Crack the Code: Understanding Safety Stock and Mastering its Equations. Saatavissa (viitattu 2.9.2022) [https://web.mit.edu/2.810/www/files/readings/King\\_SafetyStock.pdf](https://web.mit.edu/2.810/www/files/readings/King_SafetyStock.pdf)
- Lehtonen, J.-M. (2004) Tuotantotalous. Helsinki: WSOY
- Logistiikan maailma (2022) Kysynnän ja tarjonnan hallinta. Saatavissa (viitattu 24.9.) <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/logistiikka-ja-toimitusketju/kysynnän-ja-tarjonnan-hallinta/>
- Logistiikan maailma (2022) S&op – sales and operations planning kysyntä ja tarjonta tasapainoon. Saatavissa (viitattu 24.9.) <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/sop-sales-and-operations-planning/>
- Martinsuo, M., Mäkinen, S., Suomala, S., Lyly-Yrjänäinen, J. (2016) Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa. 1. painos. Helsinki: Edita.
- Metsä Tissue (2022a): Metsä Tissue yhtiönä. Saatavissa (viitattu 11.8.2022) <https://www.metsagroup.com/fi/metsatissue/metsatissue/>

Metsä Tissue (2022b): Metsä Tissue Suomessa. Saatavissa (viitattu 11.8.2022): <https://www.metsagroup.com/fi/metsatissue/metsatissue/tuotanto/tuotanto-suomessa-mantta/>

Miettinen, P. (1993) Tuotannonohjaus ja logistiikka. Helsinki: Painatuskeskus.

Nedaei, H. & Mahlooji, H. (2014) Joint multi-objective master production scheduling and rolling horizon policy analysis in make-to-order supply chains. *International journal of production research*. [Online] 52 (9), 2767–2787.

Puusa, A., Juuti, P. & Aaltio, I. (2020). Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät. Gaudeamus, Helsinki.

Rantanen, V. (2022) Manuaalisen kuormalavavaraston kehittäminen. Diplomityö. Tampereen yliopisto. Johtamisen ja talouden tiedekunta, Mänttä.

Relander, S., Bellin von, A., Ritvanen, V., Inkiläinen, A., Santala, J. (2011) Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Helsinki: Suomen huolintaliikkeiden liitto.

Sakki, J. (2009) Tilaus-toimitusketjun hallinta: B2B: vähemmällä enemmän. 7. uud. p. Vantaa: Jouni Sakki oy.

Sakki J. (2003) Tilaus-toimitusketjun hallinta: Logistinen B-to-B prosessi, 6. uud. P. Vantaa: Jouni Sakki oy.

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopiston julkaisuja. Opetusjulkaisu 62. Saatavissa (Viitattu 3.10.2022). [http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn\\_978-952-476-349-3.pdf](http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf)

Saunders, M., Lewis, P. & Thornhill, A. (2016). *Research methods for business students*. 7. edition. Harlow: Pearson Education Limited.

Simchi-Levi, D. Kaminsky, P., Simchi-Levi, E. (2008) *Designing and managing the supply chain: concepts, strategies, and case studies*. 3rd ed. Boston (Mass.): McGraw-Hill/Irwin.

Soman, C.A., van Donk, D.P. & Gaalman, G. (2004). Combined Make-to-Order and Make-to-Stock in a Food Production System. *International Journal of Production Economics*. Vol.90(2), pp. 223–235.

Sridharan, V. & Berry, W. L. (1990) Master production scheduling make-to-stock products: a framework for analysis. *International journal of production research*. [Online] 28 (3), 541–558.

Stevenson, W. J. (2018) *Operations management*. 13th edition. New York, NY: McGraw Hill.

Talluri, S. Cetin, K. & Gardner, A.J. 2004. Integrating Demand and Supply Variability Into Safety Stock Evaluations. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 62-69.

van Kampen, T. J., van Donk, D. P., van der Zee, D-J. (2010) Safety stock or safety lead time: coping with unreliability in demand and supply. *International journal of production research*. [Online] 48 (24), 7463–7481.

Waters, D. J. (2009). Supply chain management: an introduction to logistics. 2nd ed. Palgrave Macmillan, Houndmills.