LUT-YLIOPISTO
LUT School of Engineering Science
Tuotantotalouden koulutusohjelma
Tuotannon johtaminen
Diplomityö

Joel Rikka

Tehdasvarastojen keskittäminen ja keskusvaraston kapasiteetin arvioiminen

Työn tarkastaja: Tutkijaopettaja Petri Niemi

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Joel Rikka

Työn nimi: Tehdasvarastojen keskittäminen ja keskusvaraston kapasiteetin arvioiminen

Vuosi: 2019 **Paikka:** Kotka

Diplomityö. LUT-yliopisto, LUT School of Engineering Science, Tuotantotalouden koulutusohjelma.

92 sivua, 17 kuvaa ja 15 taulukkoa

Tarkastaja: Tutkijaopettaja Petri Niemi

Hakusanat:

keskusvarasto, varastojen keskittäminen, tilantarpeen määrittäminen, varastonhallinta, varastointi, toimitusketjun johtaminen

Tämän diplomityön tavoitteena on määrittää kohdeyritykseen mahdollisesti perustettavalle keskusvarastolle varastotasot ja selvittää, kuinka suuri tarvittava kapasiteetti on. Kapasiteetilla työssä tarkoitetaan pientavara, kuormalava- ja lattiapaikkojen lukumäärää. Työ rajataan käsittelemään tuotannon materiaalivarastoja. Saatuja tuloksia käytetään varaston suunnittelun ja investointilaskelmien tukena.

Työ alkaa teoriaosuudella, jossa käsitellään varastojen merkitystä teollisuusyrityksessä sekä niiden hallintaa. Empiriaosioissa tärkeimpinä tutkimusaineistoina käytetään toiminnanohjausjärjestelmästä saatavaa kvantitatiivista dataa sekä keskusteluja työn kannalta keskeisten henkilöiden kanssa. Empirian ensimmäisessä vaiheessa eli nykytila-analyysissa selvitetään oleelliset asiat kohdeyrityksen tilaus-toimitusprosessista ja materiaalien ohjauksesta sekä syvennytään nykyisten varastojen muodostumiseen. Nykytila-analyysin tuloksia ja teoriaosion tarjoamia työkaluja hyödyntäen määritellään yritykselle keskusvarasto ja sen vaatima kapasiteetti. Lopuksi esitellään työn aikana huomattuja kehityskohteita ja annetaan ehdotuksia jatkokehitystä varten. Johtopäätöksenä todetaan, että keskittämisellä voidaan saavuttaa alhaisemmat varastotasot, tehostaa varastointiprosesseja ja vapauttaa sitoutunutta pääomaa. Kuitenkin investointipäätöstä tehdessä tulee ottaa huomioon laajemmat vaikutukset kohdeyrityksen toimintaan.

ABSTRACT

Author: Joel Rikka

Title of thesis: Centralization of production inventories and defining capacity for central warehouse

Year: 2019 **Place:** Kotka

Master's thesis. LUT-university, LUT School of Engineering Science, Industrial engineering and management.

92 pages, 17 figures and 15 tables

Examiner: Associate professor Petri Niemi

Keywords:

central warehouse, centralization of inventories, defining space requirements, inventory management, warehousing, supply chain management

The main objective of this master's thesis is to define inventory levels and required capacity of space for potential central warehouse investment. In this case capacity is meant as a quantity of small item strorage bins, pallets and items on the floor. The study is delimited to cover production inventories. The results will be utilized, when planning layout and equipment for warehouse and investment calculations.

At first there is theoretical framework, which is concerning warehousing in manufacturing industries and inventory management. The most important sources for empirical part of the study are quantative data from ERP and discussions with essential people. The first empirical phase is analysis of current state of company's order-delivery process, inventory management and space usage of decentralized warehouses. After that centralized inventory level and capacity for central warehouse are defined by utilizing theoretical framework and the results of current state analysis. In the end there are represented improvement propositions that came up in the study. As the conclusion by centralizing production inventories company could achieve lower inventory levels, improve warehousing processes and release tied capital. However, when deciding about execution of investment, case company should also consider the broader influences in business and its processes.

ALKUSANAT

Tämän diplomityöprojektin valmistumisen myötä päättyvät myös opintoni Lappeenrannassa. Tässä kohtaa haluan kiittää Jukka Tania haastavasta ja mielenkiintoisesta diplomityöaiheesta sekä Johanna Soinia tuesta ja ohjaamisesta. Haluan myös kiittää kaikkia muitakin yrityksen työntekijöitä, joiden kanssa työskentelin tässä projektissa. Koulun puolelta kiitän Petri Niemeä ohjaamisesta niin tässä diplomityössä, kuin monen muunkin kurssin puitteissa matkan varrella.

Diplomityö oli paikoitellen rankka, mutta kokemuksena se oli kaiken vaivan arvoinen. Pääsin työssäni soveltamaan aiemmin oppimiani asioita ja syventymään sellaiseen käytännön ongelmaan, jonka tyyppisten parissa haluaisin työskennellä jatkossakin. Kaiken kaikkiaan koen, että opintoni LUT-Yliopistossa ovat olleet kiinnostavia ja tarjoavat hyvät lähtökohdat työelämään siirtymisessä.

Lopuksi kiitän vielä perhettäni ja läheisiäni tuesta koko opintojeni ajalta.

Kotkassa 18.6.2019
Joel Rikka

SISÄLLYSLUETTELO

1 Johdanto 10

1.1 Tutkimuksen tausta 10

1.2 Tavoitteet, tutkimuskysymykset ja rajaukset 11

1.3 Tutkimuksen toteutus 11

1.4 Raportin rakenne 12

2 Varastointi teollisuusyrityksessä 15

2.1 Varastoinnin merkitys 15

2.2 Nimikkeiden käsittely 16

2.3 Varaston asettelu ja tilantarpeen määrittäminen 20

2.4 Varastoinnin kustannukset 22

3 Varastojen hallinta toimitusketjussa 24

3.1 Varmuus- ja kiertovarastojen muodostuminen 24

3.2 Varastonohjausperiaatteet 27

3.3 Pooling-efektin hyödyntäminen varastojen keskittämisessä 34

3.4 ABC-analyysi 38

4 Materiaalinohjaus kohdeyrityksessä 40

4.1 Kohdeyrityksen tilaus-toimitusprosessi 40

4.2 Materiaalivirrat 41

4.3 Varastonohjaus 44

5 Varastoinnin nykytila-analyysi 47

5.1 Tutkimuksen toteutus 47

5.2 0110 Pumpputehdas (Kotka) 52

5.3 0120 Pumpputehdas (Mänttä) 54

5.4 0140 Toimituskeskus 56

5.5 0150 Huoltokeskus 57

5.6 Nykytila-analyysin yhteenveto 59
6 Keskusvaraston muodostaminen 61
6.1 Keskusvaraston lähtökohdat 61
6.2 Varastotasojen määrittäminen 63
6.3 Keskusvaraston kapasiteetti 68
6.4 Herkkyysanalyysi ja tulevaisuuden odotukset 73
6.5 Johtopäätökset keskusvaraston muodostamisesta 73
7 Varastomallien vertailu 75
7.1 Mallien numeerinen vertailu 75
7.2 Keskusvaraston vaikutus yrityksen toimintaan 76
8 Kehityskohteet ja johtopäätökset 79
8.1 Kehityskohteet varastoinnissa 79
8.2 Johtopäätökset 86
9 Yhteenveto 89
Lähteet 91

KUVALUETTELO

Kuva 1. Diplomityön rakenne....14
Kuva 2. Varastointiprosessin päävaiheet (Richards 2011. s.45; Rushton et al. 2006. s. 261; Sakki 2009. s. 51)....17
Kuva 3. Tyypillinen varaston pinta-alan jakautuminen (Richards 2011. s. 151) ..21
Kuva 4. Kierto- ja varmuusvarastot (Chopra & Meindl 2013. s. 327) 25
Kuva 5. Varastonohjausperiaatteiden luokittelu (Babai & Dallery 2009)....28
Kuva 6. Perinteisen varastonohjauksen ja materiaalintarvelaskennan varastotasojen vertailu (Waters 2009. s. 274)....33
Kuva 7. Varastojen yhdistäminen pooling-periaatteella....34
Kuva 8. Varastojen keskittämiseen vaikuttavat tekijät....36
Kuva 9. Kohdeyrityksen yksinkertaistettu tilaus-toimitusprosessi....41
Kuva 10. Kohdeyrityksen materiaalivirrat ja diplomityön rajaus 42
Kuva 11. Nykytila-analyysin vaiheet ja käytetyt menetelmät 48
Kuva 12. Keskusvaraston muodostamisen vaiheet....61
Kuva 13. Keskusvaraston kokonaisvarastotasojen määrittämisen periaate....64
Kuva 14. Varastoitavien ja tilausohjautuvien erilaisten nimikkeiden määrän jakautuminen keskusvarastossa 67
Kuva 15. Muutokset nimikkeiden varastotasoissa verrattuna nykytila-analyysin tarkasteluhetkeen 68
Kuva 16. Arvio keskusvaraston kuormalavapaikkojen määrästä....71
Kuva 17. Esimerkkinimikkeen kulutusprofiili viikoissa toimituskeskuksessa (0140) vuonna 2018....83

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Yhteenveto tilauspiste- ja tilausvälimallien ominaisuuksista.....29
Taulukko 2. Pienien materiaalien kuormalavapaikkojen laskentaperiaate.....51
Taulukko 3. 0110 Kotkan pumpputehtaan tilankäyttö 53
Taulukko 4: 0120 Mäntän pumpputehtaan tilankäyttö.....55
Taulukko 5. 0140 Toimituskeskuksen tilankäyttö.....56
Taulukko 6. 0150 Huoltokeskuksen tilankäyttö 58
Taulukko 7. Nykytila-analyysin tilankäytön yhteenveto.....60
Taulukko 8. Varastojen keskittämispäätökset 63
Taulukko 9. Keskusvaraston kapasiteetti ja muutos nykytila-analyysiin verrattuna 70
Taulukko 10. Yhteenveto keskusvaraston vaatimasta kapasiteettista 74
Taulukko 11. Varastomallien tilantarpeen vertailu 75
Taulukko 12. Keskusvaraston ABCD-analyysin tulokset 80
Taulukko 13. Keskusvaraston ABCD-analyysin D-nimikkeiden tarkastelu 81
Taulukko 14. Laskuesimerkki eri tavoista määritellä varmuusvarasto kohdeyrityksessä.....82
Taulukko 15. Laskuesimerkki pooling-efektin periaatteista esimerkkinimikkeellä 85

LYHENNELUETTELO

BOM	Tuoterakenne (eng. Bill-of-material)
EOQ	Taloudellinen eräkoko (eng. Economic Order Quantity)
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä (eng. Enterprise Resourse Planning)
FIFO	Ensimmäisenä sisään, ensimmäisenä ulos (eng. First in, First out)
JIT	Juuri oikeaan tarpeeseen - tuotantofilosofia (eng. Just-in-Time)
LIFO	Viimeisenä sisään, ensimmäisenä ulos (eng. Last in, First out)
MPS	Valmistusohjelma (eng. Material Production Schedule)
MRP	Materiaalintarvelaskenta (eng. Material Requirements planning)
Q	Täydennyseräkoko (eng. Order quatity)
SS	Varmuusvarasto (eng. Safety Stock)
WMS	Varastonhallintajärjestelmä (eng. Warehouse Management System)

1 JOHDANTO

Varastointi on tärkeä osa teollisuusyrityksen toimitusketjua, mutta se voi kuitenkin aiheuttaa merkittäviä kustannuksia sekä sitoa pääomaa. Näin ollen yritykset pyrkivät etsimään keinoja, joilla toimintaa voisi tehostaa ja pääomaa vapauttaa. Tässä diplomityössä varastoinnin tehostamista tarkastellaan varastojen keskittämisen näkökulmasta.

1.1 Tutkimuksen tausta

Diplomityössä tutkittava kohdeyritys on osa kansainvälistä konsernia. Konsernin Suomen yhtiö sijoittuu pumppudivisioonan alle, jossa tuotteet ja palvelut liittyvät prosessiteollisuuden pumppaus- ja sekoitinjärjestelmiin. Kohdeyrityksen tärkeimmät toiminnot sijaitsevat pääasiassa Kotkassa, mutta sopimusvalmistajalla on tuotantoa myös Mäntässä. Näiden lisäksi ympäri Suomea sijaitsee pienempiä huoltokeskuksia.

Tällä hetkellä kohdeyrityksellä on hankittaville komponenteille HUB-varasto ja kolme pienempää tehdasvarastoa, mikä aiheuttaa moninkertaista varastointia. HUB-varastolla on jo tällä hetkellä varastonhallintajärjestelmä käytössä, ja varastointiprosessit on selkeämmin määritelty. Kolmella tehdasvarastolla taas prosessit vaihtelevat suuresti, eikä varastonhallintaohjelmaa ole käytössä. Niinpä toiminnassa arvioidaan olevan paljon tehostettavaa.

Nyt yritys haluaa tarkastella mahdollisuutta keskittää nämä varastot tulevaisuudessa vain yhdeksi tuotannon keskusvarastoksi ja automatisoida varastointiprosesseja. Visiona on, ettei tulevaisuudessa tuotantotiloissa enää säilytettäisi lopputuotekokoonpanoihin kuuluvia komponentteja. Projektin tavoitteena yrityksellä on organisoida prosessit paremmin, tehostaa toimintaa sekä pienentää varastoon sitoutunutta pääomaa.

1.2 Tavoitteet, tutkimuskysymykset ja rajaukset

Diplomityön tavoitteena on määrittää kohdeyritykseen mahdollisesti perustettavalle keskusvarastolle varastotasot ja selvittää, kuinka suuri tarvittava kapasiteetti on. Kapasiteetilla tässä yhteydessä tarkoitetaan pientavara, kuormalava- ja lattiapaikkojen määrää. Työn tuloksia käytetään varsinaisen varaston suunnittelun ja mitoittamisen sekä investointilaskelmien tukena. Tutkimuksessa selvitetään vastaukset seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Miten nykyiset varastot ovat muodostuneet ja miten ne toimivat?
2. Millaiseksi keskusvaraston varastotasot muodostuvat?
3. Mikä on keskusvaraston vaatima kapasiteetti?
4. Mitä vaikutuksia varastojen keskittämisellä olisi yritykselle ja sen toimintaan?

Diplomityö rajataan käsittelemään kohdeyrityksen Suomen HUB-varastoa (0140) ja kolmea tehdasvarastoa (0110, 0120 ja 0150). Tutkimuksessa ei siis käsitellä materiaalivirtaa toimittajilta näihin varastoihin, tuotantoa tai tuotteiden toimittamista asiakkaille. Diplomityössä kehitettävän keskusvaraston automatisointiratkaisut jätetään selvityksestä pois. Työn tuloksena ovat laskelmat, jotka kertovat keskusvaraston varastotasot sekä tarvittavan kapasiteetin. Kuitenkaan itse varastorakennuksen kokoa tutkimuksessa ei määritetä. Myöskin investointilaskelmat jäävät rajauksessa ulkopuolelle.

1.3 Tutkimuksen toteutus

Diplomityö on toteutettu yrityksen toimeksiantona ja työssä käsitellään varastoinnin kehittämistä tämän organisaation näkökulmasta. Tutkimus toteutettiin kohdeyrityksen toimipisteessä Kotkassa. Työ koostuu kolmesta osasta, jotka ovat teoreettinen viitekehys, nykytila-analyysi ja keskusvaraston muodostaminen. Osioissa on käytetty erilaisia tutkimusmenetelmiä ja -aineistoja.

Teoreettisessa viitekehyksessä on käsitelty teoriaa varastoinnin keskeisistä periaatteista, varastojen hallinnasta ja keskusvaraston muodostamisesta. Lähteinä on käytetty alan kirjallisuutta, tieteellisiä artikkeleita sekä internet-lähteitä. Teoriaosio tarjoaa tieteelliset lähtökohdat diplomityön empirialle sekä keinot keskusvaraston määrittämiseksi.

Työn ensimmäinen empiriaosio on nykytila-analyysi, jossa selvitetään yrityksen yleiset toimintaperiaatteet sekä syvennytään varastointiin. Varastoselvityksessä tarkoituksena on hankkia riittävät pohjatiedot, joita hyödynnetään seuraavassa vaiheessa keskusvaraston kapasiteetin määrittämisessä. Tärkeimpänä tutkimusaineistona käytettiin yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä saatavaa kvantitatiivista dataa. Varsinaisia haastatteluita ei pidetty, vaan tutkimuksen ohessa käytiin keskusteluita työn ohjaajan ja tilaajan sekä muiden keskeisten henkilöiden kanssa. Saatuja tuloksia arvioitiin näissä keskustelussa ja kommentteja käytettiin tutkimuksen kehittämisessä. Lisäksi tutkimukseen vaikutti diplomityön tekijän omat kokemukset, havainnot ja työhistoria yrityksessä.

Toinen tutkimuksen empiriaosio on keskusvaraston muodostaminen, johon sisältyy uuden varastomallin kehittäminen, vertailu nykytilaan sekä johtopäätösten muodostaminen. Tutkimusaineistona käytettiin nykytila-analyysin tuloksia sekä toiminnanohjausjärjestelmästä saatua dataa. Teoreettinen viitekehys tarjosi työkalut keskusvaraston määrittämiseksi. Tutkimuksen tueksi ja tulosten arvioimiseksi käytiin keskusteluja keskeisten henkilöiden kanssa. Lopuksi muodostettiin diplomityölle johtopäätökset.

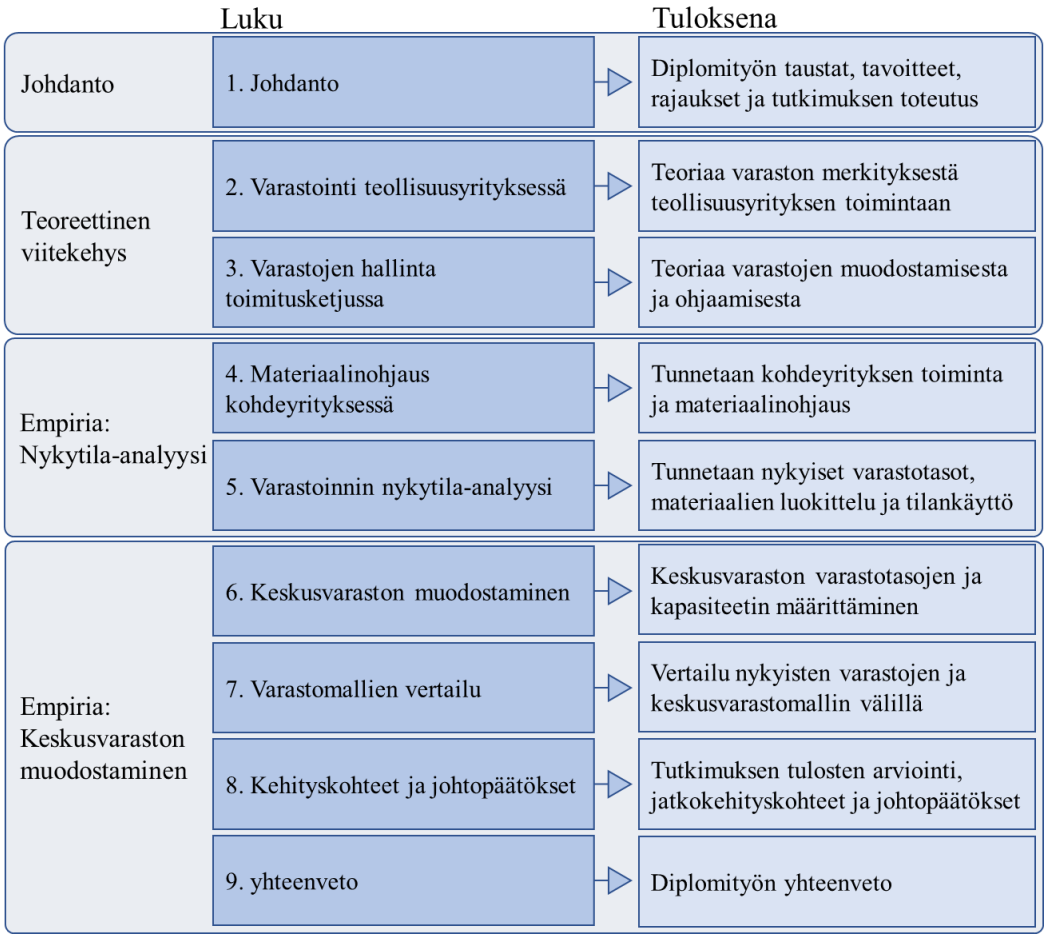
1.4 Raportin rakenne

Diplomityön rakenne on esitetty kuvassa 1. Työ alkaa johdannolla, jossa määritellään taustat, tavoitteet, tutkimuskysymykset ja tutkimuksen toteutus. Tutkimus koostuu kolmesta osasta; teoreettisesta viitekehyksestä ja kahdesta

empiriaosiosta. Teoriaosioon kuuluvat luvut 2 ja 3. Toisessa luvussa käsitellään varaston merkitystä teollisuus yrityksen toimintaan ja esitellään, miten materiaaleja käsitellään varastointiprosessissa. Kolmannessa luvussa perehdytään materiaalien ohjaamiseen toimitusketjussa sekä keskusvaraston muodostamiseen.

Empirian ensimmäinen osa on nykytila-analyysi. Neljännessä luvussa selvitetään työn kannalta oleellisella tasolla kohdeyrityksen tilaus-toimitusprosessi, materiaalivirrat sekä varastonohjausmenetelmät. Viidennessä luvussa syvennytään tarkemmin nykyisten varastojen muodostumiseen. Tuloksena on materiaalien luokittelu varastopaikkojen mukaan ja tieto niiden tilankäytöstä.

Työn toinen empiriaosio alkaa kuudennessa luvussa, jossa määritellään keskusvaraston varastotasot ja kapasiteetti. Tämän jälkeen verrataan alkutilanteen hajautettuja varastoja ja uutta mallia. Vertailua tehdään numeerisesti sekä arvioimalla keskittämisen vaikutuksia yrityksen toimintaan. Seuraavaksi esitetään diplomityöprosessin aikana huomattuja kehityskohteita ja annetaan ehdotukset jatkokehitystä varten. Saatuja tuloksia arvioidaan ja vedetään johtopäätökset. Diplomityön lopuksi keskeiset tulokset kootaan yhteenvetoon.



Kuva 1. Diplomityön rakenne

2 VARASTOINTI TEOLLISUUSYRITYKSESSÄ

Tämä on diplomityön teoreettisen viitekehyksen ensimmäinen luku. Luvussa esitellään työn kannalta oleelliset teoriat varastoinnista ja osoitetaan, miksi varastoinnin kehittäminen on tärkeää. Aluksi on oleellista kertoa, mikä on varastoinnin merkitys teollisuusyrityksessä. Tämän jälkeen esitellään varastoitavien nimikkeiden käsittelyä. Diplomityön tuloksia käytetään uuden varaston mitoittamisessa ja rakentamisessa, joten teoriaosiossa on myös lyhyesti kerrottu layout-suunnittelussa huomioitavista seikoista. Lopuksi esitellään tyypillistä varastoinnin kustannusrakennetta.

2.1 Varastoinnin merkitys

Yritysten toimitusketjujen tarkoituksena on toimittaa tuotteet asiakkaille sovitulla tavalla, muun muassa oikeaan aikaan, oikeaan hintaan ja vaaditussa kunnossa (Richards 2011. s.7). Tämän tavoitteen täyttämisessä varastot ja varastointiprosessit ovat merkittävässä roolissa toimitusketjussa alusta loppuun. Perinteisesti varastoja on käytetty puskureina, joilla varaudutaan kysynnän vaihteluihin tai ongelmiin komponenttien saatavuudessa. Puskureita voidaan käyttää tuotannossa eri työvaiheiden välillä varmistamaan prosessin sujuvuus. Näiden tavoitteiden lisäksi varastoja käytetään muun muassa suurien eräkokojen hankkimisessa tai valmistamisessa, millä tavoitellaan taloudellisia mittakaavaetuja, tai kausivaihteluihin varautumiseen. (Ross 2015. s. 315-316; Rushton et al. 2006. s. 198-199; 255)

Varastot voidaan luokitella niiden luonteen ja tarkoituksen mukaan monella tavalla. Valmistavan yrityksen näkökulmasta oleellisia tyyppejä ovat: raaka-aine- ja komponenttivarastot, keskeneräisen tuotannon varasto sekä lopputuotevarasto. (Slack et al. 2010. s. 345) Raaka-aine- ja komponenttivarastoja käytetään materiaalien säilyttämiseen ennen kuin niitä käytetään tuotannossa. Keskeneräisessä tuotannossa on puolivalmiita tuotteita, jotka ovat sisällä

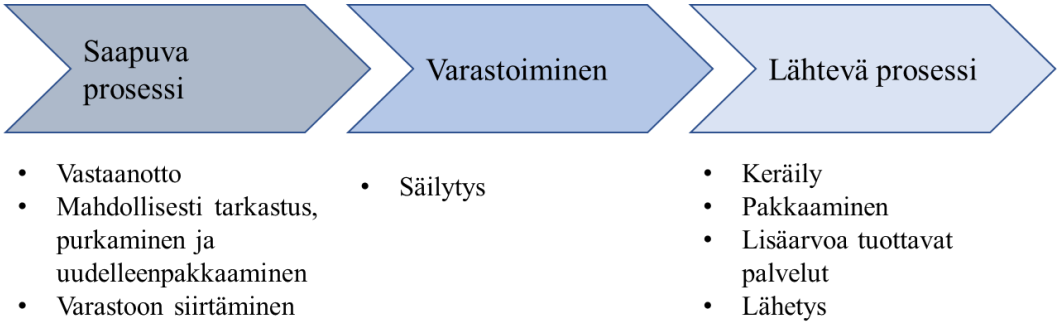
tuotantoprosessissa. Puolivalmiiden tuotteiden viimeistelyä voidaan myös viivästyttää, jos tarkoituksena on räätälöidä ne vasta tässä kohtaa asiakkaan tilauksen mukaan. Tuotteiden valmistuttua ne siirretään lopputuotevarastoon siihen asti, kunnes ne toimitetaan asiakkaalle. Näiden kolmen tyypin lisäksi varastoina voidaan pitää muun muassa kuljetuksessa olevia materiaaleja sekä erilaisia lajittelu- ja yhteenlastauskeskuksia. Yrityksen toiminnasta riippuen varaosavarastojen rooli voi olla merkittävä joko oman tuotannon sujuvuuden varmistamiseksi, tai huoltoliiketoiminnassa asiakaan palvelemiseksi. (Richards 2011. s.9-11; Rushton et al. 2006. s. 199)

2.2 Nimikkeiden käsittely

Nimikkeiden käsittely on oleellinen osa varastointia. Tässä osiossa ensin määritellään tyypilliset prosessit, joita varastointi pitää sisällään. Seuraavaksi on selvitetty, kuinka erilaisia materiaaleja säilytetään ja käsitellään näiden prosessien aikana.

Varastointiprosessit

Työssä käytetyt lähteet määrittelevät varastointiprosessille samankaltaisia päävaiheita, vaikka myös eroavaisuuksiakin löytyy. Lähteitä yhdistelemällä kuvaan 2 on hahmoteltu varastointiprosessin päävaiheet. Sakki (2009. s. 50-51) jaottelee varastoivan yrityksen tilaus-toimitusprosessin kolmeen vaiheeseen: saapuvaan prosessiin, varastoimiseen ja lähtevään prosessiin. Vaikka varastointiprosessit vaihtelevat yritysten ja niiden toimitusketjujen vaatimusten mukaan, ne usein noudattavat samankaltaisia vaiheita. Itse varastointivaihe on yksinkertainen, koska siinä lähinnä vain säilytetään tuotetta. (Rushton et al. 2006. s. 260-261)



Kuva 2. Varastointiprosessin päävaiheet (Richards 2011. s.45; Rushton et al. 2006. s. 261; Sakki 2009. s. 51)

Saapuvan prosessin ensimmäinen vaihe on vastaanotto, jossa nimikkeet otetaan vastaan, kirjataan sisään ja siirretään varastoon. Tähän vaiheeseen voi lisäksi liittyä esimerkiksi laadun tarkastusta, purkamista ja uudelleenpakkaamista. Lopuksi nimikkeet siirretään varastoon. (Rushton et al. 2006. s. 261) Apuna tavaroiden sijoittamisessa oikeaan paikkaan varastossa voidaan käyttää varastonhallinta-järjestelmää (eng. Warehouse Management System, WMS). Optimaalisen paikan määrittämiseen käytetään muun muassa tietoa tuotteen koosta, painosta sekä kulutuksesta. (Richards 2011. s.57)

Lähtevän prosessin vaiheita ovat pääpiirteittäin keräily, pakkaaminen, lisäarvoa tuottavat palvelut ja lähetys. Keräilyssä nimikkeet haetaan varastosta. (Rushton et al. 2006. s. 261) Richardsin (2011. s. 44; 73) mukaan keräilyvaiheen kustannukset ovat selkeästi suurimmat koko varastointiprosessissa (noin 35 %). Perinteisesti keräilyyn käytetystä ajasta jopa 60 % muodostuu liikkumisesta hakupaikkojen välillä. Tämä aiheuttaakin yrityksille tarvetta kehittää keräilyä. Vaiheen tehostamisessa voidaan hyödyntää uudenlaisia keräilystrategioita tai -laitteita.

Seuraavaksi tuote siirretään pakkaamisvaiheeseen. Osana pakkaamista yritys voi tuottaa asiakkaalle lisäarvoa esimerkiksi erilaisilla pakkaustavoilla tai -merkinnöillä. Viimeisenä vaiheena varastointiprosessissa on tuotteen lähetys eteenpäin toimitusketjun seuraavaan vaiheeseen. (Rushton et al. 2006. s. 262)

Nimikkeiden käsittely ja säilytys

Varastoitavien nimikkeiden luonteesta riippuen niitä säilytetään ja käsitellään eri tavoin. Yksi merkittävä jako varastonimikkeille voidaan tehdä sen perusteella, käsitelläänkö niitä kuormalavalla vai ei. Rushton et al. (2006. s. 267) kertoo, että kuormalavat ovat tyypillinen käsittelymuoto varastoinnissa. Niiden etuna on käytännöllinen koko. Richardsin (2011. s. 48) mukaan niitä myös käytetään laajasti globaalissa logistiikassa. Toisaalta niissä ei käytetä standardoituja kokoja, vaan ne saattavat vaihdella alueittain. Esimerkiksi Euroopassa käytetään laajasti ns. EUR-lavaa, jonka mitat ovat 800mm x 1200mm ja massa 50 kg. Vastaavan suomalaisen FIN-lavan mitat ovat 1000mm x 1200mm ja massa 60 kg. (Logistiikan maailma 2019)

Kuormalavoille on kehitetty useita erilaisia varastointitapoja. Yksinkertaisimmillaan lavapakkauksia saatetaan pinota päällekkäin, jos pakkaustyyppi sen mahdollistaa. Etuna tässä on helppous ja se, että mitään hyllyjä ei tarvita. Heikkoutena taas on se, että menetelmä sopii parhaiten sisällöltään keskenään samanlaisille pakkauksille, sillä yhtä tiettyä nimikettä on hankala ottaa pinon alta. (Richards 2011. s.165; Rushton et al. 2006. s. 274) Paljon variaatioita sisältäville lavoille sopii paremmin kuormalavahyllyt, joilla yhdellä varastopaikalla on yksi lava. Kuormalavahyllyistäkin on olemassa monia variaatioita. Nämä variaatiot voivat perustua tilan parempaan hyödyntämiseen käyttämällä esimerkiksi syvempiä hyllyjä, kapeampia käytäviä tai automaatiota. Usein varastorakennuksen tilankäyttöä tehostamalla heikennetään yksittäisten nimikkeiden saatavuutta. Hyllyratkaisua miettiessä kannattaa ottaa huomioon toimiiko se FIFO- vai LIFO-periaatteilla ja voiko samaan varastopaikkaan säilöä useita eri variaatioita. (Richards 2011. s.163-167; Rushton et al. 2006. s. 278-280; 289)

Toinen karkea käsittelykategoria on ei-kuormalavapakkaukset, joissa nimikkeet ovat muun muassa liian pieniä, suuria tai pitkiä lavalla käsiteltäväksi. Esimerkkinä liian suurista kappaleista on erilaiset putket ja tangot tai paperirullat. Näille on olemassa omat varastointiratkaisunsa. Pientavarat ovat kooltaan pieniä, eikä niitä kerralla varastoida suuria määriä. Pientavaravarastointi mahdollistaa suuren

nimikemäärän säilyttämisen kompaktissa tilassa. Tällaisia ovat esimerkiksi ruuvit, mutterit ja muut pienet komponentit. Pientavaroita varastoidaan monenlaisilla menetelmillä, kuten hyllyillä, laatikoilla ja vetolaatikoilla. Pientavarahyllyt ovat modulaarisia ja niiden mitat saattavat vaihdella. Tyypillinen hyllyn leveys on esimerkiksi 1 metri. Laatikkoratkaisut helpottavat nimikkeiden keräilyä, sillä ne ovat selkeästi varastoitu ja helposti otettavissa. Vetolaatikoiden etuna on vaurioitumiselle herkkien komponenttien turvallinen säilytys. (Richards 2011. s. 91; Rushton et al. 2006. s. 290-291)

Perinteisten säilytystapojen rinnalla on myös automaatioon perustuvia karuselliratkaisuja. Karusellit on suunniteltu erityisesti pienille ja mahdollisesti arvokkaille nimikkeille, joilla on suuri kulutus. Näin tärkeät komponentit ovat nopeasti saatavilla. Nämä pyörivät varastoautomaatit toimivat siten, että karuselli toimittaa tilatun nimikkeen keräilijälle, eikä hänen tarvitse itse liikkua. Karuselleja on kahdentyyppisiä: horisontaalisia ja vertikaalisia. Vertikaalisen etuna on lattiapinta-alan tehokas käyttö, sillä ne hyödyntävät varastointitilan korkeutta. Horisontaalinen taas vie enemmän lattiatilaa, mutta matalassa varastossa ne käyttävät tilaa tehokkaasti. (Richards 2011. s. 92-94; Rushton et al. 2006. s. 293)

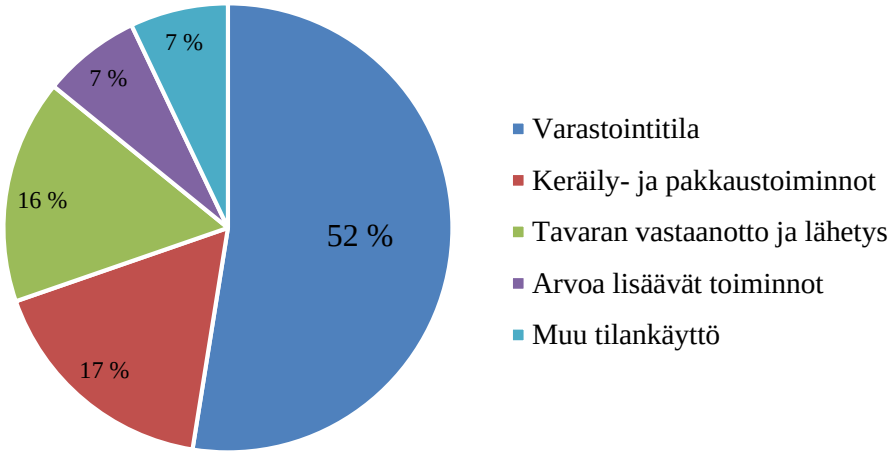
Yhteenvetona todetaan nimikkeiden ominaisuuksien vaikuttavan siihen, miten niitä kannattaa varastoida ja käsitellä. Richards (2011. s. 96-98) esittelee kirjassaan esimerkkiohjeistuksen, millä tavoin tietyt nimikkeet kannattaisi varastoida. Oleellisia tekijöitä ovat tuotteen koko, tilausten määrä, läpimenoaika ja varastoitava määrä. Varastointitapojen lisäksi yrityksen on oleellista suunnitella, miten nimikkeitä kuljetetaan. Esimerkiksi kuljetusvaihtoehdoiksi ei-kuormalavallisille nimikkeille Rushton et al. (2006. s. 301) kertoo olevan erilaisia trukkiratkaisuja, pitkän tavaran kuljetuslaitteet, liukuhihnat, nosturit ja automatisoidut vaunut.

2.3 Varaston asettelu ja tilantarpeen määrittäminen

Suunnitteluvaiheella on merkittävä vaikutus varaston toiminnan tehokkuuteen sekä kustannuksiin. Varaston läpimenon ja tuottavuuden lisäämiseksi oleellista on lyhentää siirtymiseen kuluvaa aikaa ja maksimoida tilankäyttö. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi täytyy kiinnittää huomiota varaston asetteluun (eng. layout), välineisiin ja toimintastrategioihin. Koska investointi on kallis, kannattaa suunnitteluvaiheessa huomioida pitkän aikavälin tavoitteet ja yrityksen mahdollinen kasvu. (Manzini 2012. s. 56; Richards 2011. s. 150)

Scott et al. (2018. s. 98) hahmottelevat kirjassaan yrityksen varaston suunnitteluprosessin päävaiheet. Aluksi yrityksen tulee arvioida varastotasot, joiden perusteella määritetään sisään ja ulos suuntautuvat materiaalivirrat. Se myös luo perusteet laskelmille, joilla selvitetään varastoitavien tuotteiden vaatima tila. Kun tilantarpeet tunnetaan, määritellään seuraavaksi varasto-layout sekä tarvittavat varastointiratkaisut ja työvoimavaatimukset. Näiden vaiheiden jälkeen voidaan laskea varaston kustannukset. Jos suunnitellun varaston ominaisuudet ja kustannukset ovat linjassa liiketoimintastrategian kanssa, voidaan projektia jatkaa. Jos ensimmäinen suunnitelma ei noudata vaadittua liiketoimintastrategiaa, tilantarpeet ja layout täytyy suunnitella uudestaan, kunnes vaatimukset täyttyvät.

Varaston layoutin suunnittelu voidaan aloittaa määrittämällä sijainnit saapuvalle ja lähtevälle tavaralle, varastolle, keräilyalueille, arvoa lisääville toiminnoille sekä muille tarvittaville tiloille. Kuvassa 3 esitellään, kuinka varastojen lattiapinta-ala on tyypillisesti jakautunut. Kuvaajasta huomataan, että varastointiin käytetty tila on tyypillisesti vain 52 prosenttia koko lattiapinta-alasta. Muuta merkittäviä pinta-alaa vaativia toimintoja ovat keräily ja pakkaus, tavaran vastaanotto ja lähetys sekä lisäarvoa tuottavat toiminnot. Muuhun tilankäyttöön kuuluu esimerkiksi akunlatauspisteet sekä toimistot. (Manzini 2012. s. 56; Richards 2011. s. 151)



Kuva 3. Tyypillinen varaston pinta-alan jakautuminen (Richards 2011. s. 151)

Layoutin suunnittelun seuraavassa vaiheessa järjestellään varastotila, laitteistot ja kulkukäytävät. Manzini (2012. s. 57-64) jakaa kirjassaan varastolayoutit perinteisiin ja moderneihin malleihin. Perinteisesti käytävät on aseteltu ristikkäin, mutta uusissa malleissa siirtymisiin käytettävää matkaa on pyritty optimoimaan esimerkiksi järjestämällä kulkutiet myös vinottain. Toinen tapa tehostaa varaston toimintaa on optimoida keräilyprosessit. Optimointi tapahtuu uudistamalla muun muassa keräilyjärjestystä- ja reittejä, kehittämällä layoutia sekä automatisoinnilla. Richards (2011. s. 61-62; 70) ja Ross (2015. s. 645) ehdottavat muodostamaan layoutin ja nimikkeiden sijainnit siten, että suuri volyymiset tuotteet ovat lähellä ja nopeasti saatavissa. Hitaasti kiertävät materiaalit taas voidaan sijoittaa kauemmas tavaran vastaanotto- ja lähestyspisteistä. Yksi keino luokitella nimikkeet on käyttää ABC-analyysia, jossa tarkastellaan volyymiä ja tilausten määrää.

Varsinaisessa varastorakennuksen mittojen laskennassa on tärkeä tuntea pakkauskoot, hyllyjen tai muiden varastointiratkaisujen mitat sekä käytävien tarvittavat leveydet. Tuotteiden luonteesta riippuen niille määritellään tietyt pakkauskoot. Pakkauskokoja voivat olla esimerkiksi kuormalavat ja erilaiset pientavaralaatikot. Tämän jälkeen voidaan laskea näiden pakkausten lukumäärä, jolloin saadaan tietoon tarvittava kapasiteetti. Laskenta voidaan tehdä myös toisin päin eli tuntemalla varastorakennuksen mitat, voidaan laskea sinne mahtuva

kapasiteetti. Varaston muihin toimintoihin, kuten saapuvan ja lähtevän tavaran käsittelyyn, tarvittava tila voidaan laskea, kun tunnetaan käsiteltävän tavaran määrä, pakkauskoot, käsittelyajat ja tarvittavat työskentelytilat. Näiden mainittujen asioiden lisäksi muita tilantarpeeseen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa varaston haluttu täyttöaste, trukkien mitat ja hyllytyypit. Esimerkiksi kapeat käytävät ja siihen soveltuvat trukit vähentävät tarvittavaa työskentelytilaa. Kapasiteetti kannattaa mitoittaa siten, että se pystyy vastaamaan myös hetkellisiin piikkeihin tilantarpeessa. (Richards 2011. s. 152-158)

2.4 Varastoinnin kustannukset

Varastoja käytetään parantamaan asiakkaan palveluastetta, mutta samalla se aiheuttaa kustannuksia. Tämän vuoksi yrityksen tulisi löytää tasapaino näiden kahden tavoitteen välillä. (Li 2007. s. 178) Rushton et al. (2006. s. 10-11) kertoo, että yrityksen kokonaislogistiikkakustannuksista 45 % aiheutuu kuljetuksista, 23 % varastonpidosta (eng. holding costs tai carrying costs), 22 % varastotoiminnoista (warehouse operations) ja 10 % hallinnon yleiskustannuksista.

Varastonpitokustannukset (eng. holding costs tai carrying costs) aiheutuvat kustannukset voidaan jakaa neljään pääkategoriaan:

- **Pääomakustannukset** aiheutuvat varastoon sidotun pääoman rahoituskustannuksista. Huomioitavaa on se, että varastointiin sidottua pääomaa ei voida investoida paremmin tuottaviin kohteisiin. Pääomakustannukset muodostavat tyypillisesti suurimman osan kokonaisvarastonpitokustannuksista.
- **Palvelukustannukset** tarkoittavat varaston hallintaan liittyviä kustannuksia, kuten vakuutusmaksuja.
- **Varastointikustannukset** sisältävät rakennuksen, tuotteiden käsittelyyn ja muuhun itse varastointiin liittyviä kustannuksia.

- **Riskikustannukset** liittyvät esimerkiksi tuotteiden vanhenemisesta, rikkoutumisesta, pilaantumisesta tai varkauksista aiheutuviin kustannuksiin. (Ross 2015. s.328-329; Rushton et al. 2006. s. 204)

Varastointikustannukset esitetään prosenttiosuutena varastoitavan nimikkeen arvosta. Esimerkiksi yhden euron arvoisen nimikkeen, jolla vuotuinen varastonpito-kustannus on 20%, kustannus on 0,2 euroa/vuosi. (Vollmann et al. 2005. s. 123) Varastonpidon lisäksi toimintaan liittyy täydennyserä-, asetus- sekä puutostilannekustannukset. (Rushton et al. 2006. s. 204-205)

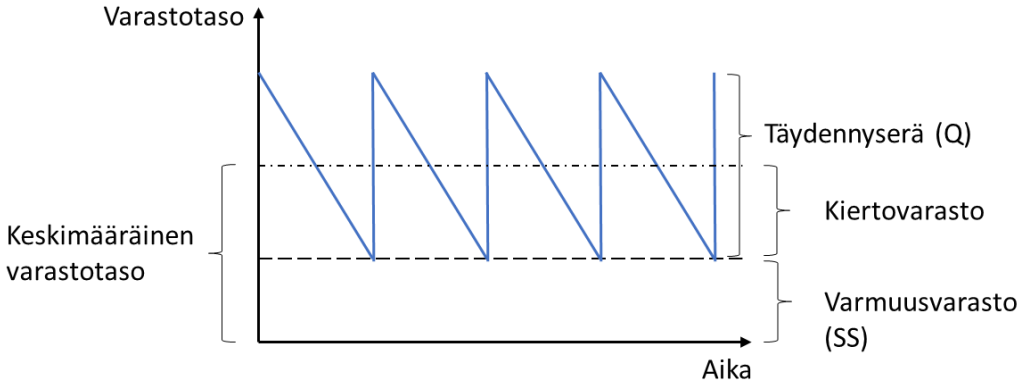
Rushton et al. (2006. s. 264) kertoo kirjassaan perinteisten varastotoimintojen aiheuttamista (eng. warehouse operations) kustannuksista, joista työvoima aiheuttaa noin puolet. Rakennukseen liittyvät kustannukset, kuten vuokra tai omistaminen vie 25 % kustannuksista. Muita kustannuksia kerryttävät rakennukseen kytkeytyvät palvelut, muun muassa huolto, sähköt ja vakuutukset (15 %) sekä varastoinnin vaatimat välineet (10 – 15 %). Samoilla linjoilla on myös Richards (2011. s. 214), joka toteaa työvoiman aiheuttavan 60 %, varastotilan 25 % ja välineiden 15 % kustannuksista. Kun tarkastellaan automatisoidun varaston kustannuksia, todennäköisesti työvoiman käytöstä syntyvät kustannukset laskevat ja välineistön kasvavat (Rushton et al. 2006. s. 265).

3 VARASTOJEN HALLINTA TOIMITUSKETJUSSA

Diplomityön toisessa teorialuvussa käsitellään keinoja, joilla yritykset ohjaavat toimitusketjujaan ja niiden materiaalivirtoja. Aluksi määritellään laskentakaavat varmuus- ja kiertovarastojen optimaalisen tason löytämiseksi. Seuraavaksi on luokiteltu ja esitelty erilaisia varastonohjausmenetelmiä, joita yritykset tyypillisesti käyttävät varastojensa täydentämisessä. Tämän jälkeen syvennytään pooling-efektiin ja varastojen keskittämisessä huomioitaviin tekijöihin. Lopuksi esitellään ABC-analyysi, joka on yleinen työkalu yrityksen varastonhallinnassa ja materiaalinohjauksen kehittämisessä.

3.1 Varmuus- ja kiertovarastojen muodostuminen

Kappaleessa 2.1 kerrottujen varastotyyppien lisäksi jako voidaan kierto- ja varmuusvarastoihin. Kuvassa 4 on esitetty yksinkertaistettu esimerkkivarasto, joka muodostuu kierto- ja varmuusvarastoista. Kiertovarasto syntyy, kun täydennykset tehdään suurissa erissä. Suurien täydennyseräkokojen hankkiminen on taloudellisesti kannattavaa. Kiertovaraston taso saadaan jakamalla täydennyseräkoko kahdella eli Q/2. Varmuusvaraston tehtävänä on varautua epävarmuuteen joko poikkeavan suuressa kysynnässä, tai odotettua pidemmässä materiaalien toimitusajassa. Tarkoituksena on, että puutostilanteet vältetään. Keskimääräinen varastotaso saadaan summaamalla kierto- ja varmuusvarasto. (Chopra & Meindl 2013. s. 326-327; Vollmann et al. 2005. s. 119-120)



Kuva 4. Kierto- ja varmuusvarastot (Chopra & Meindl 2013. s. 327)

Täydennyseräkoon määrittäminen

Optimaalisen täydennyseräkoon määrittäminen ei ole yksinkertaista, mutta yksi perinteinen tapa on käyttää taloudellisen tilauseräkoon mallia (eng. Economic Order Quantity, EOQ). EOQ:lla voidaan laskea yhdelle tuotteelle optimaalinen eräkoko, jolla täydennyksen kokonaiskustannukset ovat alimmillaan (kaava 1). Taloudellisesti parhaaseen eräkokoon vaikuttavia tekijöitä ovat kiinteä täydennyseräkustannus, vuotuinen kysyntä, yksikköhinta sekä varastonpito-kustannus. (Chopra & Meindl 2013. s. 288-290; Rushton et al. 2006. s. 210-212)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{hC}} \quad (1)$$

, missä

D = Vuotuinen kysyntä
S = Kiinteä täydennyseräkustannus
h = Varastonpitokustannus (% / vuodessa)
C = Yksikköhinta

EOQ kertoo, mikä olisi taloudellisesti optimaalinen eräkoko varaston täydentämisessä, mutta sen lisäksi kannattaa huomioida yrityksen erikoispiirteet sekä täydennysten rajoitukset. Koska EOQ perustuu vahvasti muutamiin perusoletuksiin, sitä on vaikea soveltaa esimerkiksi uuteen tuotantoon, jossa historiallista tietoa ei vielä ole saatavilla. Toinen huomioitava asia on se, että

taloudellinen eräkoko ei aina ole järkevin. Esimerkiksi yrityksen ei kannata tilata puolikasta kuormalavaa, jos kokonainen lava on vakiopakkauskoko. (Rushton et al. 2006. s. 211-213) Chopra & Meindl (2013. s. 291-293) tiivistävät asian siten, että yrityksen on usein parempi tilata käytännöllisen kokoinen erä, joka on lähellä EOQ:ta, kuin tarkalleen EOQ:n verran. Lisäksi he kertovat, että yksittäisten tuotteiden täydennyseräkokoja voidaan pienentää yhdistämällä useammat tuotteet yhteen tilaukseen. Näin pystytään laskemaan kiinteitä tilaus- ja kuljetuskustannuksia. Täydennyseräkokojen pienentäminen johtaa myös kiertovaraston tason laskemiseen.

Varmuusvaraston määrittäminen

Varmuusvaraston optimaalisen tason määrittämisessä tulee ottaa huomioon kysynnän ja toimitusajan epävarmuus sekä haluttu tuotteiden saatavuusaste. Epävarmuutta voidaan mitata keskihajonnalla ja yleinen tapa kuvata tuotteiden saatavuutta on käyttää palveluastetta. Palveluasteella mitataan todennäköisyyttä, jolla varasto ei kohtaa puutostilanteita täydennyssyklin aikana. Epäjatkuvaa kysyntää usein approksimoidaan normaalijakaumalla. Palveluasteeseen perustuva varmuusvarasto voidaan laskea kaavalla 2. Kaavassa haluttu palveluaste lasketaan normaalijakauman arvoja käyttäen. Esimerkiksi palveluaste 99% tarkoittaa kerrointa 2,33. Lisäksi jos toimitusajassa olisi epävarmuutta, se tulisi laskennassa ottaa huomioon. (Chopra & Meindl 2013. s. 328-329; 335; 340; Vollmann et al. 2005. s. 131-134)

$$SS = Z * \sigma_D * \sqrt{L} \quad (2)$$

, missä

Z = Palveluaste normaalijakaumasta

σ_D = Kysynnän keskihajonta

L = Täydennysaika

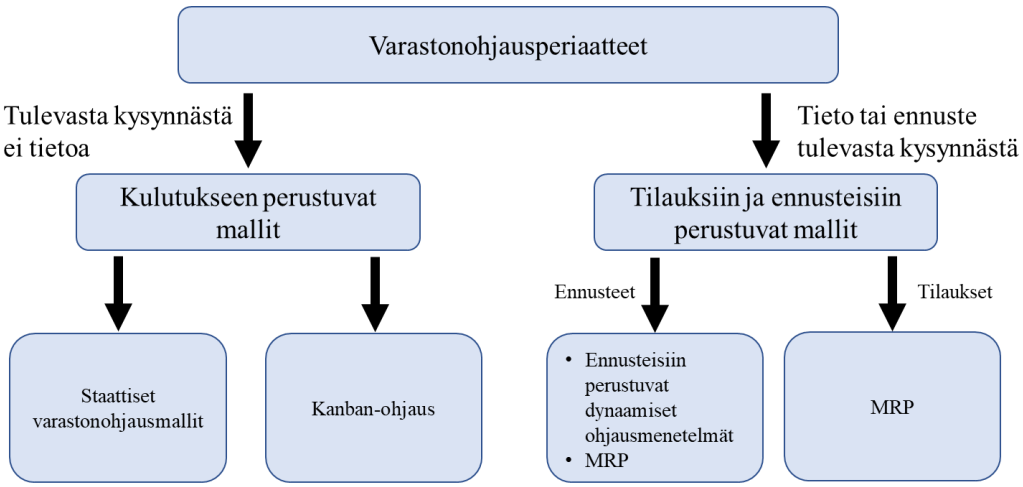
Kuten kaavasta huomataan, varmuusvaraston tasoon vaikuttaa kolme tekijää. Jos yritys haluaa laskea varastotasoa heikentämättä asiakkaan palvelutasoa, täytyy

lyhentää tuotteiden toimitusaikaa tai vähentää kysynnän epävarmuutta. (Chopra & Meindl 2013. s. 338) Sopivaa palvelutasoa määrittäessä on tärkeää huomioida, että pienikin lisäys korkeaan palveluasteeseen kasvattaa varmuusvaraston tasoa merkittävästi. Yli 90 prosentin palveluasteen pitämistä kannattaa tarkastella kriittisesti, ja 100 prosentin saavuttaminen on mahdotonta. Suurien kustannusten vuoksi palveluaste kannattaa asettaa korkeaksi vain tärkeimmille tuotteille. (Vrat 2014. s. 131)

3.2 Varastonohjausperiaatteet

Varaston- ja materiaalinohjaamista yrityksissä on kirjallisuudessa tutkittu laajasti. Tyypillisesti materiaalinohjaustavat voidaan jakaa työntö- ja imuohjaukseen (Babai & Dallery 2009). Työntöohjauksessa asiakkaan kysyntää ei tunneta, joten tuotanto perustuu kysyntäennusteisiin ja ennalta suunniteltuun tuotanto-ohjelmaan. Tässä mallissa heikkoutena on kysynnän muutoksiin vastaaminen. Työntöohjausta voidaan toteuttaa MRP-menetelmällä. Imuohjauksessa yritys vastaa asiakkaiden toteutuneisiin tilauksiin, jotka aloittavat tuotantoprosessin. (Chopra & Meindl 2013. s. 22; Slack et al. 2010. s. 289) Imuohjausta voidaan toteuttaa just-in-time (JIT) -tuotantofilosofialla, jonka tavoitteena on minimoida hukkaa tuotannossa. Toisin kuin suuriin tuotantoeräkokoihin perustuvassa työntöohjauksessa, JIT-ohjauksessa tuotanto toimii pienissä erissä. Pienten eräkokojen hyötyjä ovat muun muassa joustavuus kysyntään vastaamisessa, lyhyemmät toimitusajat sekä pienemmät varastotasot. JIT:n mahdollistaminen kuitenkin vaatii eränvaihtoaikojen ja -kustannusten minimointia. (Myerson 2012. s. 57-59; Vollmann et al. 2005. s. 248-249). MRP ja JIT-menetelmät eivät sulje toisiaan pois, vaan niitä voidaan käyttää myös yrityksissä toistensa tukemiseen. (Vollmann et al. 2005. s. 388-389) Yleistäen voidaan sanoa, että JIT-ohjaus toimii paremmin yksinkertaisissa tuotantoympäristöissä. Kun monimutkaisuus ohjauksessa ja tuoterakenteissa lisääntyy, MRP toimii paremmin. Yritys voi siis soveltaa näitä ohjausmenetelmiä eri materiaaleille niiden luonteen mukaan. (Slack et al. 2010. s. 451-452)

Materiaalien yleisten ohjausperiaatteiden lisäksi yritysten tulee määrittää tarkat varastonohjausperiaatteet, joilla varastoja täydennetään. Varastonohjausperiaatteet voidaan luokitella kysyntätietojen hyödyntämisen perusteella. Kuvassa 5 ensimmäinen luokittelujako riippuu siitä, onko käytössä tietoa tulevasta kysynnästä. Jos tietoa kysyntätietoa ei ole saatavilla, varastonohjausmallit perustuvat toteutuneeseen kulutukseen. Tämä malli voidaan jakaa edelleen staattisiin varastonohjausmenetelmiin ja kanban-ohjaukseen. Jos taas ennakkotietoa tulevasta kysynnästä tai tilauksista on, varastonohjaus perustuu tähän tietoon. Tällöin voidaan luokittelua jatkaa ennuste- ja tilausperusteisiin malleihin. (Babai & Dallery 2009)



Kuva 5. Varastonohjausperiaatteiden luokittelu (Babai & Dallery 2009)

Staattiset varastonohjausmenetelmät

Käytetyimpiä staattisia varastonohjausmalleja ovat tilauspiste- (eng. re-order point, ROP) ja tilausvälimenetelmät (eng. order-up-to level, OUL). Tilauspiste-menetelmää käytettäessä varastoa täydennetään silloin, kun varastotaso laskee alle ennalta määritellyn tilauspisteen. Täydennyseräkoko tässä tapauksessa on aina vakio, mikä aiheuttaa vaihtelua varastotasoissa. (Babai & Dallery 2009; Rushton et al. 2006. s. 206) Tilauspiste voidaan esimerkiksi määrittää seuraavalla kaavalla 3. (Waters 2009. s. 354)

$$\textit{Tilauspiste} = \textit{täydennysajan kulutus} + \textit{varmuusvarasto} \quad (3)$$

Tilausvälimenetelmässä täydennykset tehdään aina tietyin väliajoin. Täydennyseräkoot määritellään siten, että varastotasot pysyisivät ennalta määritellyllä tasolla. (Babai & Dallery 2009; Rushton et al. 2006. s. 206) Molemmissa malleissa myös varmuusvaraston hallinta on merkittävässä roolissa (Li 2007. s. 178). Taulukkoon 1 on koottu yhteenveto staattisten varastonohjausmallien ominaisuuksista.

Taulukko 1. Yhteenveto tilauspiste- ja tilausvälimallien ominaisuuksista.

	Tilauspistemalli	**Tilausvälimalli**
Täydennyksen tekeminen	Kun tilauspiste alitetaan	Tietyin väliajoin
Täydennyseräkoko	Vakio	Vaihteleva
Varastotaso	Vaihteleva	Pyritään pitämään tietyllä tasolla

Staattisten varastonohjausmallien optimoimisessa oleellista on kiinnittää huomio täydennyseräkokoihin. Tilauspistemenetelmässä käytetty vakiotäydennyseräkoko kannattaakin optimoida mahdollisimman tehokkaaksi. Yksi tapa määrittää optimaalinen eräkoko on käyttää taloudellisen eräkoonmallia eli EOQ:ta. (Babai & Dallery 2009) Koska tilausvälimenetelmässä täydennyserokoot vaihtelevat riippuen varastotasoista, täydennystä määritettäessä täytyy siis huomioida täydennysajan kulutus siten, että eräkoko nostaa varaston haluttuun tasoon. Toisaalta EOQ:n kaavaa voidaan myös soveltaa optimaalisen täydennysvälin määrittämiseen. (Babai & Dallery 2009; Rushton et al. 2006. s. 206)

Staattisten varastonohjausmenetelmien vahvuutena on niiden yksinkertaisuus. Toisaalta heikkoutena on niiden heikko varautuminen satunnaisiin kysyntäpiikkeihin. Varsinkin pitkässä toimitusketjussa kysyntäpiikit aiheuttavat haasteita varastonohjaukseen. Häiriöitä voitaisiin välttää ennustamisella ja laajemmalla tiedon jakamisella toimitusketjussa. (Rushton et al. 2006. s. 207-209)

Kanban-ohjaus

Kanban perustuu Just-In-Time -tuotantofilosofiaan, jossa pyritään imuohjauksella poistamaan hukkaa tuotantoprosessista ja toimittamaan materiaaleja vain

tarpeeseen. Toisin sanoen kanban-ohjauksen tarkoituksena on tehdä pienen eräkoon täydennyksiä juuri niihin paikkoihin, jossa tuotetta tarvitaan. Menetelmän hyötynä on muun muassa pienemmät varastotasot, lyhyet kiertoajat ja riippumattomuus kysyntäennusteista. (Myerson 2012. s. 62-63; Rushton et al. 2006. s. 184-185) Kanban-ohjausta voidaan soveltaa tuotannossa työvaiheiden välillä, materiaalien liikuttamisessa ja varastojen täydentämisessä yrityksen ulkopuoliselta toimittajalta. (Ross 2015. s. 398) Tässä diplomityössä kanban-ohjausta käsitellään varastojen täydentämisen näkökulmasta.

Kanban-ohjaus voidaan toteuttaa joko Kanban-korteilla, tai jollakin visuaalisella menetelmällä. Täydennyserät tilataan, kun tilauspiste alitetaan. (Myerson 2012. s. 62) Yleinen visuaalinen tilauspiste on kaksilaatikkomenetelmä, jossa ensimmäisen laatikon tyhjennyttyä tilataan täydennyserä. Toinen laatikko siis toimii tilauspisteenä ja varmuusvarastona. Kaksilaatikkomenetelmä soveltuu erityisesti halvoille ja yksinkertaisille tai pienen volyymin komponenteille, jolla on lyhyt täydennysaika. Menetelmän etuna on yksinkertainen ohjaus, joka säästää aikaa ja kustannuksia. (Slack et al. 2010. s. 362; Ross 2015. s. 366; 398-399) Toisaalta visuaalinen tilauspiste voi olla esimerkiksi viivat seinässä, joiden alituttua tilataan täydennys. Täydennyseräkoot voivat perustua muun muassa EOQ-menetelmään. Kanban-kortit sisältävät tietoja täydennyksestä, kuten eräkoon ja paikan, jossa nimikkeitä tarvitaan. Kortit toimivat joko manuaalisina tai elektronisina. Varastotason ylläpito voidaan antaa myös toimittajan vastuulle. Tässä järjestelyssä toimittaja seuraa asiakkaan varastotasoja ja puutostilanteissa tekee automaattisesti täydennykset. (Myerson 2012. s. 62)

Ennusteisiin perustuvat mallit

Ennusteisiin perustuvissa malleissa tarkoituksena on pyrkiä arvioimaan tuleva kysyntä siten, että varastotasot saadaan optimoitua mahdollisimman hyvin (Rushton et al. 2006. s. 213). Käytännössä kysyntäennusteet perustuvat erilaisiin kvalitatiivisiin ja kvantitatiivisiin menetelmiin tai niiden yhdistelmiin. Kuitenkin historiallisten tietojen käyttö tuottaa aina laskelmiin epävarmuutta. Lyhyen aikavälin ennustaminen on yleensä tarkempaa kuin pitkän. Jos epävarmuus

ennusteissa on suurta, voi olla kannattavampaa käyttää staattisia varastonohjausmalleja. Ennustamista voidaan helpottaa laajemmalla tiedon jakamisella toimitusketjussa. (Babai & Dallery 2009; Li 2007. s. 125)

Ennusteita voidaan tarkastella kolmella komponentilla: satunnais-, kausi- ja trendivaihtelulla. Satunnaisvaihtelua esiintyy epäsäännöllisesti, eikä sitä voida ennustaa. Kausivaihtelua tapahtuu tiettyinä aikoina kalenterivuodessa, esimerkiksi vuodenaikojen mukaan. Laajimpana komponenttina on trendivaihtelu, jossa tarkastellaan pitkän aikavälin, esimerkiksi useamman vuoden, kysynnän kehittymistä. (Chopra & Meindl 2013. s. 193; Rushton et al. 2006. s. 214).

Babai & Dallery (2009) sisällyttävät artikkelissaan ennusteisiin perustuviin menetelmiin erilaisia dynaamisia ohjausmenetelmiä. Näissä menetelmissä sovelletaan staattisia tilauspiste- ja tilausvälimalleja siten, että myös kysyntäennusteet otetaan huomioon. Lisäksi MRP-ohjausta voidaan käyttää ennusteperusteisesti.

Materiaalintarvelaskenta (MRP)

Tässä diplomityössä MRP:llä tarkoitetaan materiaalintarvelaskentaa (eng. Material Requirements planning eli MRP I). MRP:llä voidaan tarkoittaa myös Manufacturing Resource planning -ohjelmistoa (MRP II), jossa materiaalintarvelaskennan lisäksi mukana laajempaa tuotannon kapasiteetin suunnittelua ja taloudellisia näkökulmia. Nykyisin nämä MRP-ohjelmat on usein sisällytetty toiminnanohjausjärjestelmään (eng. Enterprise Resourse Planning, ERP), johon on integroitu laajasti kaikki yrityksen toiminnot. (Vrat 2014. s. 160)

Materiaalintarvelaskenta on tietokoneohjattu menetelmä, jolla yritys pystyy laskemaan materiaalien tarpeen. MRP toimii hyvin epäsäännöllisessä kysynnässä, ja se sopii niin kokoonpanojen, kuin yksittäisten komponenttien ohjaamiseen. Järjestelmä auttaa myös toimitusajan arvioimisessa asiakkaalle. (Segerstedt 2006; Vrat 2014. s. 156)

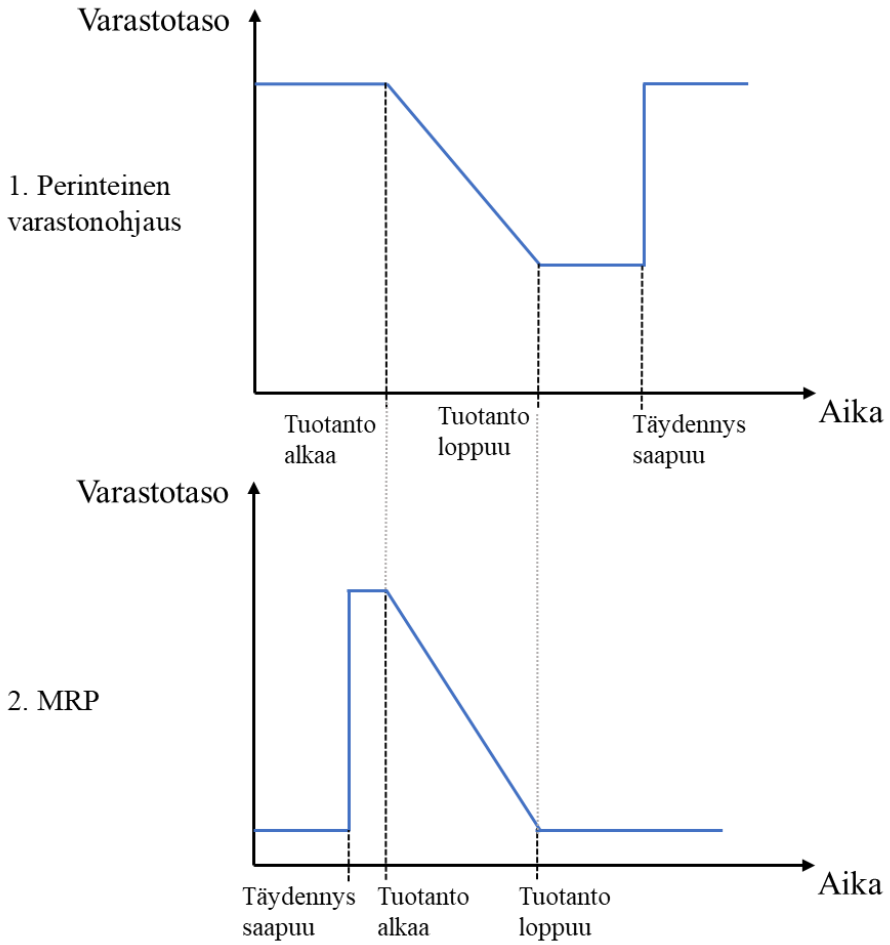
MRP-ohjaus kertoo, paljonko nimikeitä tulee tilata sekä tilaus- ja valmistusaikataulun, mutta se tarvitsee kuitenkin syötetietoja kolmesta lähteestä; valmistusohjelmasta (eng. Material Production Schedule, MPS), varastotiedoista ja tuoterakenteista. (Fogarty et al. 1991. s.337; Vrat 2014. s. 157) Valmistusohjelma eli MPS käyttää jo tiedossa olevia asiakastilauksia ja myyntiennusteita sekä tuotantokapasiteettia määrittääkseen tuotantosuunnitelman tietylle tuotteelle. Tuloksena MPS syöttää MRP:lle tiedot tuotantomäärästä ja aikataulusta. (Vollmann et al. 2005. s. 149;152) Varastotiedoista selviää, mikä on nykyinen varastotaso tarvittaville komponenteille ja paljonko niitä on jo tilauksessa. Jos varastossa ei ole tarpeeksi komponentteja, MRP laskee, kuinka paljon niitä pitää tilata lisää, jotta tuote voidaan valmistaa suunnitelman mukaisesti. (Vollmann et al. 2005. s. 190; Vrat 2014. s. 157)

Viimeisenä lähdetietona MRP tarvitsee tuoterakenteet (eng. Bill of Materials, BOM). BOM on periaatteessa tuotteen osaluettelo, jossa kerrotaan, millaisia alikokoonpanoja ja komponentteja nimike sisältää. Varsinkin kokoonpanoihin ja laajaan varioitavuuteen perustuvat tuotantomuodot saattavat mahdollistaa lukemattomia erilaisia tuotekokoonpanoja. Nämä modulaarisuuteen perustuvat tuoterakenteet tuovat oman haasteensa tuotannonsuunnitteluun. (Vollmann et al. 2005. s. 163-165)

MRP kertoo nimikkeiden tarvittavan määrän sekä aikataulun, ja varaston täydennykset tapahtuvat sen mukaisesti (Segerstedt 2006). Optimaalisen täydennyseräkoon määrittämiseksi voidaan käyttää erilaisia matemaattisia kaavoja. Esimerkiksi EOQ toimii hyvin, jos kysyntä on suhteellisen tasaista (Vrat 2014. s. 163-164).

Verrattuna tilauspisteohjaukseen, materiaalintarvelaskennalla päästään alhaisempiin varastotasoihin, sillä tiedossa olevat tilaukset tunnetaan. (Fogarty et al. 1991. s.359). Kuvassa 6 havainnollistetaan näiden ohjausmenetelmien eroavaisuutta. Perinteisessä tilauspisteohjauksessa varastotaso laskee hetkellisesti, kun tuotanto aloitetaan. Materiaalintarvelaskennassa taas tyypillinen varastotaso

pystytään pitämään matalana, koska täydennykset ajoitetaan saapuvaksi juuri ennen aiottua tuotannon aloittamishetkeä. Tämän jälkeen varastotaso palaa normaaliksi. (Waters 2009. s. 273-274)



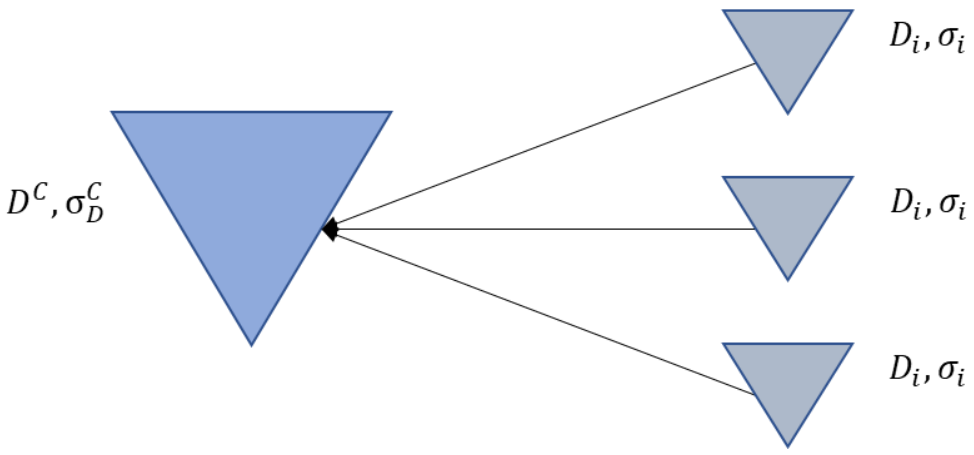
Kuva 6. Perinteisen varastonohjauksen ja materiaalintarvelaskennan varastotasojen vertailu (Waters 2009. s. 274)

MRP:n haasteina on tiettyihin olettamiin perustuvat laskelmat. Menetelmä esimerkiksi olettaa, että toimitusaika on vakio ja tilatut nimikkeet ovat laadultaan riittäviä sekä tuoterakenteet ja varastotasot pitävät paikkansa. Virheet syöttötiedoissa ja yllättävät sattumat siis sotkevat järjestelmän toimintaa. (Vrat 2014. s. 159) Materiaalintarvelaskennassa epävarmuuteen voidaan varautua käyttämällä varmuusvarastoa tai varmuustoimitusaikoja. Varmuustoimitusajat ovat laskennassa käytettyjä todellista pidempiä toimitusaikoja, jolloin pienet myöhästymät täydennyksissä eivät haittaa. (Vollmann et al. 2005. s. 203)

3.3 Pooling-efektin hyödyntäminen varastojen keskittämisessä

Varastojen keskittämisessä ja tehostamisessa voidaan hyödyntää teoriaa pooling-efektistä eli yhdistämisvaikutuksesta. Hopp (2011. s. 151) määrittelee pooling-periaatteen seuraavasti: ”yhdistämällä vaihtelun lähteet siten, että ne voivat jakaa yhteisen puskurin, alennetaan tarvittavien kokonaispuskureiden määrää tietyllä suorituskyvyllä”. Oeser (2015. s. 7-8) kertoo, että pooling-efektiä voidaan toimitusketjujen tapauksessa hyödyntää yhdistämällä yksittäiset kysynnän tai toimitusaikojen vaihtelut, jolloin pienennetään kokonaisvaihtelua ja siten epävarmuutta. Vaihtelua kuvataan usein keskihajonnalla.

Pooling-efektissä keskitetyn puskurin pienentyminen perustuu siihen, että yksittäiset toisistaan riippumattomat vaihtelut kumoavat toisensa, jolloin kokonaisvaihtelu tasoittuu. Toimitusketjussa yksi tyypillinen tapa hyödyntää pooling-efektiä, on keskittää varastot yhteen. (Hopp 2011. s. 150; 154) Keskittäminen laskee juuri tarvittavan varmuusvaraston tasoa, sillä kysynnät jakavat yhteisen puskurin. Kuvassa 7 esitetään, kuinka *n* määrän hajautettujen varastojen yhdistäminen vaikuttaa keskusvaraston kysyntään ja sen keskihajontaan. Jokaiseen hajautettuun yksikköön kohdistuu kysyntä D_i, jonka keskihajonta on σ_i. Kun kysynnät ja keskihajonnat yhdistetään, saadaan kokonaiskysyntä D^C ja kokonaiskysynnän keskihajonta σ_D^C. Oletuksena on, että kysynnät ovat normaalisti jakautuneita. (Chopra & Meindl 2013. s. 342)



Kuva 7. Varastojen yhdistäminen pooling-periaatteella

Kokonaiskysyntä saadaan summaamalla kaikki yksittäiset kysynnät yhteen kaavan 4 mukaisesti.

$$D^C = \sum_{i=1}^{n} D_i \quad (4)$$

Kokonaiskysynnän keskihajonta lasketaan hyödyntämällä kysynnän varianssia kaavalla 5:

$$\sigma_D^C = \sqrt{var\,(D^C)} \quad (5)$$

Jos kysynnät ovat toisistaan riippumattomia eli niiden korrelaatio on nolla, voidaan σ_D^C laskea kaavalla 6. Jos taas kysynnät riippuvat toisistaan, se pitää ottaa laskennassa huomioon. Kysyntöjen korreloidessa toistensa kanssa, se heikentää pooling-efektin tuomaa hyötyä. (Chopra & Meindl 2013. s. 342-343)

$$\sigma_D^C = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \sigma_i^2} \quad (6)$$

Koska keskitettyyn varastoon kohdistuva kysynnän keskihajonta on pienempi kuin hajautetussa mallissa, varmuusvaraston taso voidaan pitää alempana ilman, että palveluastetta lasketaan (Oeser 2015. s. 5). Varmuusvaraston taso lasketaan palveluasteeseen perustuvalla kaavalla 7, jossa nyt käytetään kokonaiskysynnän keskihajontaa σ_D^C. (Chopra & Meindl 2013. s. 342)

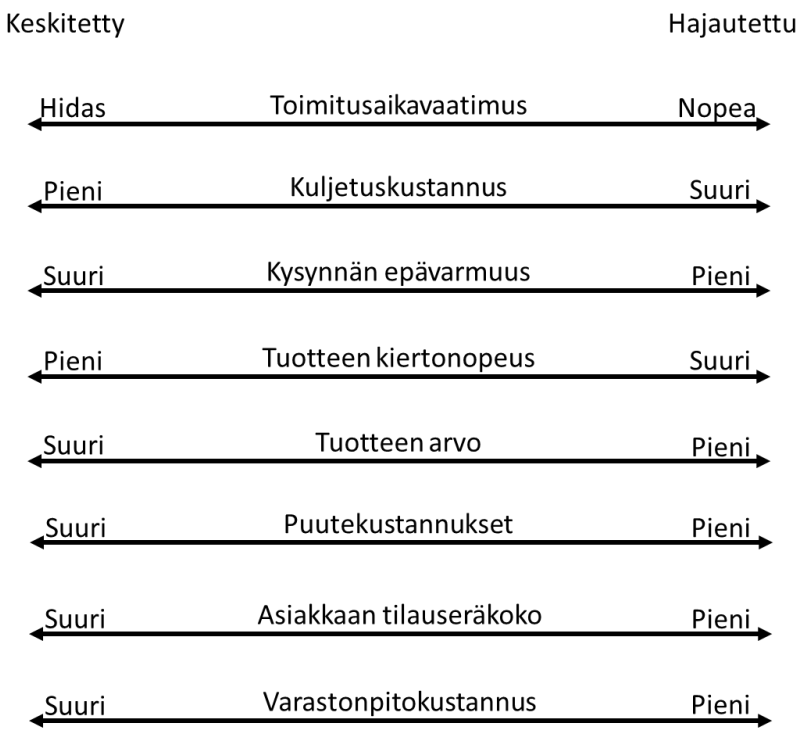
$$SS = Z * \sigma_D^C * \sqrt{L} \quad (7)$$

Varastojen keskittämisessä huomioitavat tekijät

Vaikka keskittäminen voi laskea varmuusvarastojen tasoa, kaikissa tapauksissa se ei ole optimaalista kokonaisuuden kannalta. Chopra & Meindl:n (2013. s. 344) mukaan kaksi merkittävintä haastetta keskittämisessä ovat toimitusajan kasvaminen asiakkaalle sekä lisääntyneet kuljetuskustannukset. Nämä johtuvat siitä, että hajautetussa mallissa varastot sijaitsevat lähempänä asiakasta, mutta

keskittäessä välimatka kasvaa. Oeser (2015. s. 26) lisää vielä, että keskittämisessä saatavuuden heikentyminen voi johtaa myös myynnin vähenemiseen. Keskittämisen kannattavuutta toimitusketjun kannalta pitää siis pohtia tarkasti eri näkökulmasta.

Päätökseen tuotteiden sijoittamisesta keskitettyyn tai hajautettuun varastointiin vaikuttavat monet tekijät. Kuvaan 10 on koottu yhteenveto varastojen keskittämiseen oleellisesti vaikuttavista tekijöistä. Ensimmäinen huomioitava asia on asiakkaan toimitusaikavaatimus. Jos tuotetta tarvitaan välittömästi, kannattaa tuote sijoittaa hajautettuun varastoon lähelle asiakasta. Jos tuotetta ei tarvita heti, se voidaan sijoittaa keskusvarastoon. (Chopra & Meindl 2013. s. 346-347) Yrityksen kannalta oleellista on tarkastella tuotteen kuljetuskustannuksia asiakkaalle. Jos yksittäisen tuotteen kuljetuskustannus asiakkaalle on alhainen, voi olla kannattavaa toimitusketjun kokonaiskustannusten kannalta lähettää se keskusvarastolta. Jos taas yksitäistentuotteiden kuljettaminen on kallista, kannattaa varastot hajauttaa ja siirtää tuotteet suurissa erissä. (Chopra & Meindl 2013. s. 427-430)



Kuva 8. Varastojen keskittämiseen vaikuttavat tekijät

Chopra & Meindl (2013. s. 346-347) kertoo, että kysynnän tasaisuudella on suuri vaikutus keskitetyn varmuusvaraston suuruuteen. Jos kysyntä vaihtelee paljon, on kannattavampaa keskittää tuote yhteiseen puskuriin, jolloin samalla kokonaisvarastotaso laskee merkittävästi. Jos taas kysyntä on tasaista ja helposti ennustettavissa, keskittämisellä ei saada aikaan merkittäviä etuja. Tällöin hajautettumalli sopii paremmin. Kysynnän tasaisuus liittyy läheisesti myös kiertonopeuteen ja volyymiin, sillä tasaisen kysynnän tuotteilla monesti on suuri kiertonopeus ja päinvastoin. Usein kysytyt tuotteet on kannattavampaa pitää asiakkaan lähellä, ja harvoin kysytyt voidaan luontevasti keskittää.

Tärkeää on huomioida nimikkeiden arvo, sillä keskittämisestä saatu taloudellinen hyöty on sitä suurempi, mitä kalliimpia tuotteet ovat (Chopra & Meindl 2013. s. 347). Lisäksi puutekustannusten vaikutus kannattaa huomioida tuotteiden sijoittelua suunnitellessa. Jos puutekustannukset ovat suuret, voidaan puutetilanteiden todennäköisyyttä helposti vähentää keskittämällä. (Oeser 2015. s. 19) Lopuksi Chopra & Meindl (2013. s. 430) kertovat, että keskittämistä puoltavat myös asiakkaan tilauseräkoko ja varastopitokustannukset.

Yhteenvetona voidaan todeta, että toimitusketjun ja varastojen rakenteita suunnitellessa päätöksiin vaikuttavat monet tekijät. Esimerkiksi vaikka keskittämisellä saataisiin pienennettyä varastotasoja, tulee ottaa huomioon, miten päätös vaikuttaa asiakkaaseen muilla tavoin. Yritys voi muokata eri tyyppisille tuotteille erilaiset toimitusstrategiat.

Muita keinoja hyödyntää pooling-efektiä toimitusketjujen tehostamiseksi

Varastojen keskittämisen lisäksi pooling-efektiä voidaan soveltaa muillakin tavoin toimitusketjuun kohdistuvan epävarmuuden vähentämiseksi sekä toiminnan tehostamiseksi. Näitä menetelmiä ovat mm. virtuaalinen keskittäminen (eng. virtual pooling), komponenttien yhtenäistäminen (eng. component commonality) ja viivästyttäminen (eng. postponement). Lisäksi muita tapoja voivat esimerkiksi olla tilausten, kuljetusten ja kapasiteettien yhdistäminen. Virtuaalisessa keskittämisessä periaatteena on viestintäteknologiaa hyödyntämällä tasoittaa kysyntää

toimitusketjussa ja parantaa tuotteen saatavuutta ilman varastojen lisäämistä. Jos esimerkiksi yhdessä hajautetusta varastosta on tuote loppunut, asiakas voi helposti etsiä seuraavaksi lähimmän pisteen ja hankkia sen sieltä. Näin pystytään yhdistämään hajautetut varastot ja pooling-efekti. (Chopra & Meindl 2013. s. 345; Hopp 2011. s. 155; Oeser 2015. s. 10)

Komponenttien yhtenäistämisessä tuotekokoonpanot suunnitellaan siten, että ne sisältävät samoja komponentteja. Näin voidaan laskea varastotasoja ilman, että erilaisten loppukokoonpanojen määrää vähennetään. Pooling-efektin vaikutuksesta vähäisemmän komponenttimäärän kysyntä on helpompi ennustaa, jolloin varmuusvarastot voidaan pitää alhaisena tuotteen saatavuutta heikentämättä. Lisäksi komponenttien valmistaminen ja hankinta yksinkertaistuvat. (Chopra & Meindl 2013. s. 350; Hopp 2011. s. 126; Oeser 2015. s. 11)

Viivästyttämisessä päätöstä tuotteen räätälöinnistä viivytetään lähemmäs myyntihetkeä, jolloin loppukysyntä tunnetaan paremmin. Viivästyttämisen idea on sama kuin komponenttien yhtenäistämisellä, jossa vähäisemmän tuotevariaatiomäärän varastoiminen ja käsitteleminen on yksinkertaisempaa. Viivästyttäminen on tehokas tapa tarjota asiakkaalle suurta tuotevariaatiomäärää lyhyellä toimitusajalla ja pienillä tuotanto- ja varastointikustannuksilla. (Chopra & Meindl 2013. s. 350-351; Hopp 2011. s. 157; Oeser 2015. s. 12)

3.4 ABC-analyysi

ABC-analyysi on yleinen varastonhallinnan työkalu. Menetelmä perustuu 20/80-sääntöön, jossa yksinkertaistettuna esimerkiksi 20 % tuotteista tuo 80 % kokonaismyynnistä. Menetelmällä nimikkeet jaetaan ABC-luokkiin, jolloin vertailu on helppoa. Analyysia voidaan käyttää esimerkiksi materiaalinohjauksen kehittämisessä. (Slack et al. 2010. s. 362-363; Sakki 2009. s. 90-91) Lähteistä riippuen ABC-analyysin luokittelujen rajat ja perusteet ovat hieman erilaisia. Sakki (2009. s. 91) käyttää luokittelun perusteena seuraavaa jakoa:

- A-tuotteet = 50 % kumulatiivisesta myynnistä tai kulutuksesta
- B-tuotteet = seuraavat 30 % myynnistä tai kulutuksesta
- C-tuotteet = seuraavat 18 % myynnistä tai kulutuksesta
- D-tuotteet = viimeiset 2 % myynnistä tai kulutuksesta
- E-tuotteet = ei myyntiä tai kulutusta

ABC-analyysia tehdessä täytyy huomioida, että myynti tai kulutus ei anna aina oikeaa kuvaa nimikkeen tarpeellisuudesta. Varsinkin uusien tuotteiden kohdalla kestää aikaa ennen kuin ne sijoittuvat oikeaan luokkaa. Toinen huomioitava asia on erikoistuotteet, joita ei välttämättä ole tarkoitus edes varastoida. Nimikkeiden luokittelu voikin vaihdella tarkastelujaksojen välillä, joten on tärkeää tunnistaa nimikkeiden erityispiirteet ja ottaa ne huomioon luokittelussa. (Sakki 2009. s. 92)

ABC-luokittelua voidaan lisäksi laajentaa ottamalla käsittelyyn XYZ-luokat, jotka voivat perustua esimerkiksi tapahtumamääriin. ABC- ja XYZ-analyysit voidaan yhdistää matriisiluokitteluksi, jolla pystytään hahmottamaan eri tyyppiset tuotteet paremmin. (Sakki 2009. s. 96-97)

A-tuotteet ovat kalliita ja niiden ohjaaminen vaatii erityistä huomiota. Yrityksen A- ja B-tuotteita kannattaa ostaa jatkuvana virtana pienissä erissä ja pyrkiä taloudellisiin täydennyseräkokoihin. Halvat C-tuotteet taas eivät tarvitse niin paljoa huolenpitoa, joten niiden käsittelyä tulee tehostaa. Niiden tilauksissa voidaan esimerkiksi hyödyntää automaatiota ja suurempia eräkokoja tai käyttää yksinkertaisia varastonohjausmenetelmiä, kuten kaksilaatikkomenetelmää. (Ross 2015. s. 338; Sakki 2009. s. 95; Waters 2009. s. 362-363) Rushton et al. (2006. s. 203) kertoo kirjassaan, että ABC-analyysia voidaan käyttää varmuusvarastojen tason määrittämiseen. Esimerkiksi A-nimikkeille voidaan pitää korkeaa palveluastea, mutta C-nimikkeillä jo huomattavasti alempaa. Kiertämättömästä varastosta tulisi pyrkiä eroon.

4 MATERIAALINOHJAUS KOHDEYRITYKSESSÄ

Neljäs luku on osa diplomityön nykytila-analyysia. Luvussa esitellään diplomityön kannalta oleelliset elementit yrityksen tilaus-toimitusprosessista, materiaalivirroista sekä varastonohjausmenetelmistä. Tavoitteena on saada riittävä käsitys yrityksen toiminnasta.

4.1 Kohdeyrityksen tilaus-toimitusprosessi

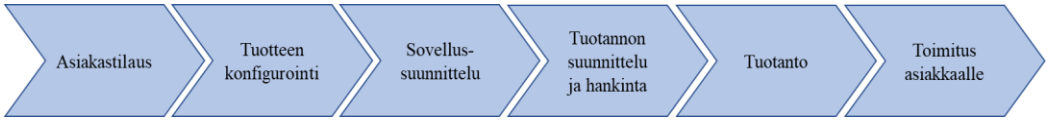
Kohdeyrityksen päätuotteet ja palvelut liittyvät erilaisiin teollisuuden pumppaus- ja sekoitinratkaisuihin. Yrityksessä tuotteet ja toiminta perustuvat tuotekonfigurointiin, joka tarkoittaa sitä, että esimerkiksi pumput rakentuvat ennalta suunnitelluista modulaarisista kokoonpanoista. Lopullinen kokoonpano rakennetaan asiakastoiveiden mukaisesti.

Konfiguroitavat tuotteet jaetaan A-, B- ja C-luokkiin. A-kokoonpanot ovat vakiokokoonpanoja ja siten yksinkertaisia valmistaa. B-luokassa tuotetta varioidaan hieman vakiokokoonpanoista poiketen, jolloin tarvitaan enemmän suunnittelua. C-tuotteilla asiakkaalle räätälöidään tuote, joka voi poiketa vakiopumpuista merkittävästi. Asiakas voi esimerkiksi toivoa erikoisempia komponentteja tai materiaaleja. Mitä yksilöidympi kokoonpano myydään, sitä haastavampi se on suunnitella ja toteuttaa. Tämä näkyy lopulta korkeampana hintana. Yrityksen ERP-järjestelmään on integroitu konfiguraattoriohjelma, joka konfigurointisäännöillä ohjaa tuotteen suunnittelua ja varmistaa, että se on valmistettavissa. Lopulta konfiguraattori luo tilaukselle tuoterakenteen (BOM).

Kohdeyrityksen tilaus-toimitusprosessi alkaa asiakkaan tilatessa tuotteen. Tällöin myyjä rakentaa asiakkaan tarpeiden ja vaatimusten mukaisen kokoonpanon käyttäen myyntikonfiguraattoriohjelmaa. Konfiguraattori luo tilaukselle tuoterakenteen konfigurointisääntöjen mukaisesti. Tämän jälkeen tilaus siirtyy sovellussuunnittelijalle, joka tarkistaa, että kokoonpano on rakennettu sääntöjen

mukaisesti ja tuote voidaan valmistaa. Jos kokoonpano vaatii esimerkiksi A-tuotteesta poikkeavia ratkaisuja, sovellussuunnittelija kehittää tarvittaessa sellaisen.

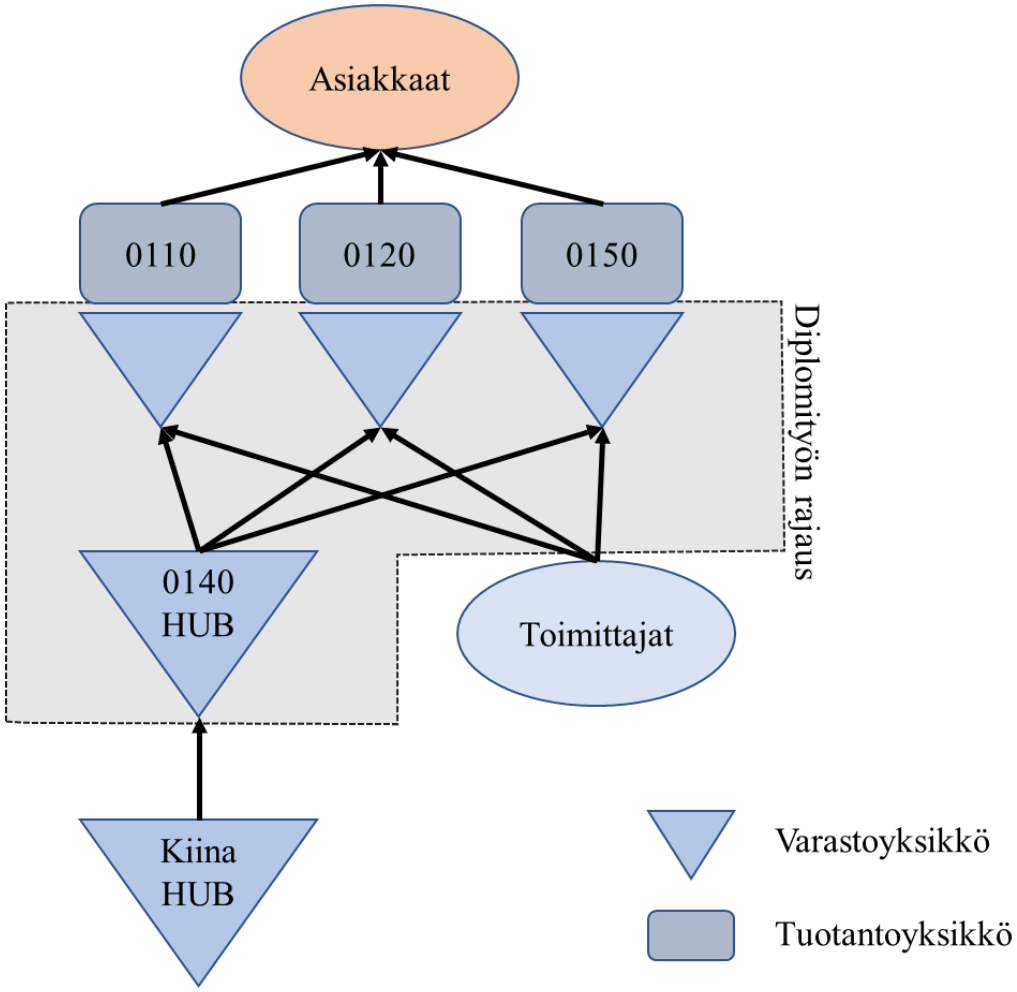
Seuraavat vaiheet tilaus-toimitusprosessissa ovat hankinta, tuotanto ja toimitus. Yrityksen pumput rakentuvat monista konfiguroitavista moduuleista, esimerkiksi valetuista pumpun osista, moottorista sekä kytkimestä. Lisäksi nämä moduulit ovat itsessään vielä konfiguroitavissa. Esimerkkinä asiakasvaatimuksien mukaan valitaan pumpulle koko, materiaali ja oikeanlainen moottori. Koska erilaisia variaatioita on lukemattomia, valmiita moduuleja ei voi juurikaan varastoita. Yleisimpiä komponentteja ja puolivalmiita valuosia taas voidaan varastoida. Asiakkaan tilauksen jälkeen puuttuvat osat hankitaan toimittajilta. Riippuen osista ja toimittajista, toimitusaika voi olla pitkä. Tärkeimpiä hankittavia komponentteja ovat valuosat, joista osa tulee Kiinasta ja osa paikalliselta valimolta. Tuotannonsuunnittelussa ja aikataulutuksessa oleellista on huomioida toimitusajat. Lopuksi kokoonpano valmistetaan ja toimitetaan asiakkaalle. Kuvassa 11 on yhteenveto yrityksen tilaus-toimitusprosessista.



Kuva 9. Kohdeyrityksen yksinkertaistettu tilaus-toimitusprosessi

4.2 Materiaalivirrat

Kuvassa 10 esitetään kohdeyrityksen diplomityön kannalta oleellisimmat materiaalivirrat. Materiaalivirta alkaa Kiinasta, jossa yrityksellä on valimo ja tuotantoa. Merkittävä osa valuista valmistetaan Kiinassa. Oman tehtaan ja muiden kiinalaisten toimittajien tuottamat komponentit keskitetään Kiinan HUB-varastoon.



Kuva 10. Kohdeyrityksen materiaalivirrat ja diplomityön rajaus

Seuraavaksi materiaalit siirretään Suomen HUB-varastoon eli toimituskeskukseen (0140). Toimitusaika Kiinasta Suomeen on kahdeksan viikkoa. Täältä materiaalit, joita tässä diplomityössä kutsutaan FT4-nimikkeiksi, toimitetaan tuotantolaitosten omiin varastoihin (0110, 0120, 0150). 0140, 0110 ja 0150 sijaitsevat samalla tehdasalueella Kotkassa, mutta 0120 on sopimusvalmistajan tuotantolaitos Mäntässä. Toimituskeskuksen tarkoitus on toimia keskusvarastona, josta tehdään täydennykset Suomen tuotantoyksiköihin. Toimituskeskuksen lisäksi tuotantoyksiköihin tehdään toimituksia suoraan suomalaisilta toimittajilta. Suomalaisten toimittajien materiaaleja ovat mm. valut ja pienet komponentit, kuten ruuvit ja mutterit. Tuotantoyksiköissä tilaukset kokoonpannaan, jonka jälkeen ne toimitetaan asiakkaille.

Tässä diplomityössä tarkastellaan materiaalivirtaa vain toimituskeskuksesta (0140) ja suomalaisilta toimittajilta tuotantolaitosten materiaalivarastoihin (0110, 0120, 0150). Tuotantoa tai siitä eteenpäin tilausten toimitusta asiakkaalle ei käsitellä. Seuraavaksi esitellään tarkemmin nämä kolme tuotantoyksikköä.

0110 Pumpputehdas (Kotka)

0110 on kohdeyrityksen Kotkassa sijaitseva pumpputehdas, jossa valmistetaan suuri osa tuotteista. Erilaisia tuotteita on paljon ja ne voivat olla kooltaan suuria. Tehdas koostuu useista tuotantopisteistä, joissa valmistetaan tiettyjä tuotteita. Varastot on pääasiassa hajautettu ympäri tehdasrakennusta tuotantopisteiden yhteyteen.

0120 Pumpputehdas (Mänttä)

Mäntässä sijaitsee yrityksen sopimusvalmistaja, jonka rooli tilaus-toimitusprosessissa on ainoastaan valmistaa tuotteet. Asiakas siis ostaa tuotteen kohdeyritykseltä, joka käsittelee tilaukset, suorittaa sovellussuunnittelun ja komponenttien hankinnan. Hankitut komponentit, kuten valuosat, varastoidaan kohdeyrityksen omistamassa varastossa Mäntässä. Alihankkijan rooli tuotannossa perustuu valujen koneistamiseen sekä kokoonpanoon. Kun kokoonpano on valmis, se siirretään Kotkaan, jossa se pakataan ja lähetetään asiakkaalle. Mäntän pumpputehtaalla kokoonpannaan vain kahta erilaista pumpputyyppiä, jotka ovat kokoluokaltaan pieniä. Kotkan ja Mäntän välillä kulkee päivittäin kuljetusauto, ja toimitusaika toimipisteiden välillä on korkeintaan yksi vuorokausi.

0150 Huoltokeskus

Viimeinen tarkasteltava kohde on 0150 eli Suomen huoltokeskus. Huoltokeskuksen tarkoituksena on palvella kohdeyrityksen asiakkaita tarjoamalla heille huoltopalveluita. Huoltopalveluihin kuuluu varaosien tarjoaminen sekä laitteiden korjaaminen ja huolto. Toimintaan kuuluu kuitenkin myös tuotantoa, jossa esimerkiksi valuosat koneistetaan asiakkaan laitteeseen sopivaksi. Pääosin varastot koostuvat vapaassa käytössä olevista varaosista sekä sopimusasiakkaille erityisesti varatuista varaosista.

4.3 Varastonohjaus

Kohdeyrityksellä on käytössään useita varastonohjausmenetelmiä, jotka riippuvat varastosta sekä materiaalien luonteesta. Yrityksen käyttämät varastonohjaus-menetelmät esitellään seuraavaksi.

Kanban

Kanban-ohjauksessa materiaaleja täydennetään, kun niiden tilauspiste alittuu. Käytännössä yrityksen kanban-nimikkeet toimivat usein kaksilaatikko-menetelmällä, jolloin yhden laatikon tyhjentyessä tilataan täydennyserä. Täydennyksen aikana toinen laatikko toimii täydennysajan varmuusvarastona. Tätä menetelmää hyödynnetään pääasiassa pienien kokoonpanoihin sisältyvien komponenttien sekä tuotteisiin kuulumattomien tarvikkeiden, kuten työhanskojen ja suojalasien, ohjaamisessa. Monilla komponenteilla toimittajat tarkkailevat varastotasoja ja tekevät tarvittavat täydennykset itsenäisesti. Toimittajat ovat paikallisesti toimivia, sillä kanban-menetelmä vaatii lyhyttä toimitusaikaa.

MRP

Kohdeyrityksen MRP-ohjaus noudattaa teoriassa esitettyjä periaatteita. MRP käyttää tietoa toteutuneista tilauksista. Kun yritys saa tilauksen, toiminnanohjausjärjestelmä laskee aikataulun hankinnalle ja tuotannolle siten, että tuote on toimitettavissa asiakkaalle sovittuna ajankohtana. Ohjelma siis laskee, milloin materiaalit täytyy tilata ja tekee siitä ehdotuksen hankintaosastolle. Laskennan kannalta on tärkeää tuntea materiaalien toimitusajat. Ohjelma tarvitsee lisäksi tiedon nykyisistä varastotasoista sekä tuoterakenteista. MRP-ohjatut nimikkeet kuuluvat niin sanottuun vapaaseen varastoon, jossa ne ovat vapaasti otettavissa eri tilauksille.

MRP-ohjatuilla materiaaleilla voidaan pitää varmuusvarastoja, mutta se ei ole pakollista. Toimituskeskuksessa MRP-ohjatuilla nimikkeillä varmuusvarasto lasketaan yksinkertaisesti täydennysajan kulutuksena. Tarvittaessa puskureiden kokoa voidaan kasvattaa erilaisilla kertoimilla, esimerkiksi kaksin- tai

kolminkertaiseksi. Näillä kertoimilla ei ole varsinaisia sääntöjä. Malli ei siis perustu teoriaosiossa esiteltyyn palveluastemenetelmään. Tuotantoyksiköissä varmuusvarastot ei useinkaan pohjaudu johdonmukaisesti määriteltyihin laskentakaavoihin vaan puskureiden koko saattaa esimerkiksi olla yksi kappale tai yhden täydennyseräkoon verran. Täydennysaika on usein tarkoituksella arvioitu hieman todellista pidemmäksi, millä varaudutaan mahdollisiin myöhästymiin. Periaatteessa MRP-ohjauksessa ei tarvittaisi varmuusvarastoja, jos tilaukset tunnettaisiin ja aikatauluissa pysyttäisiin. Yrityksellä tärkein syy ylläpitää puskureita liittyykin juuri toimitusaikojen epävarmuuteen ja asiakkaille luvattuihin kiireellisiin toimitusaikoihin.

Ennusteohjautuvat nimikkeet

Ennusteohjausta käytetään erityisesti nopeasti kiertävillä suuren kulutuksen materiaaleilla sekä kalliilla strategisesti tärkeillä nimikkeillä. Ennusteohjaus on MRP-menetelmä, joka ottaa huomioon tiedossa olevien tilausten lisäksi kulutusennusteet. Ero MRP-ohjaukseen on siinä, että toiminnanohjausjärjestelmä osaa arvioida tulevaa kulutusta ja tilata täydennyksiä sen mukaan. Historiaan pohjautuva kulutusennuste lasketaan tarkastelujaksojen kulutusten liukuvana keskiarvona, jota tarkennetaan erilaisilla optimointiparametreilla.

Lisäksi ennusteohjausmenetelmä laskee ja tekee ehdotuksen varmuusvaraston optimaalisesta tasosta automaattisesti kuukausittain. Ennusteohjautuvien materiaalien laskentakaavassa varmuusvaraston taso määritetään palveluasteen ja kysynnän ennustetarkkuuden perusteella. Palveluaste perustuu teoriaosiossa esitettyyn täydennysajan puutostilanteiden todennäköisyyteen. Kysyntäennusteiden tarkkuus taas tarkoittaa ennustevirhettä historiallisen datan ja toteutuneen kulutuksen välillä.

Asiakastilaukselle tilattavat nimikkeet

Asiakastilaukselle tilattavat nimikkeet eli yrityksen sisällä niin kutsutut ”tilausnumero-ohjautuvat” materiaalit toimivat MRP-ohjauksella ja periaatteet ovat samat. Erona MRP-ohjaukseen asiakastilaukselle tilattavat nimikeet on kohdistettu

vain tietyille tilauksille, eivätkä ne ole vapaassa käytössä. Taustalla on tarve saada juuri oikeat osat kokoonpanoille, esimerkiksi dokumentoinnin kannalta. Lisäksi nimikkeiden kohdentaminen tietyille tilauksille selkeyttää materiaalinohjausta tuotannossa. Tätä ohjaustapaa käytetään vain 0110-, 0120- ja 0150-tuotantolaitoksilla.

Nimikkeiden jako varastoitaviin ja tilausohjautuviin materiaaleihin

Neljän varastonohjausmenetelmän lisäksi materiaalit jaetaan tässä diplomityössä varastoitaviin ja tilausohjautuviin nimikkeisiin. Varastoitaviksi nimikkeiksi luetaan ne, joilla ylläpidetään varmuusvarastoa eli toisin sanoen niitä pidetään jatkuvasti varastossa. Tilausohjautuvia nimikkeitä ovat taas ne, joilla ei ole varmuusvarastoa. Näitä materiaaleja tilataan vain tarpeeseen. Tilausohjautuvat nimikkeet eivät kuitenkaan tarkoita pelkästään asiakastilaukselle tilattavia materiaaleja, vaan myös muilla menetelmillä ohjattuja tarpeeseen tilattuja komponetteja, vaikkei niitä toiminnanohjausjärjestelmässä ole varsinaisesti kohdistettu tietylle kokoonpanolle. Keskusvarastoa muodostettaessa nämä kaksi ohjausperiaatetta otetaan huomioon eri menetelmin.

Täydennyseräkoot

Varastonohjauksessa osalle materiaaleista on määritelty vakiotäydennyseräkoot. Usein täydennyseräkoot on pyritty määrittelemään siten, että ne ovat toimittajan kannalta tehokkaasti valmistettavissa sekä ne ovat pakattavissa järkevästi, esimerkiksi yhdelle kuormalavalle. Myös taloudelliset näkökulmat on otettu huomioon. Joillakin nimikkeillä voi olla erilaiset täydennyseräkoot eri varastoissa, sillä kulutus niissä vaihtelee. Tilausohjautuvilla, suurilla ja arvokkailla materiaaleilla vakiotäydennyseräkoko on monessa tapauksessa asetettu yhteen kappaleeseen. Toki materiaaleja voidaan tilata samalla kerralla enemmänkin, jos tarvetta on.

5 VARASTOINNIN NYKYTILA-ANALYYSI

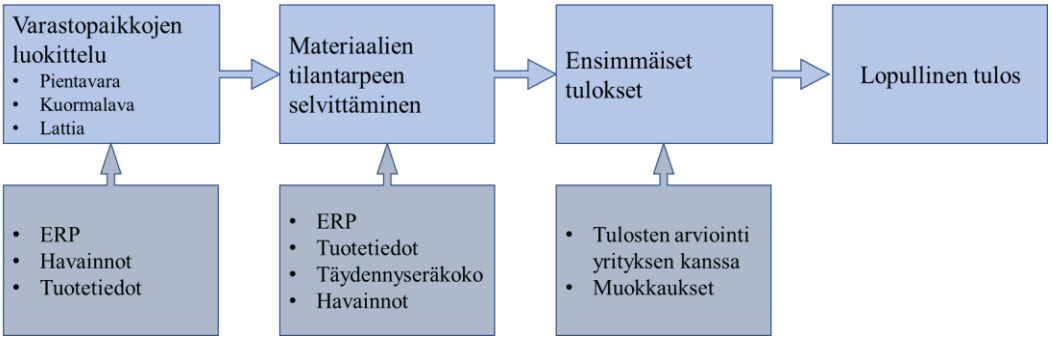
Tässä luvussa esitellään kohdeyrityksen varastoinnin nykytila-analyysin tulokset sekä kuvaillaan, kuinka tutkimus on toteutettu. Luvun tavoitteena on vastata diplomityön ensimmäiseen tutkimuskysymykseen, joka on ”miten nykyiset varastot ovat muodostuneet ja miten ne toimivat?”. Nykytila-analyysi on tehty kohdeyrityksen varastojen keskittämistä varten. Tuloksena tunnetaan perusteet yrityksen varastojen rakenteista sekä hahmotetaan, kuinka paljon tilaa yksittäiset materiaalit tarvitsevat. Analyysin tuloksia käytetään diplomityön seuraavassa vaiheessa.

5.1 Tutkimuksen toteutus

Nykytila-analyysissa selvitettiin muun muassa nykyiset varastotasot, materiaalien tilantarve ja kulutukset. Tutkimus kohdistettiin neljään tutkittavaan varastoon; 0110, 0120, 0140 ja 0150. Tutkimusaineisto perustuu SAP-toiminnanohjaus-järjestelmästä saatavaan numeeriseen aineistoon. Aineisto ladattiin SAP:sta heti diplomityön alkamisen yhteydessä ja varastotasojen osalta se kuvaa vain tämän tietyn hetken tilannetta. Kuitenkin tulosten todetaan kuvaavan riittävällä tarkkuudella varaston nykytilaa. Materiaalien kulutuksissa otos rajattiin koskemaan vuotta 2018. Varastotasot ja kulutustiedot selvisivät suhteellisen helposti numeerisen aineiston pohjalta.

Jotta keskusvaraston tuleva tilantarve voidaan määrittää, tarvitsee ensin tuntea paljonko eri materiaalit käyttävät varastotilaa. Materiaalien tilankäytön arvioiminen pohjautuu numeeriseen aineistoon, mutta tietoa on käsitelty monella eri tavalla. Kuvassa 11 on esitetty materiaalien tilankäytön selvittämisen päävaiheet ja käytetyt menetelmät. Tilankäytön arvioiminen jakautui kahteen vaiheeseen, jotka olivat nimikkeiden varastopaikkojen luokittelu ja materiaalien tilantarpeen selvittäminen. Koska nimikkeitä oli useita tuhansia, mahdollisuutta jokaisen yksittäisen nimikkeen analysoimiseen ei ollut, vaan niitä käsiteltiin materiaaliryhmissä.

Materiaaliryhmät ovat yrityksen tapa luokitella samankaltaiset nimikkeet yhteen. Merkittävämpiä komponentteja, kuten valuosia tarkasteltiin tarkemmin. Analyysi pyrittiin tekemään johdonmukaisilla periaatteilla, mutta eroavaisuudet varastoinnin lähtötiedoissa ja materiaalien luonteissa pakottivat soveltamaan erilaisia menetelmiä eri varastoille ja nimikkeille. Merkittävimmät poikkeukset analysoinnissa on kuvattu varastokohtaisiin tuloksiin. Alustavat tulokset esiteltiin yritykselle ja niiden todenmukaisuutta arvioitiin. Arvioinnin pohjalta muokattiin lopulliset tulokset.



Kuva 11. Nykytila-analyysin vaiheet ja käytetyt menetelmät

Varastopaikkojen luokittelu

Laskemisen yksinkertaistamiseksi materiaalien varastointityypit luokiteltiin koon perusteella pientavara-, kuormalava- ja lattiasäilytykseen. Luokittelu on tarkoituksella karkea, jotta laskenta olisi yksinkertaista. Todellisuudessa materiaalien varastointi ei täysin noudata tätä luokittelua ja niitä voidaan varastoita muillakin tavoilla. Jos nimikkeitä ei pystytä luokitella näihin kolmeen tyyppiin, ne on jätetty luokittelematta. Näiden nimikkeiden osuus on kuitenkin erittäin pieni.

Pientavaraluokitteluun kuuluu kokonsa puolesta pienet materiaalit, joita pääasiassa säilytetään pientavaralaatikoissa tai -hyllyillä. Tämän varastointiluokan tilantarpeen oletetaan olevan kolmasosa yhden metrin leveästä pientavarahyllystä tai siihen mahtuva säilytyslaatikko. Varastopaikkaan kohdistuva maksimimassa rajoitetaan 50 kilogrammaan eli kolmasosaan hyllyjen tyypillisestä painorajasta.

Materiaalien kuormalavasäilytyksen lähtökohtana on EUR-lava, jonka mitat ovat 800mm x 1200mm. Kuormalavapakkausten korkeus voi vaihdella riippuen esimerkiksi lavakauluksien lukumäärästä. Korkeutta ei kuitenkaan ole laskelmissa tarkemmin huomioitu. Usein 0140-varastossa nimikkeet pakataan tiiviimmin ja käytetään korkeampia pakkauksia kuin muissa varastoissa. Massansa puolesta rajoittava tekijä varastoinnissa on kuormalavahyllyjen rajoitukset, jotka vaihtelevat tapauskohtaisesti merkittävästi. Ohjeellisena painorajana yhdelle kuormalavalle laskelmissa käytetään 600 kilogrammaa, johon ei sisälly itse lavan massaa.

Varastointityyppien luokittelussa suurin tilantarve on lattiasäilytyksessä olevilla materiaaleilla. Lattiasäilytyksessä olevat materiaalit ovat joko kokonsa, tai massansa puolesta liian suuria kuormalavasäilytykseen. Muuta rajoittavaa tekijää ei ole. Nimensä mukaisesti nämä materiaalit varastoidaan lattialla.

Luokittelussa lähtökohtana oli toiminnanohjausjärjestelmästä saatava tieto nimikkeiden varastopaikoista tai -alueista, joista pystyi selvittämään säilytystavan. Aina tätä tietoa ei kuitenkaan ollut käytettävissä. Muita luokitteluperusteita olivat mm. omat havainnot ja tuotetiedot. Puutteellisista tiedoista johtuen käytetyt menetelmät vaihtelivat.

Materiaalien tilantarpeen selvittäminen

Seuraava vaihe nykytila-analyysissä oli materiaalien tilantarpeen selvittäminen, jossa laskettiin, kuinka paljon tilaa nimike tarvitsee. Materiaalien tilantarpeen määrittäminen oli haastavaa, sillä todelliseen materiaalien säilytykseen harvoin on määritelty täsmällisiä pakkauskokoja, eikä tilankäyttöä ole optimoitu. Nykytila-analyysissa arvioiminen tehtiin numeerisen aineiston pohjalta ja monessa tapauksessa päätelmät olivat subjektiivisia näkemyksiä. Tärkeimpinä lähtökohtina nykyisen tilankäytön arvioinnissa ovat materiaalien koko ja massa. Muita käytettyjä lähtökohtia olivat muun muassa tiedossa olevat vakiotäydennyseräkoot, valukomponenttien piirustukset sekä omat havainnot.

Pientavaraluokituksen materiaaleille annettiin aina vähintään yksi kokonainen varastopaikka. Varastopaikojen määrän laskemisessa massa oli tärkein määrittävä tekijä, koska yhden pientavarapaikan maksimimassa on 50kg. Näiden nimikkeiden tarkempi varastopaikkojen määrän arvioiminen on haastavaa, sillä monessa tapauksessa koko- ja massatietoja ei ollut saatavavilla. Tämä aiheuttaa tuloksiin epätarkkuutta, koska nyt käytetty menetelmä saattaa esimerkiksi antaa saman tilantarpeen täydelle 50 kg painavalle pientavaralaatikolle ja 100 gramman painoiselle asiakastilaukselle tilattavalle komponentille. Kuitenkin todettiin, että pientavaroiden suuresta määrästä ja pienestä merkityksestä johtuen, niiden tutkimiseen ei kannattanut käyttää tässä kohtaa liikaa aikaa.

Kuormalavojen määrä selvitettiin tarkkaan, koska niiden määrä on suuri ja tilankäyttö merkittävää. Lisäksi yrityksessä tunnetaan nykyinen kuormalavapaikkojen määrä suhteellisen tarkasti, mistä saadaan hyvä vertailukohta. Menetelmät kuormalavapaikkojen määrän selvittämiseen riippuvat tutkittavasta varastosta ja saatavilla olevasta tiedosta. Kuormalavasäilytyksessä olevat materiaalit ovat pääasiassa tärkeitä komponentteja, joten niistä on usein saatavilla hyvät tuotetiedot. Esimerkiksi valuosille oli suhteellisen helppo tehdä arviot, koska massa oli tiedossa ja koon pystyi tarvittaessa etsimään piirustuksista. 0140- ja 0150-varastoilla nykyiset materiaalien tilankäytöt saatiin suurimmaksi osaksi laskettua suoraan numeerisesta aineistosta. Tuotantovarastoilla 0110 ja 0120 puutteellisten varastointitietojen vuoksi analysointi oli haastavampaa.

Suuremmilla ja painavimmilla materiaaleilla tarvittavien kuormalavojen määrää on pystytty arvioimaan suhteellisen tarkasti. Pienempien materiaalien varastopaikkojen määrä arvioitiin karkeasti painon perusteella. Taulukossa 2 on esitetty tapa, jolla pienimassaisille nimikkeille määriteltiin tilantarve kuormalavalla. Jos kaikkien näiden materiaalien yhteispaino on alle 20 kg, niiden ajatellaan tarvitsevan tilaa 0,2 kuormalavan verran. Jos paino asettuu 20 kg ja 50 kg väliin, tarvitaan puolikas lava. 50 kg tai painavammille kuormille annetaan kokonainen varastopaikka. 50 kg jättää massan puolesta kuormalavan vajaaksi, mutta todellisuudessa harvat varastopaikat ovat pakattu täyteen. Esimerkiksi

koneistettuja valukomponentteja ei pinota päällekkäin, koska halutaan välttää käsiteltyjen pintojen vahingoittuminen.

Käytännönesimerkkinä varastossa on kolme samaa 10 kilogrammaa painavaa juoksupyörää, joiden yhteismassa on 30 kg. Näin ollen laskentaperiaatteiden mukaan sen tilantarve on puolikkaan kuormalavapaikan verran. Tämä menetelmä huomioi heikosti suurien, mutta kevyiden materiaalien tilantarpeen. Kuitenkin todetaan, että menetelmä kuvaa riittävällä tarkkuudella todellisuutta.

Taulukko 2. Pienien materiaalien kuormalavapaikkojen laskentaperiaate

Materiaalien massa	**Kuormalavojen määrä**
50 kg ≤ Massa	1
20 kg ≤ Massa < 50 kg	0,5
Massa < 20 kg	0,2

Keskusteluissa ja tulosten arvioinnissa huomattiin, että käytetty laskentamenetelmä tuotantovarastojen 0110 ja 0120 osalta antoi liian pienen kuormalava-varastopaikkojen määrän todellisuuteen verrattuna. Johtopäätöksenä todettiin, että syynä oli osittain oletus liian tiiviistä pakkaamisesta. Tuotannossa materiaaleja ei pääsääntöisesti pakata yhtä tiiviisti kuin 0140-varastossa, koska komponenttien määrät ovat pienemmät ja väljempi pakkaaminen helpottaa käsittelyä. Lisäksi asiakastilaukselle tilattavia materiaaleja on helpompi käsitellä omilla lavoillaan. Korjaavana toimenpiteenä erityisesti asiakastilaukselle tilattavien pääkomponenttien osalta tilantarpeiden laskennassa pyrittiin ottamaan nämä erikoispiirteet huomioon.

Lattiapaikoilla on pääasiassa yksittäisiä suuria tai painavia nimikkeitä, joista jokainen saa oman varastopaikan. Toisaalta lattiapaikoille luokitellaan myös ne materiaalit, joiden fyysinen täydennyseräkoko sitä vaatii. Muita varastopaikkojen määrän arvioimisessa hyödynnettyjä menetelmiä ovat tuotetiedot ja omat havainnot.

Arviointi ja lopullisten tulosten muodostaminen

Nykytila-analyysin kolmannessa vaiheessa alustavat tulokset esiteltiin tutkittavien yksiköiden johtajille ja tuotantopäälliköille. Lisäksi nykytila-analyysin yhteydessä yksi tiedonkeruumuoto oli keskustelut yrityksen henkilöstön kanssa. Tarkoituksena näissä keskusteluissa oli arvioida tulosten todenmukaisuutta. Saatua palautetta käytettiin nykytila-analyysin tarkentamiseen ja lopullisten tulosten muodostamiseen.

5.2 0110 Pumpputehdas (Kotka)

0110 on kohdeyrityksen Kotkassa sijaitseva pumpputehdas, joka on jaettu kolmeen alavarastoon. 110 on tuotannon yhteyteen sijoitettu varasto, jossa säilytetään valmistettaviin kokoonpanoihin käytettäviä materiaaleja. 114-varastossa säilytetään turbokompressoreiden komponentteja, ja se sijaitsee toimituskeskuksen (0140) yhteydessä. 119-varastossa pidetään tuotteisiin kuulumattomia tarvikkeita, kuten työhanskoja, suojalaseja ja sorvinteriä. Tarvikevarastoja ei tarkemmin tutkita nykytila-analyysissä, sillä niiden merkitys ei ole oleellinen työn kannalta. Lisäksi toiminnanohjausjärjestelmästä ei ole saatavilla luotettavaa tietoa näistä materiaaleista.

Taulukossa 3 on yhteenveto pumpputehtaan tilanteesta. Taulukossa on lajiteltu alavarastoittain käytetyt varastonohjaustavat ja erilaisten nimikkeiden määrä. Seuraavaksi esitetään montako varastopaikkaa nämä nimikkeet tarvitsevat. Varastopaikat on luokiteltu pientavara-, kuormalava- ja lattiapaikoille. 0110:ssä on viisi erilaista varastonohjaustapaa; kanban, sisäinen kanban, asiakastilaukselle tilattava, ennusteohjautuva ja MRP. Sisäinen kanban on pumpputehtaan oma erikoisohjaustapa, jossa materiaaleja täydennetään yrityksen sisäisesti toimituskeskuksesta kanban-menetelmin. Yhteensä erilaisia nimikkeitä oli 4102.

Taulukko 3. 0110 Kotkan pumpputehtaan tilankäyttö

Varasto 0110	Ohjaustapa	Erilaisia nimikkeitä	Pientavara-paikat	Kuormalava-paikat	Lattia-paikat	Luokittele-mattomat nimikkeet (lkm)
110	Kanban	1 329	3 825	12		14
	Sisäinen Kanban	58	11	79		
	Asiakastilaukselle tilattava	448	162	414	24	2
	Ennusteohjautuva	49	69	6		
	MRP	1 994	1 370	739	18	6
	Yhteensä	**3 878**	**5 437**	**1 250**	**42**	**22**
114	Asiakastilaukselle tilattava	25	2	41	23	
	MRP	210	69	152	50	
	Yhteensä	**235**	**71**	**193**	**73**	
Yhteensä		**4 102**	**5 508**	**1 443**	**115**	**22**

Toiminnanohjausjärjestelmä antoi suurimmalle osalle materiaaleille varastopaikan hyllyn tai alueen tarkkuudella. Seuraavassa vaiheessa nämä paikat kartoitettiin, jolloin selvisi materiaalien varastopaikkojen luokittelu. Ne materiaalit, joiden säilytystavat eivät selvinneet kartoituksessa, luokiteltiin mm. tuotetietoja hyödyntämällä. Luokittelemattomiin nimikkeisiin kuuluvat esimerkiksi pitkät materiaalit tai muulla tapaa erikoiset, jotka on yksinkertaisempi jättää diplomityön karkean luokittelun ulkopuolelle.

Jokaiselle pientavaranimikkeelle annettiin aina yksi varastopaikka, ellei tarkempaa tietoa ollut saatavilla. Yhden pientavarapaikan rajoituksena oli maksimipaino 50 kg. Kanban-nimikkeille saatiin toiminnanohjausjärjestelmästä tarkka tieto varastopaikkojen määrästä. Yhteensä Kotkan pumpputehtaalla arvioidaan olevan 5 508 pientavarapaikkaa.

Kuormalavasäilytyksessä olevien materiaalien tilankäytön arvioiminen tehtiin materiaaliryhmittäin, koska oletettiin, että samankaltaisia nimikkeitä säilytetään samalla tavalla. Kuitenkin jokainen materiaali tutkittiin yksittäin. Komponenttien lavapaikkojen määrän arviot perustuvat painoon, kokoon, täydennyseräkokoihin sekä epäselvissä tapauksissa havaintoihin ja kokemukseen. Suuria ja merkittäviä materiaaleja käsiteltiin tarkemmin, mutta pienien komponenttien osalta käytettiin

taulukossa 2 esitettyä painon mukaista luokittelua. Lopputuloksena arvioidaan, että 0110-varaston tilantarve on 1443 kuormalavapaikkaa.

Tiedossa on, että alavarastossa 110 on noin 1800 EUR-lavapaikkaa, joiden käyttöaste on korkea. Saadut tulokset siis poikkeavat todellisesta tilankäytöstä. Syyksi arvioidaan se, että kuormalavoja harvoin pakataan täyteen. Tuotannossa väljempi pakkaaminen helpottaa materiaalien käsittelyä. Toinen vertailua vaikeuttava tekijä on laskutapa, jossa kaikki lavapaikat on vain laskettu yhteen. Esimerkiksi jos materiaalille on laskettu tilantarpeeksi 0,7 lavapaikkaa, tuotannossa se vie todellisuudessa yhden varastopaikan. Vielä nykytila analyysissä tuloksia ei kannata pyöristää vaan, vasta keskusvaraston muodostamisen yhteydessä. Jos kuitenkin ajatellaan, että puolikkaat lavapaikat pyöristetään kokonaisiksi, 110-alavaraston tulos nousisi 1355:een (ennen 1250). Tämäkin luku eroaa todellisuudesta, mutta tuloksen arvioidaan antavan oikeamman kuvan nimikkeiden tilantarpeesta.

Lattiapaikoille kuuluvat materiaalit määriteltiin pääasiassa massan tai koon perusteella. Osa luokitteluista pystyttiin tekemään toiminnanohjausjärjestelmästä saatavien tietojen avulla. Tyypillisiä nimikkeitä lattiasäilytyksessä ovat suurien pumppujen pesät sekä turbokompressoreiden rungot. Yhteensä nämä materiaalit tarvitsivat 115 lattiapaikkaa.

5.3 0120 Pumpputehdas (Mänttä)

Varasto 0120 sijaitsee Mäntässä kohdeyrityksen sopimusvalmistajan tiloissa. 120 on tuotannon yhteydessä toimiva alavarasto, jossa säilytetään pumppukokoonpanoihin sisältyviä komponentteja. Taulukossa 4 on esitetty 0120:n varastoselvityksen tulokset. Analyysin ensimmäinen vaihe oli nimikkeiden varastopaikkojen luokittelu. Haastavaa siitä teki puutteelliset tiedot toiminnanohjausjärjestelmässä, sillä vain noin 57 prosentilla materiaaleista varastoalueet oli kirjattuna. Tarkempi varastoalueiden ja varastointityyppien

tarkastelu tehtiin omilla havainnoilla tehdaskierroksen yhteydessä. Epäselvissä tapauksissa saatettiin vertailla, miten nimikkeet oli luokiteltu muissa varastoissa sekä hyödyntämällä tietoa nimikkeiden ko'oista ja painoista.

Taulukko 4: 0120 Mäntän pumpputehtaan tilankäyttö

Varasto 0120	**Ohjaustapa**	**Erilaisia nimikkeitä**	**Pientavara-paikat**	**Kuormalava-paikat**	**Lattia-paikat**	**Luokittele-mattomat nimikkeet (lkm)**
120	Kanban	465	1 150			1
	Asiakastilaukselle tilattava	397	85	410		1
	Ennusteohjautuva	84		165		
	MRP	1 209	570	632	20	
Yhteensä		**2 155**	**1 805**	**1 207**	**20**	**2**

Tehdaskierroksella huomattiin, että Mäntän pumpputehtaalla käytettiin koneistetuille pienille valuosille juuri niille tarkoitettuja hyllyjä. Näissä hyllyissä säilytettiin esimerkiksi sivulevyjä ja pesänkansia. Diplomityössä nämä nimikkeet luokitellaan pääasiassa kuormalavapaikoille. Varastopaikkojen määrän arvioimisessa käytettiin samoja menetelmiä kuin 0110-varastossakin.

Pientavarapaikkojen lukumääräksi arvioitiin 1 805, ja kuormalavoja oli 1207. Tiedetään, että varastossa on 2300 kuormalavapaikkaa automaattivarastossa ja 100 perinteisissä hyllyissä. Käyttöasteen kerrottiin olevan korkea. Analyysin tuloksissa ja todellisessa tilankäytössä oli huomattava ero. Koska käytetyt analysointimenetelmät ja varaston luonne on samanlainen kuin 0110:ssa, ero todelliseen tilankäyttöön selittyy osin samoilla syillä. Pyöristämällä tilantarpeita kokonaisiin varastopaikkoihin tulos saadaan hiukan lähemmäs todellisuutta. Laskelmissa on pyritty arvioimaan tehokasta kuormalavojen täyttöä. Tehdaskierroksella kuitenkin havaittiin, että todellisuudessa lavojen täyttöaste oli erittäin alhainen. Yrityksessä on todettu myös, että tiiviisti pakkaamalla materiaalit voidaan todennäköisesti tiivistää puoleen nykyisistä lavapaikoista. Johtopäätöksenä todetaan, että tulokset kuvaavat riittävällä tarkkuudella todellista tilankäyttöä ja ovat linjassa muiden analyysien kanssa.

Lattiapaikkoja on analyysin mukaan 20. Todellisuudessa Mäntän pumpputehtaalla oli enemmänkin nimikkeitä lattiasäilytyksessä, mutta niitä ei oltu merkitty kohdeyrityksen varastosaldoihin. Pääasiassa näitä nimikkeitä olivat moottorit.

5.4 0140 Toimituskeskus

0140 toimituskeskuksen tarkoituksena on toimia keskusvarastona ja läpikulkuvarastona Kiinasta saapuville materiaaleille. Toimituskeskuksessa on kaksi alavarastoa. 149 on nykyinen keskusvarasto, jossa säilytetään tuotteisiin kuuluvia komponentteja. 140:tä eli läpikulkuvarastoa ei työssä tarkastella.

Taulukkoon 5 on koottu toimituskeskuksen varastoselvityksen tulokset. 0140-varastossa käytetään materiaaleille vain MRP- ja ennusteohjausta. Erilaisia nimikkeitä on yhteensä 1765. Toimituskeskus poikkeaa muista tutkittavista varastoista siten, että siellä on käytössä varastonhallintajärjestelmä (WMS), joka sisältää tarkat tiedot nimikkeistä ja niiden varastopaikoista. Materiaalien luokittelu varastointityyppeihin ja varastopaikkojen selvittäminen pohjautuu pääasiassa näihin tietoihin. Kaikki 16 luokittelematonta nimikettä varastoidaan tappihyllyssä, jota ei oteta diplomityön rajaukseen mukaan.

Taulukko 5. 0140 Toimituskeskuksen tilankäyttö

Varasto 0140	**Ohjaustapa**	**Erilaisia nimikkeitä**	**Pientavara-paikat**	**Kuormalava-paikat**	**Lattia-paikat**	**Luokittele-mattomat nimikkeet (lkm)**
149	MRP	1 260	198	1 728	138	16
	Ennusteohjautuva	505	18	828	39	
Yhteensä		**1 765**	**216**	**2 556**	**177**	**16**

Pientavarapaikkojen määräksi saatiin 216, kuormalavoille 2 556 ja lattiapaikoille 177. Tiedossa on, että tarkasteluhetkellä toimituskeskuksessa oli käytössä 2 487 kuormalavapaikkaa, joten tuloksissa on pientä epätarkkuutta. Epätarkkuus johtuu laskentatavasta, jossa laskettiin monellako varastopaikalla tiettyjä nimikkeitä on. Todellisuudessa samalla varastopaikoilla saattaa olla useampiakin nimikkeitä, mikä

nostaa lukumäärää tuloksessa. Pientavaroiden varastopaikkojen määrä laskettiin samalla menetelmällä. Tulosten todetaan kuitenkin kuvaavan suhteellisen tarkasti todellista tilankäyttöä. Erona muihin varastoihin kuormalavapaikoilla käytetään useampia lavakauluksia ja materiaalit on pakattu tiiviimmin.

Lattialla tilankäytön arvioinnissa suurille ja painaville nimikkeille on annettu jokaiselle oma varastopaikka. Tällaisia ovat esimerkiksi pumppujen pesät. Toisaalta lattialla on myös nimikkeitä, jotka eivät painonsa puolesta ole liian suuria. Näitä ovat esimerkiksi perustuslevyt, jotka on pakattu vakioeräkokoihin. Yksi erä vie yhden lattiapaikan. Tulosten arvioidaan olevan suhteellisen tarkkoja.

5.5 0150 Huoltokeskus

0150 on kohdeyrityksen huoltokeskus, jonka alavarastoja ovat 150, 153, 158 ja 159. 150-varastossa säilytetään komponentteja varaosiksi. 153 on takaisinostovarasto, jossa pidetään käytettyjä asiakkailta takaisin hankittuja pumppukokoonpanoja. Näitä kokoonpanoja voidaan tarvittaessa myydä asiakkaille nopealla toimitusajalla. 158 on sopimusasiakkaiden varaosavarasto. Sopimusasiakkaat vaativat, että kohdeyrityksellä täytyy jatkuvasti olla tietty määrä komponentteja varastossa. 159:ssä säilytetään kokoonpanoihin kuulumattomia tarvikkeita, mutta niitä ei työssä tarkastella laajemmin.

Taulukossa 6 esitetään 0150-varaston tulokset. Tutkimuksen kannalta oleellisimpia varastoja ovat 150 ja 158, sillä niissä säilytetään kokoonpanoihin kuuluvia materiaaleja. Näille materiaaleille on myös olemassa selkeät varastonohjausmenetelmät. 153:ssa säilytetään valmiita kokoonpanoja, eikä niillä varsinaisesti ole varastonohjausmenetelmää. Takaisinostovaraston kokoonpanoilla ei juurikaan ole kulutusta. Yhteensä huoltokeskuksessa oli 7 780 erilaista nimikettä. Määrä on merkittävästi alempi kuin alavarastojen nimikkeiden summa, sillä varastot 150 ja 158 sisälsivät paljon samoja komponentteja.

Taulukko 6. 0150 Huoltokeskuksen tilankäyttö

Varasto 0150	Ohjaustapa	Erilaisia nimikkeitä	Pientavara-paikat	Kuormalava-paikat	Lattia-paikat	Luokittele-mattomat nimikkeet (lkm)
150	Kanban	359	572	61		
	Asiakastilaukselle tilattava	287	231	48	4	
	MRP	5 618	3 995	798	13	15
	Yhteensä	**6 264**	**4 798**	**907**	**17**	**15**
153	Ei ohjausta	**248**		**151**	**98**	
158	Kanban	2	2			
	Asiakastilaukselle tilattava	5	3	1		
	MRP	1791	803	282	4	3
	Yhteensä	**1 798**	**808**	**283**	**4**	**3**
Yhteensä		**7 580**	**5 606**	**1 341**	**119**	**18**

Huoltokeskuksessa ei ole käytössä varastonhallintajärjestelmää, mutta 150- ja 158-varastojen osalta suurin osa pientavara- ja kuormalavapaikoista on kirjattu selkeästi toiminnanohjausjärjestelmään, minkä perusteella nimikkeet oli helppo luokitella. Pientavaranimikkeiden tilankäyttö selvitettiin käyttämällä samoja periaatteita kuin muillakin yksiköillä, eli jokaiselle nimikkeelle vähintään yksi varastopaikkapaikka ja maksimipainona on 50 kg. Yhteensä pientavarapaikkoja oli 5 606.

Kuormalavapaikkojen määrä selvitettiin pääasiassa käyttämällä toiminnanohjausjärjestelmän tarjoamia tietoja. 150- ja 158-varastoissa kuormalavamateriaaleille noin 96 prosentille materiaaleista saatiin selkeät varastopaikat. Varastopaikat on selkeästi määritelty, sillä liiketoiminnan luonteelle on tärkeää, että materiaalit ovat nopeasti saatavissa ja saldot ajan tasalla. Ne lavapaikat, joilla oli useampia materiaaleja, jaettiin laskennallisesti käyttämällä tietoa painoista tai nimikkeiden lukumääristä. Muut lavapaikat sijaitsivat ympäri tehdasaluetta ja niiden tarkempi määrittäminen oli haasteellisempaa. Epäselvissä tapauksissa tilankäytön laskenta perustui tuotetietoihin, kuten painoon ja kokoon. Analyysin tulosten mukaan varastoissa 150 ja 158 tilankäyttö on 1 190 kuormalavapaikkaa. Lisättäessä 153:ssa olevat kokoonpanot, lopulliseksi tulokseksi saadaan 1 341. Koska suurin osa nimikkeiden tilankäytön laskennasta perustui tiedossa olevaan kuormalavapaikkojen määrään, tulosta pidetään

suhteellisen tarkkana. Koska tilantarpeet analysoitiin erilaisilla menetelmillä kuin tuotantovarastoilla 0110 ja 0120, materiaalien tilankäyttö voi olla tuloksissa hieman erilainen. Yhteensä lattiapaikkoja huoltokeskuksessa arvioidaan olevan 119, joista suurin osa sijaitsee takaisinostovarastossa (153). Nimikkeiden luokittelu ja tilankäytön arviointi perustui tietoon varastoalueesta, tuotetiedoista ja omista havainnoista.

5.6 Nykytila-analyysin yhteenveto

Nykytila-analyysin tarkoituksena oli tutkia yrityksen nykyisten hajautettujen varastojen muodostumista ja niiden toimintaa. Varastojen muodostumista tarkasteltiin erityisesti tilankäytön näkökulmasta. Rakennetta ja toimintaa hahmoteltiin selvittämällä alavarastot ja niiden luonteet sekä ohjausmenetelmät. Ohjausmenetelmät vaihtelivat yksiköistä ja alavarastoista riippuen. Diplomityöprosessin aikana yritys on kehittänyt ohjausmenetelmiään esimerkiksi siten, että ennusteohjautuvien nimikkeiden määrää on lisätty. Näin ollen tulokset saattavat poiketa hieman todellisuudesta.

Neljän varastonohjausmenetelmän lisäksi materiaalit voidaan jakaa varastoitaviin ja tilausohjautuviin nimikkeisiin. Kuten neljännessä luvussa kuvailtiin, yrityksen tuotteet jakautuvat vakiokoonpanoihin ja vakiokokoonpanoista poikkeaviin ratkaisuihin. Varastoitavia nimikkeitä ovat pääasiassa yleisimmät komponentit ja puolivalmiit kokoonpanot, joita ohjataan useimmiten MRP- ja ennusteohjauksella. Harvemmin kysytyt komponentit ovat usein tilausohjautuvia, joille ei ylläpidetä varmuusvarastoa. Vaikka tilausohjautuville materiaaleilla ei ylläpidetä varsinaista varastotasoa, ne muodostavat merkittävän osuuden kokonaisvarastotasosta ja sitä kautta tilankäytöstä. Keskusvarastoa muodostettaessa nämä kaksi ohjausperiaatetta otetaan huomioon eri menetelmin.

Yhteensä erilaisia nimikkeitä tarkastelussa oli yhteensä 11 999. Taulukkoon 7 on koottu yhteenveto varastojen nykyisestä tilantarpeesta. Kuten aiemmin on kuvailtu,

käytetyt analysointimenetelmät sisältävät tiettyä epätarkkuutta. Epätarkkuus on suurinta pientavaraluokitelluilla materiaaleilla, sillä niiden lähtötiedot ovat puutteelliset. Käytetty menetelmä esimerkiksi asettaa 50 kg painavan täyden laatikon saman arvoiseksi kuin yhden pienen tilausohjautuvan osan. Toinen haaste oli nimikkeiden koon huomioiminen ja todelliset säilytysmenetelmät. Tarkemman selvityksen tekeminen ei nähty tarpeelliseksi, koska pientavaroiden merkitys varastojen keskittämisvaiheessa on pieni.

Taulukko 7. Nykytila-analyysin tilankäytön yhteenveto

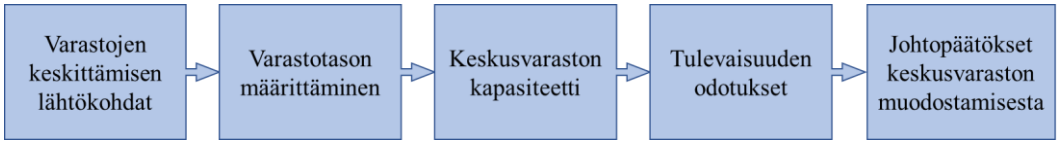
Varasto	Pientavara	Kuormalava	Lattia
0110	5 508	1 443	115
0120	1 805	1 207	20
0140	216	2 556	177
0150	5 606	1 341	119
Yhteensä	13 135	6 547	431

Kuormalava- ja lattiapaikkojen lukumäärän arvioidaan olevan riittävän tarkka, vaikkei se kuvaakaan todellista varastopaikkojen määrää. Syynä on se, että tuotantotiloissa materiaalit pakataan väljemmin, jotta niiden käsittely olisi sujuvampaa. 0140-varastossa taas materiaalit on pakattu huomattavasti tiiviimmin. Toisin sanoen samoille materiaaleille on saatettu arvioida erilaiset tilantarpeet. Keskusteluissa ja tulosten arvioinnissa tämä asia nousi esiin. Käytössä olevien lavapaikkojen osalta todellinen määrä on noin 8000. Keskusvarastoa suunniteltaessa onkin tärkeää huomioida materiaalien varastointiperiaatteet; tiivis pakkaaminen säästää tilaa, mutta samalla käsittely hankaloituu ja sitä kautta käsittelyn aiheuttamat kustannukset kasvavat.

Tilankäytön lisäksi nykytila-analyysissa kerättiin muitakin diplomityön kannalta oleellisia tietoja, kuten mm. kulutustiedot, toimitusajat, toimittajat ja varaston arvot. Seuraavassa diplomityön vaiheessa nykytila-analyysia ja sen tuloksia käytetään uuden keskusvaraston muodostamisen lähtökohtana. Tulokset antavat myös hyvän vertailukohdan, johon keskusvarastoa voidaan myöhemmin verrata.

6 KESKUSVARASTON MUODOSTAMINEN

Tässä luvussa arvioidaan, millainen tulevaisuudessa mahdollisesti kohdeyritykseen perustettava keskusvarasto voisi olla. Aluksi esitellään, mitkä ovat tämän keskusvaraston lähtökohdat, ja mitä keskittämisessä tulee ottaa huomioon. Luvussa vastataan kahteen tutkimuskysymykseen, jotka ovat ”millaiseksi keskusvaraston varastotasot muodostuvat?” ja ”mikä on keskusvaraston vaatima kapasiteetti?”. Kapasiteetilla tässä yhteydessä tarkoitetaan pientavara, kuormalava- ja lattiapaikkojen määrää. Keskusvaraston muodostamisessa hyödynnetään diplomityön teoriaosiossa esiteltyjä työkaluja sekä nykytila-analyysin tarjoamaa aineistoa. Keskusvaraston muodostamisen vaiheet on tiivistetty kuvaan 12.



Kuva 12. Keskusvaraston muodostamisen vaiheet

6.1 Keskusvaraston lähtökohdat

Kohdeyrityksen visiona on tulevaisuudessa perustaa keskusvarasto, jossa suuri osa toiminnoista olisi automatisoitu. Suuria lattialla säilytettäviä materiaaleja todennäköisesti käsiteltäisiin manuaalisesti kuten ennenkin. Tarkoituksena olisi, että tulevaisuudessa tuotantotiloissa ei enää varastoitaisi kokoonpanoihin kuuluvia komponentteja. Lisäksi tuotannossa pyrittäisiin entistä enemmän hyödyntämään setitystä eli tilausten komponentit olisi pakattu yhteen siten, että tämä setti voidaan toimittaa sellaisenaan suoraan kokoonpanoon. Nykyisin nämä materiaalit ovat hajallaan varastossa, joten komponentit pitää keräillä yksitellen ennen kokoonpanoa. Diplomityössä pyritään jo ottamaan nämä visiot huomioon, vaikkei niitä vielä lähitulevaisuudessa toteutettaisiinkaan. Keskittämisessä tavoiteltavia hyötyjä ovat muun muassa varastointiprosessin tehostaminen sekä kustannusten ja sitoutuneen pääoman alentaminen.

Keskusvarastoa muodostettaessa tärkeää on ensin pohtia, mitkä varastot ja materiaalit on järkevää keskittää. Teoriaosio tarjoaa viitekehyksen niistä tekijöistä, jotka kannattaa ottaa päätöksessä huomioon. Alan kirjallisuudessa keskittämistä käsitellään usein Lopputuotevarastojen ja jakelun näkökulmasta. Kohdeyrityksen tapauksessa keskitettävät varastot ovat kuitenkin materiaalivarastoja, eikä varasosia lukuun ottamatta tuotteita toimiteta suoraan asiakkaalle. Kuitenkin samat periaatteet pätevät myös kohdeyrityksen tapauksessa.

Merkittäviä kohdeyrityksen keskittämispäätöksessä huomioitavia tekijöitä ovat esimerkiksi materiaalien arvo ja kysynnän epävarmuus, sillä varastossa on erittäin arvokkaita puolivalmiita komponentteja, mutta toisaalta siellä on myös halpoja peruskomponentteja. Yrityksen laajaan tuotteiden varioituvuuteen perustuva tuotantomuoto taas on haastavaa kysynnän ennakoinnin ja varastoinnin kannalta. Lisäksi se, että yksi tuotantoyksikkö sijaitsee Mäntässä yhden vuorokauden toimitusajan päässä vaikuttaa keskittämisen tehokkuuteen ja kuljetuskustannuksiin. Toinen huomioitava erikoispiirre on varaosavarastojen palveluvaatimukset.

Keskittäminen päätettiin tehdä varastojen tasolla, eikä tarkempaa luokittelua nimikkeiden välillä tehty. Taulukkoon 8 on koottu yhteenveto keskitettävistä ja hajautettuna säilyvistä varastoista. Kaikki tuotannon tehdasvarastot, varaosavarasto ja nykyinen keskusvarasto (0140) päätettiin keskittää. Taustalla on yrityksen visio, jossa materiaaleja ei enää säilytettäisi tuotantotiloissa. Mäntässä sijaitseva 0120-varasto päätettiin keskittää pidemmästä välimatkasta huolimatta. Arvioitiin, että vuorokauden toimitusaika olisi riittävän lyhyt toimipisteiden välillä.

Sopimusasiakkaiden varaosavarasto 158 päätettiin pitää hajautettuna, sillä siihen kohdistuu palveluvaatimuksia, jotka ovat mm. tietty varastotaso ja toimitusnopeus. Näiden asioiden toimivuutta ei haluta vaarantaa. 150 on varaosien vapaavarasto, mutta silläkin täytyy olla vahva kyky palvella asiakasta. Jos tulevaisuudessa keskusvarasto perustetaan, näitä asioita täytyy tarkastella tarkemmin. Kuitenkin nyt tilantarpeen laskennassa otetaan huomioon nämä lähtökohdat.

Taulukko 8. Varastojen keskittämispäätökset

Varasto	Alavarasto	Varaston tyyppi	Hajautettu	Keskitetty
0110	110	Tehdasvarasto		X
	114	Tehdasvarasto		X
0120	120	Tehdasvarasto		X
0140	149	Toimituskeskus		X
0150	150	Varaosavarasto		X
	153	Takaisinostovarasto	X	
	158	Sopimusasiakkaiden varaosavarasto	X	

Keskitettävien varastojen lisäksi otettiin huomioon jo tässä kohtaa tulevaisuudessa tapahtuva setitys, jossa tilauksen komponentit toimitetaan yhdessä pakkauksessa suoraan kokoonpanoon. Tiedetään, että setitys tulee tapahtumaan yhden tietyn toimittajan materiaaleilla, jotka ovat tyypiltään pieniä ja halpoja komponentteja, kuten ruuveja ja muttereita. Nämä komponentit on poistettu keskusvaraston tarkastelusta, sillä niitä ei tulla säilyttämään siellä. Tarkoituksena on, että tulevaisuudessa tämä toimittaja toimittaa ne suoraan tuotantoon ilman varsinaista varastointia.

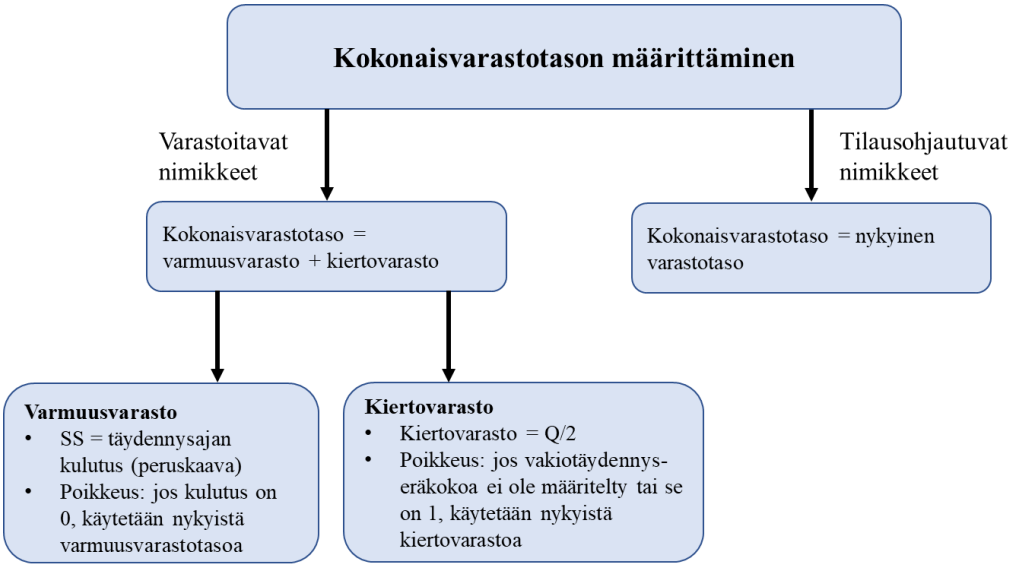
6.2 Varastotasojen määrittäminen

Keskusvaraston muodostaminen aloitettiin määrittämällä keskitettävät nimikkeet, joita yhteensä oli 8947. Ensimmäisenä vaiheena keskitetylle varastolle laskettiin uudet varastotasot. Tätä varten tarvittiin tiedot mm. nykyisistä varastotasoista, täydennyseräko´oista, kulutuksesta ja toimitusajoista. Tiedot saatiin nykytila-analyysin tuloksista.

Kuten teoriaosissakin on kerrottu, varastotasot yksinkertaistettuna muodostuvat varmuus- ja kiertovarastoista. Kohdeyritys ei kuitenkaan käytä varmuusvarastoja kaikilla nimikkeillään. Osalle nimikkeistä on määritelty vakiotäydennyseräkoot, mutta nekin voivat vaihdella riippuen toimipisteestä. Keskusvarastossa tulee olemaan diplomityön käyttämän varastosaldon mukaan 945 FT4-nimikettä. FT4-nimikkeitä säilytetään toimituskeskuksessa (0140), josta niitä toimitetaan muihin

tuotantolaitoksiin varastoitavaksi. Yksi keskittämisen keskeinen tavoite on poistaa tämä kaksinkertainen varastointi.

Kuvassa 15 on esitetty periaate, jolla keskitetty kokonaisvarastotaso on määritelty. Aluksi materiaalit jaetaan varastoitaviin ja tilausohjautuviin nimikkeisiin. Tilausohjautuvien nimikkeiden keskitettynä varastotasona pidetään nykytilannetta, sillä niiden määrää ei pystytä ennustamaan. Niillä ei usein myöskään ole määritelty vakiotäydennyseräkokoa, jolloin kiertovaraston arvioiminen ei myöskään ole mahdollista. Nyt oletetaan siis, että tilausohjautuvilla materiaaleilla nykytila kuvaa riittävällä tarkkuudella myös tulevaisuuden tilantarvetta. Tässä diplomityössä varastoitaviksi nimikkeiksi luokiteltiin ne materiaalit, joilla on nykyhetkellä varmuusvarasto jossakin yksikössä. Näille materiaaleille kokonaisvarastotaso muodostui varmuus- ja kiertovarastoista, joiden tarkemmat laskentaperiaatteet esitellään seuraavaksi.



Kuva 13. Keskusvaraston kokonaisvarastotasojen määrittämisen periaate

Varmuusvarastojen määrittäminen

Diplomityössä varmuusvarastojen määrittämiseen käytetään kahta menetelmää. Pääsääntöisessä menetelmässä hyödynnetään kohdeyrityksen nykyisin toimituskeskuksessa käyttämää yksinkertaista laskukaavaa, joka on seuraavanlainen:

$$SS = \frac{kulutus\ vuonna\ 2018 * täydennysaika\ päivissä}{365\ päivää} \quad (8)$$

Kaavassa varmuusvarasto perustuu täydennysajan kulutukseen, eikä siinä siten oteta huomioon puutostilanteiden todennäköisyyksiä tai kulutuksen tasaisuutta, kuten teoriassa esitetyssä palveluasteeseen perustuvassa menetelmässä.

Käytännössä joillekin nimikkeille tämä yrityksen käyttämän peruskaavan on todettu antavan riittämättömän tason varmuusvarastolle. Näissä tilanteissa tasoa on voitu korottaa käyttämällä kaavaan kerrointa, jolla puskuri nostetaan esimerkiksi kaksin- tai kolminkertaiseksi. Nopeasti kiertävillä suuren kulutuksen materiaaleilla sekä kalliilla strategisesti tärkeillä nimikkeillä yritys käyttää historialliseen kulutukseen perustuvaa ennusteohjausta. Ennusteohjauksen hyödyntämisen on koettu olevan tehokas keino alentaa varastotasoja heikentämättä saatavuutta.

Kohdeyritys ei ole aiemmin määritellyt varmuusvarastoaan teoriaosiossa esitellyllä palveluasteeseen ja kulutuksen keskihajontaan perustuvalla menetelmällä. Tämä hankaloittaa pooling-efektin mahdollistamien hyötyjen ottamista mukaan laskelmiin. Toiminnanohjausjärjestelmästä kuitenkin saatiin tietoon materiaalien kulutushistoria, joista pystyttiin laskemaan myös keskihajonnat. Varmuusvarastot olisi siis voitu määrittää tällä kaavalla. Ongelmana kuitenkin todettiin olevan optimaalisen palveluasteen määrittäminen, mikä olisi vaatinut paljon resursseja ottaen huomioon erilaisten nimikkeiden määrän, ja ettei yrityksellä ole kokemusta tämän menetelmän hyödyntämisestä. Johtopäätöksenä todettiin, että keskusvarasto muodostetaan kohdeyrityksen nykyisillä menetelmillä, jotta tuloksesta saadaan vertailukelpoinen nykyiseen malliin. Ennusteohjautuvaa laskentakaavaa ei laskennassa käytetä, sillä se on integroitu syvälle toiminnanohjausjärjestelmään, eikä sitä voi käyttää Excel-ympäristössä.

Pääsääntöisestä menetelmästä poikettiin niiden nimikkeiden osalta, joilla ei ollut vuoden 2018 aikana lainkaan kulutusta. Näitä nimikkeitä oli yhteensä 1140, joista 759 oli varaosia. Tulevaisuudessa varastoa optimoidessa tulee kiinnittää huomiota olemattoman kulutuksen materiaaleihin. Nyt näille materiaaleille kuitenkin

määritettiin nykyhetkellä olevat varmuusvarastojen tasot. Tärkeimpänä syynä tähän päätökseen oli se, että varaosavarastolla tulee olla riittävä kyky palvella asiakkaita. Toinen syy on se, että yhden vuoden kulutus ei välttämättä anna oikeaa kuvaa, sillä esimerkiksi säilytyksessä saattaa uusien tuotteiden komponentteja, joilla ei vielä vuonna 2018 ollut kysyntää.

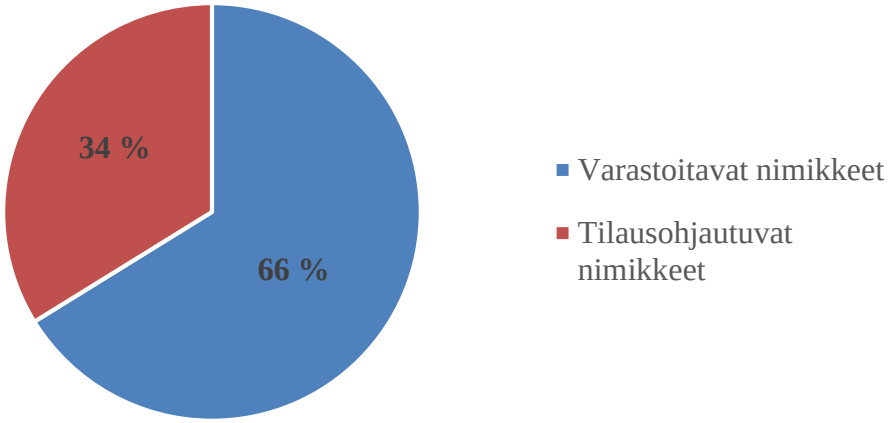
Kiertovarastojen määrittäminen

Teoriaosiossa kerrotaan kiertovarastojen olevan puolet täydennyseräkoosta. Kiertovarastojen koko määriteltiin pääsääntöisesti teorian esittämällä tavalla eli Q/2-säännöllä. Kohdeyrityksen kiertovarastojen määrittäminen oli kuitenkin paikoitellen haastavaa, sillä täydennyseräkoot saattoivat vaihdella yksiköstä riippuen. Keskusvarastossa nimikkeille valittiin täydennyseräkoi'oiksi toimituskeskuksen arvot, jos ne olivat määritelty. Muuten käytettiin muiden yksiköiden suurinta määriteltyä eräkokoa.

Pääsäännöstä poikettiin niiden nimikkeiden osalta, joilla vakiotäydennyseräkokoa ei ole ollenkaan määritelty tai jos sen koko oli yksi kappale. Poikkeusmateriaaleilla kiertovarastojen huomattiin olevan vaikeasti määritettävissä, joten niillä kiertovarasto pidettiin nykyisen kokoisena. Näin pyrittiin pitämään keskitetty varastomalli vertailukelpoisena todelliseen tilanteeseen nähden.

Yhteenveto keskitetystä kokonaisvarastotasosta

Keskitetyn varastotason määrittämisessä ei hyödynnetty nykyisiä ohjausmenetelmiä, vaan jako tehtiin varastoitavien ja tilausohjautuvien nimikkeiden välille. Näin ollen esimerkiksi kanban-materiaaleja poikkeuksellisesti käsitellään tilausohjautuvina nimikkeinä, koska niillä ei ole toiminnanohjaus-järjestelmässä varsinaista varmuusvarastoa. Kuvassa 14 on esitetty diplomityössä määritetyn keskusvaraston rakenne ohjausperiaatteiden suhteen. Keskusvarasto siis muodostuu 66 prosenttisesti varastoitavista nimikkeistä.

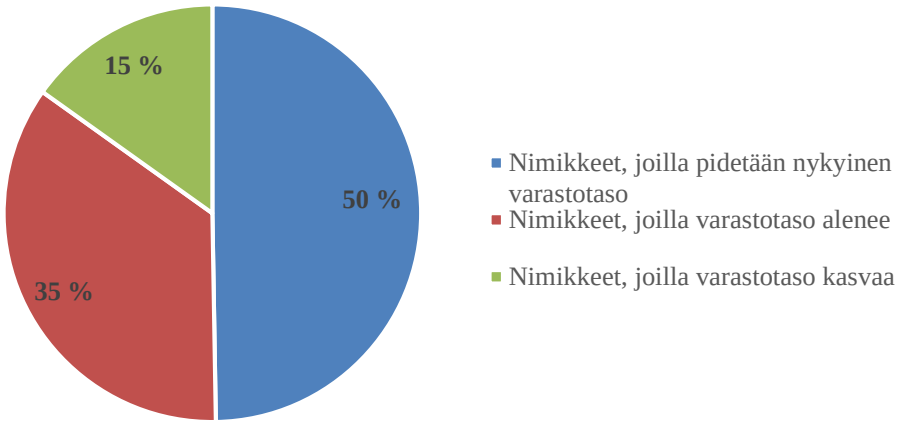


Kuva 14. Varastoitavien ja tilausohjautuvien erilaisten nimikkeiden määrän jakautuminen keskusvarastossa

Huomioitavaa on se, että keskitetty kokonaisvarastotaso perustuu vahvasti nykytilaan, sillä tilausohjautuvien nimikkeiden lisäksi nollakulutusnimikkeiden varmuusvarasto vastaa nykytilaa. Muuten varmuusvarastojen osalta peruslasku-kaava antaa usein suuremman puskurin kuin ennusteohjauksessa. Toisaalta myös nykyisten osin epäjohdonmukaisten määrittelykeinojen, kuten erilaisten kertoimien ja tuotannon käyttämien puskureiden, yhdenmukaistaminen johtaa muutoksiin keskitetyssä varmuusvaraston tasossa. Käytetyillä menetelmillä merkittävin muutos keskittämisessä on kaksinkertaisen varastoinnin poistuminen. Laskelmissa ei ole huomioitu pooling-efektin mahdollistamaa tehostamispotentiaalia.

Lisäksi kiertovarastojen laskutapa antaa teoreettisen keskimääräisen varastotason, mikä saattaa poiketa tarkasteluhetken tilanteesta. Todetaan kuitenkin, että todellisuudessa varastot heilahtelevat aina jonkin verran, eivätkä ne vastaa täysin teoriaa. Oletetaan kuitenkin, että käytetty menetelmä kuvaa todellisuutta riittävällä tarkkuudella. Yksi tulevaisuuden kehityskohteista varmasti onkin täydennyserä-kokojen kehittäminen, koska keskitetyssä mallissa ohjaustavat ja volyymit voivat muuttua. Varastojen kehittämistä käsitellään kuitenkin myöhemmin tässä diplomityössä.

Kuvassa 15 on esitetty yhteenveto, kuinka keskitetyt varastotasot muuttuvat verrattuna nykytila-analyysin tarkasteluhetkeen. Kuvasta huomataan, että 50 % nimikkeistä varastotasot pysyvät keskittämisessä ennallaan. Käytetyillä laskentamenetelmillä 35 % nimikkeistä varastotasot laskevat suhteessa nykytilaan ja 15 prosentilla kasvavat.



Kuva 15. Muutokset nimikkeiden varastotasoissa verrattuna nykytila-analyysin tarkasteluhetkeen

6.3 Keskusvaraston kapasiteetti

Seuraava vaihe keskusvaraston muodostamisessa on tilantarpeen arviointi, jossa tarkoituksena on hahmottaa tulevaisuuden varastoinnille riittävä kapasiteetti. Tilantarpeen laskenta perustui nykytila-analyysin tuloksiin. Vertailtaessa materiaalien varastopaikkojen luokittelua hajautetussa lähtötilanteessa, löydettiin 258 nimikettä, joiden varastopaikat oli luokiteltu eri varastoissa eri tavalla. Usein eroavaisuudet johtuivat nimikkeiden määrästä, koska esimerkiksi yksittäiset kappaleet saattoivat olla pientavarasäilytyksessä, mutta suurempi määrä samaa komponenttia oli toisessa varastossa kuormalavalla. Nämä luokittelut yhdenmukaistettiin.

Materiaaleille, joiden varastopaikkojenluokittelua ei tarvinnut yhdenmukaistaa, uudeksi tilantarpeeksi määriteltiin keskiarvo nykytila-analyysin tuloksista. Tämän menetelmän ajateltiin antavan paras kuva todellisuudesta, sillä nykytila-analyysissa materiaalien tilankäyttö oli laskettu eri menetelmillä, mikä aiheuttaa virhettä todellisuuteen verrattuna. Jo nykytila-analyysissä kuitenkin tiedostettiin, että materiaaleja pakataan eri tavoin eri varastoissa. Toimituskeskuksessa pakkaaminen on hyvin tiivistä, ja siellä hyödynnetään suurempia vakiotäydennyseräkokoja. Tuotannossa taas täydennyseräkoot ovat pienempiä ja tilankäyttö väljempää, jotta käsiteltävyys olisi sujuvaa. Keskusvaraston tilantarpeen määrittämisessä tulisi siis huomioida varastoinnin luonne ja materiaalien käsittelyn helppous. Tämä saattaa asettaa painetta väljempään pakkaamiseen. Toisaalta keskiarvoon perustuva tilantarpeen laskenta ottaa osittain huomioon myös tämän näkökulman.

Kun keskusvaraston varastotasot oli laskettu ja materiaalien tilantarpeet tiedossa, voitiin arvioida tarvittavaa kapasiteettia. Laskennassa käytettiin seuraavaa kaavaa:

$$Kapasiteetti = varastotaso * nimikkeen\ tilantarpeen\ keskiarvo \quad (9)$$

Laskennassa jokaiselle nimikkeelle oli määritelty tila, jonka ne käyttävät varastopaikalta. Esimerkiksi on voitu arvioida, että pumpun pesä vie 0,5 kuormalavapaikkaa. Lopuksi puolikkaat tai sitä suuremmat varastopaikat pyöristettiin ylöspäin, jotta huomioitaisiin paremmin todelliset pakkaustavat. Varastossa nimittäin pyritään säilyttämään yhdellä varastopaikalla vain yhtä materiaalia. Esimerkiksi jos materiaali tarvitsee tuloksen mukaan vain puolikkaan kuormalavapaikan, niin oletetaan, että todellisuudessa sitä säilytetään yksin omalla lavallaan. Toisaalta tuotannossa yhdelle kuormalavalle voidaan koota setti, jossa on useampia yhden kokoonpanon komponentteja. Tulevassa keskusvarastossa todennäköisesti tullaan hyödyntämään molempia pakkaustapoja.

Taulukossa 9 on esitetty kahden menetelmän antamat tulokset keskusvaraston tarvitsemasta kapasiteetista. Ensimmäiseksi vertailukohdaksi on laskettu nykytila-analyysin mukaiset hajautetut varastot yhteenlaskettuna. Taulukon mukaan

pientavarapaikkoja tarvittaisiin tällöin 6705, kuormalavapaikkoja 6359 ja lattiapaikkoja 335. Diplomityössä muodostetulla keskusvarastolla vastaavat tulokset ovat 4706, 6020 ja 258. Molemmissa tuloksissa on huomioitu tilankäytön pyöristykset, joten vertailu on mahdollista. Tulosten mukaan siis tulevaisuudessa keskusvarastossa tarvittaisiin vähemmän varastopaikkoja kuin nykyhetkellä. Seuraavaksi arvioidaan tarkemmin tulosten todenmukaisuutta.

Taulukko 9. Keskusvaraston kapasiteetti ja muutos nykytila-analyysiin verrattuna

Kapasiteetti	**Pientavarapaikkojen määrä**	**Kuormalavapaikkojen määrä**	**Lattiapaikkojen määrä**
Hajautettu varastointi	6 705	6 359	335
Keskusvarasto	4 706	6 020	258
Muutos	- 1 999	- 339	- 77

Pientavarapaikkojen määrä

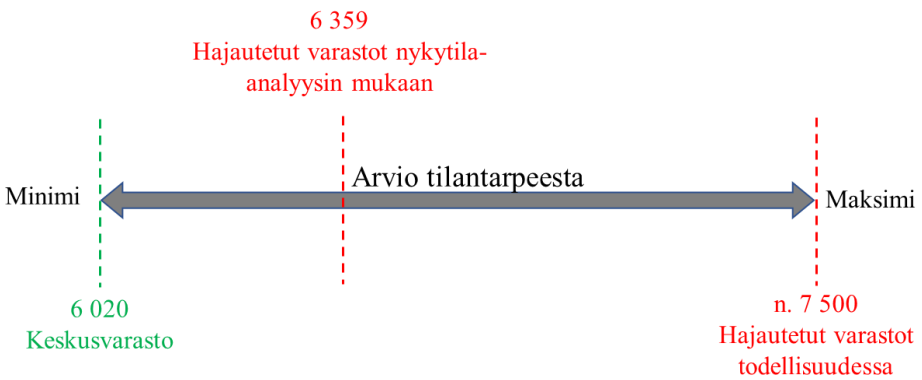
Nykytila-analyysissä todettiin, että pientavarapaikkojen lukumäärässä voi olla suurtakin epätarkkuutta johtuen puutteellisista tiedoista, ohjausmenetelmistä sekä erilaisista säilytystavoista. Taulukossa 9 hajautettujen varastojen yhteenlaskettu lukumäärän arvioidaan olevan liian korkea. Laskutavasta johtuen esimerkiksi pienten kanban-laatikkojen yhteenlaskettu lukumäärä nousi helposti liian korkeaksi sisältöönsä nähden. Keskusvaraston muodostamisessa varastopaikat laskettiin uudestaan samoilla menetelmillä kuin nykytila-analyysissä, eli antamalla jokaiselle nimikkeelle vähintään yksi varastopaikka, joiden maksimipainona kuitenkin oli 50 kg.

Keskusvaraston tulevia ohjaustapoja ei ole tässä työssä määritelty, eikä laskennassa ole kanban-ohjauksen kaksilaatikkojärjestelmää huomioitu. Todennäköisesti kanban-ohjaus tulee tulevaisuudessa säilymään osalla materiaaleista, mutta tarvetta pienille kanban-laatikoille ympäri tehdastilaa ei enää ole. Nyt oletuksena on, että keskusvarastossa nämä materiaalit voidaan sijoittaa yhteen kooltaan entistä suurempaan pientavaralaatikkoon. Usein nämä suuremmat laatikot voidaan jakaa puoliksi, mikä mahdollistaa helposti kaksilaatikko-ohjauksen.

Yhteenvetona todetaan, että keskusvaraston 4 706 pientavarapaikan kapasiteetti vaikuttaa todenmukaiselta. Diplomityössä ei oteta kantaa siihen, mikä olisi optimaalinen säilytystapa näille materiaaleille. Nykyisin niitä on varastoitu usein pientavarahyllyillä, mutta tulevaisuudessa yrityksen on tarkoitus hyödyntää enenevässä määrin automatisoituja varastointiprosesseja.

Kuormalavapaikkojen määrä

Tuloksia vertailtaessa ja arvioidessa on tärkeää huomioida, miten tuloksiin on päädytty. Kuormalavapaikkojen lukumäärän vertailu onkin oleellista, koska niiden merkitys keskusvaraston muodostamisessa on suurin sekä niistä on saatavilla tarkimmat tulokset. Kuvassa 16 on esitetty haarukka, jossa kuormalavapaikkojen kapasiteetin tulevaisuuden keskusvarastossa odotetaan olevan. Maksimi-kapasiteettina pidetään noin 7500 lavapaikkaa, sillä sen arvioidaan vastaavan nykyistä todellisessa käytössä olevaa kapasiteettia. Kuitenkin nykytila-analyysin mukaan nykyisten hajautettujen varastojen tilantarve olisi 6 359 kuormalavapaikkaa. Nykytila-analyysi antoi hajautetuille varastoille pienemmän tuloksen, koska analysointimenetelmät eivät huomioineet riittävän hyvin tuotannon materiaalien käsittelyn vaatimaa tilaa. Nykytila-analyysissa todettiin, että esimerkiksi Mäntässä pakkaamista voitaisiin suhteellisen helposti tiivistää 1000 lavapaikan verran. Näin ollen kapasiteetti lähenee laskennasta saatua tulosta. Haarukan minimikapasiteetti perustuu keskusvarastolle määriteltyyn varastotasoon, jossa kapasiteetti on 6 020 kuormalavapaikkaa.



Kuva 16. Arvio keskusvaraston kuormalavapaikkojen määrästä

Saatu keskusvaraston kapasiteetti vaikuttaa järkevän kokoiselta, koska nykytilaan verrattuna se vaikuttaa olevan oikeassa suuruusluokassa. Tosin verrattuna hajautettujen varastojen yhteenlaskettuun kuormalavojen lukumäärän tulos laskee vain 339 kuormalavan verran. Arvioissa suurimmat epätarkkuuden lähteet riippuvat juuri varastotasojen määrittämiseen sekä eroihin tuotannon ja toimituskeskuksen komponenttien pakkaamisessa ja käsittelyssä. Laskennassa pakkaamiseen liittyvää epävarmuutta on pyritty poistamaan varastopaikkojen pyöristyksillä.

Tulevaisuudessa varsinaisia varastointiratkaisuja suunnitellessa tulee ottaa diplomityön kapasiteettiarvion lisäksi muitakin asioita. Työssä ei nyt esimerkiksi ole määritelty kuormalavapakkausten korkeuksia. Korkeudet liittyvät vahvasti pakkaustapoihin ja käsiteltävyyteen, mutta huomioon on otettava myös teknologiset rajoitteet. Teknologisilla rajoituksilla tarkoitetaan tässä yhteydessä mahdollisen automaattisen varaston kykyä käsitellä eri korkuisia kuormalavapakkauksia. Tällä hetkellä toimituskeskuksessa käytetään laajasti kolmen tai neljän lavakauluksen pakkauksia, kun taas tuotannossa yleisemmin on käytössä yksi tai kaksi. Tulevaisuudessa suunnittelun lähtökohdaksi voidaan ottaa diplomityön tulokset, joita verrataan nykyisien kuormalavapaikkojen tyyppien jakaumaan.

Lattiapaikkojen määrä

Lattiapaikkojen määrä on arvioitu samoilla menetelmillä kuin kuormalavapaikat. Niiden tulosten arvioidaan olevan tarpeeksi tarkat, koska suurten yksittäisten kappaleiden laskeminen on yksinkertaisempaa. Toisaalta lattiapaikat ovat käsitteenä hyvin epämääräisiä, koska niitä ei rajoita mikään tietty paino- tai kokoluokka. Lisäksi joitakin lattianimikkeitä voidaan pinota päällekkäin, mikä vaikeuttaa tarvittavan tilan laskemista. Diplomityön tulosten mukaan keskusvarastossa lattiapaikkojen määrän tulisi olla 258. Varsinaista fyysistä lattiapinta-alan tarvetta diplomityössä ei arvioida. Tulevaisuudessa tehtävän arvion lähtökohdaksi voidaan ottaa esimerkiksi toimituskeskus, jossa nykytila-analyysin mukaan on 177 lattiapaikkaa.

6.4 Herkkyysanalyysi ja tulevaisuuden odotukset

Keskusvaraston tarvittavan kapasiteetin määrittämisen lisäksi saaduista tuloksista muokattiin Excel-työkalu, jolla pystyy karkeasti simuloimaan kysynnän muutosten aiheuttamat vaikutukset keskusvarastossa tarvittavaan kapasiteettiin ja sitoutuneeseen pääomaan. Excelissä simulointi onnistuu arvioimalla yksittäisiä tuoteryhmiä. Esimerkiksi voidaan arvioida, miten tilantarve muuttuu, jos yhden tuoteryhmän myynti kasvaa ja toisen laskee.

Haastavaa herkkyysanalyysityökalun suunnittelussa oli kohdeyrityksen varastojen luonne, jossa osalla tuotteista on varastoitavia ja osa tilausohjautuvia komponentteja. Varastoitavilla tuotteilla varmuusvarastot määriteltiin täydennysajan kulutuksen mukaan. Näillä materiaaleilla kysynnän muutos vaikuttaa suoraan kulutukseen. Tilausohjautuvilla materiaaleilla kysynnän muutos vaikuttaa tarkasteluhetken kokonaisvarastotasoon. Työkalu kuvaa tilausohjautuvia materiaaleja ryhmänä, eikä sen avulla voida arvioida yksittäisten komponenttien tilannetta kysynnän muuttuessa. Työkalu ei myöskään sovellu nykyisten hajautettujen varastojen tilanteen ennustamiseen.

Yritys arvioi, että merkittävimpien tuoteryhmien tuotantomäärät tulevat kasvamaan 6 % tulevaisuudessa. Tämä tarkoittaisi tarvittavan kapasiteetin kasvua 57 pientavarapaikalla, 101 kuormalavapaikalla ja kuudella lattiapaikalla. Lopullisen kapasiteetin arvioimisessa huomioidaan nämä tulevaisuuden odotukset.

6.5 Johtopäätökset keskusvaraston muodostamisesta

Keskusvaraston vaatima kapasiteetti määriteltiin kappaleessa 6.3. Laskenta perustui nykytila-analyysista saatuun aineistoon. Keskitettyä varastotasoa määritellessä varsinaista optimointia ei tehty, vaan tehostuminen perustui yksinkertaiseen menetelmään määrittää kokonaisvarastotasot ja FT4-nimikkeiden kaksinkertaisen varastoinnin poistumiselle. Puolilla nimikkeistä varastotaso pysyy

ennallaan nykytilaan verrattuna. Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska haluttiin varmistaa, että keskusvaraston kapasiteetti varmasti pystyy vastaamaan todelliseen tilantarpeeseen. Taustalla on ajatus, että investointi on parempi lievästi ylimitoittaa kuin jättää vajaaksi.

Taulukossa 10 on esitetty yhteenveto keskusvaraston kapasiteetista, ja miten siihen on päädytty. Pohjalla kappaleesta 6.3 saatu tulos, joka perustuu nykyisten hajautettujen varastojen keskittämiseen. Tätä lukua muokattu kohdeyrityksen tulevaisuuden odotusten mukaisesti. Lopulliseksi keskusvaraston kapasiteetiksi diplomityössä ehdotetaan 4 700 pientavarapaikkaa, 6 100 kuormalavapaikkaa ja 260 lattiapaikkaa. Jos myöhemmin investointipäätöksen hetkellä tulevaisuuden odotukset ovat muuttuneet ja tilanne poikkeaa diplomityön arvioista, keskusvaraston kapasiteetti kannattaa arvioida uudelleen tuoreemman tiedon valossa herkkyysanalyysia hyödyntäen.

Taulukko 10. Yhteenveto keskusvaraston vaatimasta kapasiteettista

	Pientavarapaikkojen määrä	**Kuormalavapaikkojen määrä**	**Lattiapaikkojen määrä**
Keskusvaraston kapasiteetti	4 706	6 020	258
Tulevaisuuden tarpeet	+ 57	+ 101	+ 6
Yhteensä	4763	6121	264
Lopullinen arvio	4 700	6 100	260

Vaikka käytettyjen menetelmien on todettu sisältävän epätarkkuutta, lopullisen kapasiteettiarvion oletaan olevan riittävän tarkka. Laskennassa on pyritty ottamaan epätarkkuuden lähteet, kuten erilaiset pakkaus- ja käsittelytavat huomioon. Näin ollen arvio sisältää jo eräänlaisen sisäänrakennetun varmuusvaran. Arvion odotetaan olevan lievästi ylimitoitettu, koska varmuusvaran lisäksi varastotasoissa on paljon kehitettävää, mitä ei laskennassa ole huomioitu. Kahdeksannessa luvussa käsitellään syvemmin keskusvaraston kehittämispotentiaalia ja tulevaisuuden kehityskohteita. Lisäksi nyt tuloksena saatu kapasiteettiarvio perustuu nykyiseen tapaan käsitellä ja pakata materiaaleja. Jos nämä periaatteet muuttuvat merkittävästi tulevaisuudessa, täytyy kapasiteettia arvioida uudelleeen.

7 VARASTOMALLIEN VERTAILU

Tässä luvussa vertaillaan nykyistä hajautettua varastointimallia ja diplomityössä muodostettua keskusvarastoa. Luvussa vastataan neljänteen tutkimuskysymykseen, joka on ”mitä vaikutuksia varaston keskittämisellä olisi yritykselle ja sen toimintaan?”. Vertailussa tarkastellaan keskusvaraston vaikutusta sitoutuneeseen pääomaan sekä yrityksen toimintaan. Vaikutukset yrityksen toimintaan selvitettiin keskustelemalla yksiköiden johtajien kanssa.

7.1 Mallien numeerinen vertailu

Kuudennessa luvussa määriteltiin keskusvarastolle varastotasot ja tilantarpeen kapasiteetti. Taulukossa 11 on esitetty tulokset keskittämisellä saavutettavasta tilantarpeen vähenemisestä verrattuna nykyiseen hajautettuun malliin. Luvut eivät täysin ole vertailukelpoiset, sillä hajautettujen varastojen kapasiteetit eivät täysin noudata todellisuutta. Keskusvarastoa muodostaessa tulokset on oikaistu vastaamaan paremmin todellista tilankäyttöä. Pientavaroiden osalta vertailua heikentää erilaiset ohjaustavat ja varastopaikkojen koot sekä saatavilla olevat tiedot. Vertailtaessa kuormalavapaikkoja todellisen tilankäytön arvioidaan hajautetussa mallissa olevan 7 500 lavapaikkaa, joka keskittäessä vähenee noin 1 400 paikan verran. Lattiapaikkojen määrä vähenee 75:llä.

Taulukko 11. Varastomallien tilantarpeen vertailu

Kapasiteetti	**Pientavarapaikkojen määrä**	**Kuormalavapaikkojen määrä**	**Lattiapaikkojen määrä**
Hajautettu varastointi	6 705	7 500	335
Keskusvarasto	4 700	6100	260
Muutos	- 1 995	- 1 400	- 75

Kohdeyrityksen tavoitteena on alentaa varastoihin sitoutunutta pääomaa, joten myös se on oleellista ottaa mukaan vertailuun. Diplomityössä keskitetyllä varastotasolla saataisiin alennettua sitoutunutta pääomaa noin 15,1 prosentilla.

Rahamääräisesti mitattuna pelkkien FT4-nimikkeiden kaksinkertaisen varastoinnin poistuminen vapauttaa sitoutunutta pääomaa 5,3 % nykytilaan verrattuna. Näin ollen merkittävin vaikutus sitoutuneen pääoman vapautumiseen on muiden materiaalien varastotasojen alentuminen. Keskusvarasto on tässä kohtaa vielä kuvitteellinen, mutta lukujen uskotaan olevan oikeassa suuruusluokassa.

7.2 Keskusvaraston vaikutus yrityksen toimintaan

Varastojen keskittäminen tarjoaa niin diplomityön teorian, kuin empirian mukaan monia hyötyjä yritykselle. Työssä todettu hyötyjä ovat varastotasojen aleneminen ja sitoutuneen pääoman väheneminen. Kuitenkin työssä tunnistetaan myös keskittämiseen liittyviä riskejä, joita yritys joutuu pohtimaan tehdessään päätöstä mahdollisesta investoinnista. Seuraavaksi esitellään lyhyesti, miten keskusvaraston perustaminen voisi vaikuttaa yrityksen toimintoihin. Vaikutusten arviointi toimintoihin tehtiin keskustelemalla asiasta tuotannon- ja huoltokeskuksen johtajien kanssa ja esitetyt näkökulmat ovat heidän omiaan.

Tuotannon näkökulma

Kohdeyrityksen tuotannon näkökulmaa kartoitettiin keskustelemalla tehdaspäällikön ja tuotantopäällikön kanssa. Tuotannon näkökulmasta varastojen keskittämisessä ja toimintojen tehostamisessa nähdään olevan paljon mahdollisuuksia. Aiemmin on todettu, että manuaalisessa varastoinnissa on paljon tehostamispotentiaalia, mutta volyymien ollessa pienet automatisointi ei ole ollut kannattavaa. Hajautettujen varastojen keskittämisellä siis saavutettaisiin riittävän suuret volyymit, jotta prosessien tehostaminen olisi mahdollista.

Toinen hyöty on asentajien työn tehostaminen. Nykyisin merkittävä osa asentajien työajasta kuluu materiaalien keräilyyn, vaikka varastopaikat sijaitsevatkin aivan työpisteiden lähistöllä. Automatisoidussa keskusvarastossa tavoitteena on kehittää yrityksen sisälogistiikkaa, jolloin materiaalit toimitettaisiin keskusvarastosta suoraan työpisteelle. Tulevaisuudessa tavoitteena olisi hyödyntää entistä laajemmin

tilauskohtaisia settejä. Prosessien ja logistiikan tehostamisella odotetaan saavutettavan alemmat tuotantokustannukset ja parempi kannattavuus.

Keskusvaraston perustaminen vapauttaisi tilaa nykyisestä tehdasrakennuksesta. Näin ollen tätä tilaa voisi myöhemmin käyttää tuotantotoiminnan kasvattamiseen ilman, että merkittäviä investointeja tehdasrakennukseen tarvittaisiin. Yhteenvetona todetaan, että tuotannon näkökulmasta investointi tarjoaa suuria mahdollisuuksia liiketoiminnalle. Merkittäviä negatiivisia vaikutuksia ei ole tunnistettu.

Huoltokeskuksen näkökulma

0150 Suomen huoltokeskuksen toiminta eroaa monin tavoin muista tarkasteltavista varastoista, sillä yksikön tarkoituksena on tarjota varaosa- ja huoltopalveluita asiakkaille. Huoltokeskuksen toiminta vaatii tietyn palvelukyvyn ylläpitämistä mm. tuotteiden saatavuuden ja toimitusnopeuden osalta. Materiaalit jakautuvat luonteeltaan varastoitaviin nimikkeisiin ja tilausohjautuviin nimikkeisiin. Lisäksi osa tuotteista voidaan lähettää suoraan varastosta, mutta osa vaatii tuotantokäsittelyä ennen toimitusta. Huoltokeskuksen näkökulmaa tutkittiin keskustelemalla yksikön päällikön ja tuotantopäällikön kanssa.

Huoltokeskuksessa tunnistetaan keskusvarastohankkeessa tavoiteltavat hyödyt, mutta he näkevät sen riskinä yksikön toiminnan kannalta. Keskusteluissa todetut riskit voidaan jakaa varastointiin ja itse toimintaan liittyviin haasteisiin. Keskitetyssä varastossa varasosat olisivat samassa säilytyksessä pumpputehtaan tuotannon materiaalien kanssa. Haasteena on se, että pystytäänkö turvaamaan näiden varaosien saatavuus ja toimituskyky asiakkaalle. Epävarmuudet liittyvät niin optimaalisen varastotason ylläpitoon, kuin toimintapolitiikkaan. Huoltokeskuksen huolena on se, että ristiriitatilanteessa tuotannon tarpeet menisivät sen edelle.

Toinen riski liittyy huoltokeskuksen toimintaan, joka eroaa monella tavalla muusta liiketoiminnasta. Keskusteluissa todettiin, että huoltokeskuksella on motivoitunut

henkilöstö, jolla on pitkä kokemus asiakasrajapinnassa toimimisesta. Näin ollen asiakkaan edut huomioidaan eri lailla kuin tuotannossa. Esimerkiksi huoltokeskuksessa on kokemusta vanhojen jo valikoimasta poistuneiden tuotteiden käsittelystä. Keskusvarastossa vaarana olisi huoltoliiketoiminnan ja sen asiakkaiden heikompi huomioiminen. Toisaalta tämän nähtiin olevan johtamishaaste, joka on ratkaistavissa.

Yhteenvetona todetaan, että keskusvaraston perustaminen voi aiheuttaa epävarmuutta huoltokeskuksen toimintaan. Keskusteluissa lisäksi korostettiin huoltotoimintojen tärkeää merkitystä koko liiketoiminnan kannalta, jolloin keskittämisen aiheuttamat riskit heijastuvat myös muualle. Huoltokeskuksen näkökulmasta itsenäinen varastointi mahdollistaisi parhaiten toimintojen tehokkaan pyörittämisen.

8 KEHITYSKOHTEET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä luvussa käsitellään diplomityöprosessin aikana huomattuja yrityksen varastointiin liittyviä kehityskohteita, joita ei huomioitu vielä keskusvaraston muodostamisessa. Lopuksi arvioidaan diplomityön tulosten todenmukaisuutta ja tehdään niistä lopulliset johtopäätökset.

8.1 Kehityskohteet varastoinnissa

Kuudennessa kappaleessa määriteltiin keskusvarastolle tarvittava kapasiteetti, joka perustui vahvasti nykyisiin varastotasoihin ja laskentamenetelmiin. Kuitenkaan tulevaisuudessa varastotasot eivät todennäköisesti tule täysin noudattamaan näitä laskelmia, koska niissä ei varsinaisesti huomioitu varastojen optimointia ja toimintatapojen laajempaa yhdenmukaistamista. Näitä asioita ei lähdetty arvioimaan vielä diplomityössä, koska keskusvarasto ei tule toteutumaan vielä lähitulevaisuudessa ja toiminnan yhtenäistäminen vaatii perusteellista tuntemusta yrityksen toiminnasta. Esimerkiksi tarkkoja ohjaustapoja ja vakiotäydennys-eräkokoja ei voida tässä kohtaa lähteä ennakoimaan. Seuraavaksi tarkastellaan diplomityöprosessin aikana huomattuja kehityskohteita.

Keskusvaraston rakenne

Diplomityössä muodostetun keskusvaraston rakennetta tarkastellaan ABCD-analyysilla, joka on tehty kulutuksen arvon perusteella. Myös yritys käyttää ABC-luokittelua toiminnanohjausjärjestelmässään, mutta luokittelut voidaan tehdä jokaiselle yksikölle tai varastolle erikseen. Nyt käytetty ABCD-analyysi on tehty vielä kuvitteellisen keskusvaraston varastotasoista, mutta tiedot pohjautuvat nykyiseen kulutukseen. Huomioitavaa on se, että analyysissa on mukana vain ne nimikkeet, jotka olivat varastossa nykytila-analyysin tarkasteluhetkellä. Näin ollen se ei anna täysin oikeaa kuvaa todellisuudesta. Epätarkkuutta analyysiin aiheuttaa materiaalien jakautuminen varastoitaviin nimikkeisiin ja tilausohjautuviin nimikkeisiin. Tilausohjautuvien nimikkeiden kulutusta on vaikea analysoida, sillä

voi olla, ettei niillä ole ollut kulutusta tarkasteluvuonna 2018. Analyysi suoritettiin Excel-ympäristössä ja data pohjautuu diplomityön alussa ladattuun aineistoon.

ABCD-analyysin tulokset on esitetty taulukossa 12. Tuloksista huomataan, että 2,2 % nimikkeistä aiheuttaa puolet diplomityössä muodostetun keskusvaraston kulutuksen arvosta. D-luokka tarkoittaa nimikkeitä, joilla ei ole ollut kulutusta tarkasteluvuonna 2018. D-luokan osuus kaikista nimikkeistä on jopa 35 %. Varastoon sidotun pääoman vertailussa luokat jakautuvat tasaisemmin.

Taulukko 12. Keskusvaraston ABCD-analyysin tulokset

Luokitus	**Osuus kumulatiivisesta kulutuksesta**	**Nimikeiden määrä**	**Osuus kaikista nimikkeistä**	**Sitoutuneen pääoman osuus keskusvarastossa**
A	50 %	198	2,2 %	21,4 %
B	30 %	718	8,0 %	21,6 %
C	20 %	4879	54,5 %	26,4 %
D	0 %	3152	35,2 %	30,6 %
Yhteensä	100 %	8947	100 %	100,0 %

D-luokan nimikkeitä on tarkasteltu vielä syvemmin taulukossa 13, jossa on esitetty nimikkeiden määrä eri varastoyksiköissä. Nollakulutusnimikkeiden osuus on prosentuaalisesti todella suuri suhteessa analysointihetkellä olevaan varastoon. Seuraavaksi on selvitetty, kuinka suuri osuus näistä nimikkeistä on varmuusvarastoitavia. Nyt tuloksesta voi huomata, että 150:ssä eli varaosavarastossa puolet nollakulutusnimikkeistä ovat varastoitavia. Tämä on ymmärrettävää, sillä huoltokeskuksen roolina on ylläpitää tiettyä varaosatarjontaa. Ne materiaalit, joilla ei ole varmuusvarastoa, ovat tilausohjautuvia nimikkeitä. Näiden nimikkeiden osalta on vaikeampi määritellä, ovatko ne varastossa tilausta varten vai ovatko ne vain jääneet sinne. Yhteenvetona todetaan kuitenkin, että varmuusvarastossa olevien D-luokan nimikkeiden arvo keskusvarastossa on merkittävät 30,6 % koko sitoutuneesta pääomasta.

Taulukko 13. Keskusvaraston ABCD-analyysin D-nimikkeiden tarkastelu

Varasto	D-nimikkeiden määrä yhteensä	Varastoitavat nimikkeet	Tilausohjautuvat nimikkeet
0110	928	159	769
0120	509	112	397
0140	406	184	222
0150	1472	758	714

Tämä ABCD-analyysi on suppea tapa havainnollistaa keskusvaraston rakennetta ja se sisältää tiettyä epätarkkuutta, mutta se havainnollistaa keskusvaraston luonnetta nykytilan valossa. Yritys on jo tunnistanut tarpeen varastojen tehostamiselle ja kiertämättömien nimikkeiden olemassa olon. Tulevaisuudessa näiden materiaalien oleellisuutta tulee arvioida, mikä osaltaan vaikuttaa myös keskusvaraston rakenteeseen. Nyt keskusvarastossa näille nimikkeille varastotasot on määritelty nykytilan pohjalta.

Kehityskohteet varmuusvarastoissa

Diplomityössä varmuusvarastot on määritelty yrityksen käyttämän peruskaavan eli täydennysajan kulutuksen mukaan, mikä ei välttämättä määritä optimaalista tasoa. Peruskaavassa ei nimittäin huomioida materiaalin kulutuksen vaihtelua ja puutostilanteiden todennäköisyyttä, kuten teoriaosiossa esitellyssä tilastollisessa menetelmässä. Alan kirjallisuudessa täydennysajan kulutusta käytetään tilauspisteen määrittämiseksi eikä varmuusvaraston laskentaan. Kohdeyrityksen tapauksessa näiden menetelmien sekoittaminen ainakin osalla materiaaleista nostaa puskurit tarpeettoman korkeiksi. Lisäksi kohdeyrityksellä on käytössään toiminnanohjausjärjestelmään integroitu ennusteohjausmenetelmä, joka todennäköisesti varautuu kysynnän vaihteluihin ja puutostilanteiden todennäköisyyteen parhaiten. Tällä hetkellä tätä menetelmää hyödynnetään erityisesti nopeasti kiertävillä suuren kulutuksen materiaaleilla sekä kalliilla strategisesti tärkeillä nimikkeillä.

Taulukossa 14 on laskuesimerkillä havainnollistettu, kuinka eri laskentamenetelmillä saadaan erilaiset varmuusvarastojen tasot. Vertailu suoritetaan yhdellä esimerkkinimikkeellä, joka on ABCD-analyysin A-luokkaan

kuuluva pumppukokoonpanon valukomponentti ja sen vuosittainen kulutus on suhteellisen suurta. Komponentille pidetään korkeaa varastotasoa, sillä se kuuluu kriittisiin nopeasti asiakkaalle toimitettaviin pumppukokoonpanoihin. Tarkasteltava nimike on nykyisin varastoitu 140-varastossa ja ohjaustapana on ennusteohjaus.

Esimerkistä huomataan, että diplomityön aloittamishetkellä tälle nimikkeelle oli määritelty varmuusvarasto ennusteohjauksella, jossa palveluaste oli erittäin korkea 99 %. Tuloksena varmuusvaraston taso oli 50 kappaletta. Kun tämä materiaali päätettiin keskittää ja käytettiin yrityksen peruskaavaa varmuusvaraston määrittämiseen, varastotasoksi muodostui 51. Jos taas olisi käytetty teoriassa esitettyä palveluasteeseen perustuvaa menetelmää, 99 prosentin palveluasteella olisi päädytty 39 nimikkeen varastotasoon.

Taulukko 14. Laskuesimerkki eri tavoista määritellä varmuusvarasto kohdeyrityksessä

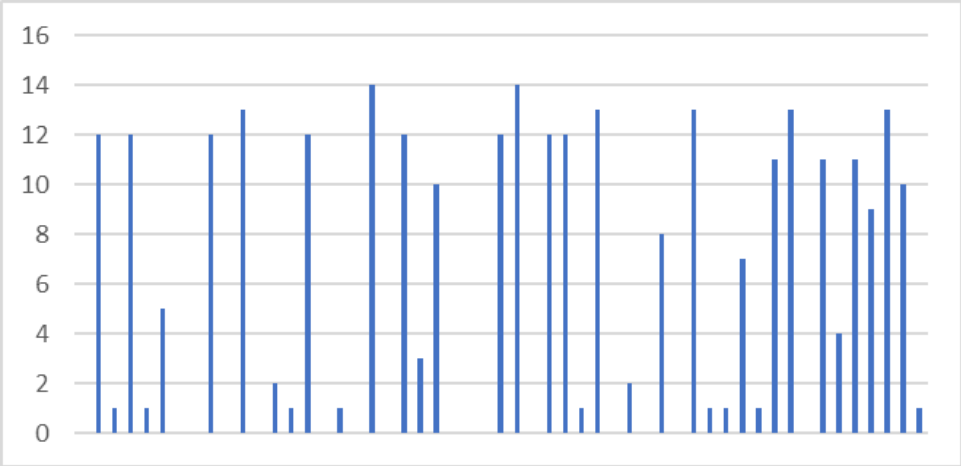
Toimitusaika (viikko) (L)	9
Kulutus vuonna 2018 (D)	291
Kulutuksen keskihajonta (viikko) (σ)	5,573

Laskentakaava	**Palveluaste**	**Z**	**Varmuusvaraston taso**
Tilanne diplomityön alussa			
Ennusteohjaus alussa	99 %		50
Peruskaava			SS = (D * L) / 365 = 51
Palveluastekaava	99 %	2,33	SS = Z * σ * $\sqrt{L}$ = 39
Tilanne diplomityön lopussa			
Ennusteohjaus lopussa	85 %		18 - 30
Palveluastemenetelmä	85 %	1,04	17

Diplomityön aikana yritys on pyrkinyt vähentämään varmuusvarastojensa tasoa kehittämällä ennusteohjauksen palveluastetta ja laajentamalla menetelmän käyttöä useammille materiaaleille. Vertailun vuoksi esimerkissä on myös kuvattu tilanne diplomityön lopussa, jolloin esimerkkinimikkeelle oli annettu ennusteohjauksen palveluasteeksi 85 %. Tuloksena varmuusvaraston taso on vaihdellut 18 ja 30

kappaleen välissä, koska ennuste päivittyy tuoreen kulutustiedon mukaan. Teoriassa esitelty palveluastemenetelmä antaisi vertailussa vielä tätäkin alemman puskurin.

Kuvassa 17 on kuvattu esimerkkinimikkeen kulutus viikoissa vuoden 2018 osalta. Kuvasta huomataan, että kulutuksessa on tasaisia piikkejä muutaman viikon välein. Kuvassa suuret 12 kappaleen kulutuserät kuvaavat toimituksia 0120 varastoon ja pienemmät ovat todennäköisesti kulutusta muille yksiköille. Varastojen keskittämisessä suurimpien piikkien odotetaan tasoittuvan, koska kaksinkertainen FT4-nimikkeiden varastointi poistetaan ja kulutus vastaisi tuotannon todellisia tarpeita.



Kuva 17. Esimerkkinimikkeen kulutusprofiili viikoissa toimituskeskuksessa (0140) vuonna 2018

Tämä esimerkki kuvaa vain yksittäistä materiaalia, eikä sitä voi yleistää kaikille materiaaleille. Esimerkin tarkoituksena on kuitenkin havainnollistaa, että eri menetelmillä voidaan saada täysin erilaiset varastotasot, mikä tuo oman haasteensa myös keskusvaraston määrittämiseen. Tässä esimerkissä korostuu peruskaavan tuottama erittäin korkea varastotaso. Ennusteohjausmenetelmä on vertailussa ylivoimainen, sillä se arvioi myös tulevaa kulutusta. Näin ollen se pystyy tilaamaan tasaisesti pieniä täydennyseriä jo ennakkoon, mikä hillitsee myös kiertovaraston tason kasvua. Perinteinen MRP-ohjauskin toki ottaa huomioon tiedossa olevat tilaukset ja osaa ajoittaa tulevat täydennyserät oikein, mutta se reagoi heikommin

yllättäviin kulutuspiikkeihin tai täydennysten epävarmuuteen. Periaatteessa MRP:n toimiessa tarvetta puskureille ei ole, mutta käytännössä yrityksellä on tarve varautua epävarmuuteen. Poikkeuksena on kriittiset komponentit, joilta vaaditaan nopeaa täydennysaikaa suoraan varastosta. Näille materiaaleille täytyy ylläpitää korkeampia puskureita.

Tulevaisuuden kehityskohteeksi diplomityössä ehdotetaan varmuusvarastoinnin menetelmien kehittämistä. Menetelmien hahmottelussa voidaan käyttää teoriaosiossa käytettyjä ohjausperiaatteita (luku 3.3). Tärkeimmille volyymituotteille ennusteohjaus on erittäin hyvä menetelmä. Vaikeasti ennusteohjausta sovellettavilla satunnaisen kulutuksen MRP-nimikkeille voitaisiin käyttää myös yksinkertaisempia kiinteitä varmuusvarastotasoja. Tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi varaosat. Ei-kriittisille materiaaleille, joiden ohjaus perustuu ainoastaan toteutuneeseen kulutukseen, kannattaa pitää yksinkertaiset ohjausmenetelmät, kuten kiinteä varmuusvarastotaso ja kanban-ohjaus.

Tilastollisia varmuusvaraston laskentaperiaatteita käytettäessä optimaalisen palveluasteen tärkeys korostuu. Palveluasteen määrittelyssä nimikkeet voisi luokitella esimerkiksi niiden volyymin ja kriittisyyden mukaan. Tämän jälkeen määriteltäisiin sopivat varastonhallintaparametrit. Myös teoriaosiossa esiteltyä palveluastekaavaa voi harkita käytettävän peruskaavan sijasta, koska nykyistä täydennysajan kulutusta ei ole teorian näkökulmasta tarkoitettu varmuusvaraston määrittämiseen. Kuitenkin todetaan, että peruskaavan etuna on helppokäyttöisyys, kun taas palveluastekaava saattaa olla vaikeasti hyödynnettävä välimuoto.

Pooling-efektin vaikutus

Nyt keskitetyt varmuusvarastot eivät huomioi pooling-efektin vaikutusta, mutta tulevaisuudessa varastotasoja voisi teoriaa noudattamalla saada laskettua. Taulukossa 15 laskuesimerkillä havainnollistetaan pooling-efektin vaikutusta varastojen keskittämisessä. Esimerkkinimikkeeksi on tarkoituksellisesti valittu laakeri, jota nykymallissa varastoidaan kolmessa yksikössä. Laakeri on luokiteltu ABCD-analyysissa A-luokkaan. Taulukossa on laskettu varmuusvarastot sekä

hajautetussa, että keskitetyssä mallissa. Lähtötiedot on esitetty taulukoiden yhteydessä. Lasketut varastotasot ja ohjaustavat poikkevat todellisista, mutta tarkoituksena onkin vain havainnollistaa pooling-efektin vaikutusta.

Taulukko 15. Laskuesimerkki pooling-efektin periaatteista esimerkkinimikkeellä

Hajautettu	**0110**	**0120**	**0150**	**Yhteensä**
Toimitusaika (viikko) (L)	6,7	6,7	6,7	
Kulutus vuonna 2018 (D)	78	3388	134	3600
Kulutuksen keskihajonta (viikko) (σ)	2,41	24,35	3,25	
Varmuusvarasto peruskaavalla	**10**	**436**	**17**	**464**
Varmuusvarasto palveluasteella (90%)	**8**	**81**	**11**	**100**

Keskusvarasto	
Toimitusaika (viikko) (L)	6,7
Kulutus vuonna 2018 (D)	3600
Keskitetty kulutuksen keskihajonta (viikko) (σ_D^C)	24,69
Varmuusvarasto peruskaavalla	**SS = (D * L) / 365 = 464**
Varmuusvarasto palveluaste (90%)	**SS = Z * σ_D^C * $\sqrt{L}$ = 82**

Varmuusvarastojen muutos pooling-efektillä: -18 %

Ensin laskettiin jokaiselle hajautetulle yksikölle varmuusvarastot käyttämällä yrityksen peruskaavaa. Kun hajautetut varmuusvarastot lasketaan yhteen, saadaan puskurin kooksi 464 kappaletta. Vertailun vuoksi laskettiin varmuusvarastot palveluastemenetelmällä. Esimerkkipalveluasteeksi valittiin 90 %, joka on suhteellisen korkea. Valitulla palveluasteella hajautettujen varmuusvarastojen taso olisi 100 kappaletta. Menetelmien antaman tulosten ero on suuri, koska peruskaavaa eli täydennysajan kulutusta ei ole varsinaisesti tarkoitettu puskurin määrittämiseksi, kuten edellisessä laskuesimerkissä todettiin.

Seuraavaksi laskettiin keskitetyn varmuusvaraston tasot molemmilla menetelmillä. Yrityksen käyttämällä peruskaavalla, jota myös diplomityössä käytettiin, varmuusvarasto muodostuu yhtä suureksi kuin hajautetut yksiköt yhdessä. Laskettaessa palveluastemenetelmällä, jossa käytetään nyt keskitettyä kulutuksen keskihajontaa (σ_D^C), varmuusvaraston tasoksi saadaan 82 kappaletta. Pooling-

efektin ansiosta varastojen keskittäminen tällä esimerkkinimikkeellä mahdollistaisi varmuusvarastotasojen alentamisen noin 18 prosentilla ilman saatavuuden heikentämistä.

Laskuesimerkissä tarkastellaan vain yhtä komponenttia, mutta samat periaatteet voidaan yleistää. Tulosta ei kuitenkaan voi tulkia siten, että kaikkien materiaalien keskitetyt varastotasot tulisivat laskemaan. Esimerkiksi kohdeyrityksen tapauksessa pooling-efekti ei vaikuta niiden materiaalien varmuusvarastoihin, jotka laskettiin toimituskeskuksen kulutuksen perusteella, sillä 0140 toimii jo keskusvarastona. Jos pooling-efekti otettaisiin huomioon keskusvaraston kapasiteetin määrittelyssä, tilantarve voi olla pienempi. Pooling-efektin hyödyntämisestä kuitenkin luovuttiin, koska vertailu nykytilaan olisi vaikeaa. Esimerkiksi optimaalisten palveluasteiden määrittäminen eri nimikkeille olisi ollut haastavaa diplomityön puitteissa.

8.2 Johtopäätökset

Keskusvaraston varastotasot ja kapasiteettiarvio perustuvat nykytila-analyysissa kerättyyn tietoon ja teoriaosiossa esiteltyihin menetelmiin. Pääosin yrityksen toiminta mukailee teoreettista viitekehystä, esimerkiksi materiaalien ja varastonohjauksen näkökulmasta. Myös keskittämisen ja varastointiprosessien tehostamisen motiivit noudattavat teoriaa.

Nykytila-analyysissa nykyistä tilantarvetta arvioitiin jakamalla materiaalit pientavara-, kuormalava- ja lattiapaikoille. Todettiin, että tulokset sisälsivät epätarkkuutta, sillä ne perustuivat karkeaan luokitteluun ja osin subjektiiviseen näkemykseen. Työssä selvitettiin kuitenkin todellinen kuormalavapaikkojen määrä, mikä toimi hyvänä vertailukohtana myöhemmin keskittämisen yhteydessä. Keskusvaraston varastotason määrittämisessä noudatettiin teoreettisen viitekehyksen periaatteita muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Näitä poikkeuksia olivat varmuusvarastojen muodostaminen sekä tilausohjautuvat ja

nollakulutusmateriaalit, joiden varastotasot perustuivat nykytilaan. Näin voitiin varmistua, että tulokset vastaavat paremmin käytäntöä ja todellisuutta.

Myöhemmin diplomityössä esitettiin kehityskohteita, jotka liittyivät keskusvaraston muodostamiseen ja yleisesti yrityksen varastointiin. Työssä huomattiin, että varastossa on paljon kiertämättömiä nimikkeitä, joilla ei ole ollut kulutusta vuonna 2018. Tilausohjautuvien nimikkeiden osalta tämä on epätarkka mittari. Todetaan kuitenkin, että kiertämättömiä varastoitavia nimikeitä on merkittävästi ja niiden oleellisuutta kannattaa tulevaisuudessa tarkastella. Näin voitaisiin alentaa myös sitoutunutta pääomaa, mikä on yksi yrityksen tämän hetken tärkeimmistä tavoitteista. Mahdollinen varastotasojen aleneminen vaikuttaisi myös keskusvaraston vaatimaan kapasiteettiin.

Toinen havaittu kehityskohde on diplomityössä varmuusvaraston määrittämiseksi käytetty menetelmä, joka ei anna optimaalista tasoa. Yrityksen käyttämänä perusmenetelmänä tulosten kuitenkin oletetaan antavan riittävän tarkkuuden todellisuudesta. Diplomityön kirjoittamishetkellä yritys on laajentamassa ennusteohjausmenetelmän käyttöä, minkä odotetaan alentavan varastotasoja. Tästä huolimatta diplomityössä ehdotetaan, että varmuusvarastojen muodostumiseen kiinnitetään entistä enemmän huomiota. Diplomityössä ei myöskään otettu huomioon pooling-efektin potentiaalia. Todennäköisesti keskusvarastoa perustaessa pooling-efekti hyödyt saadaan käyttöön pidemmällä aikavälillä vähittäisen optimoinnin kautta. Nämä kehityskohteet huomioiden voidaan todeta, että diplomityön kapasiteettiarviossa on vielä tehostumispotentiaalia.

Diplomityön analyysimenetelmien tuottama epätarkkuus on tiedostettu ja sitä on pyritty huomioimaan lopullista keskusvaraston vaatimassa kapasiteettiarviossa. Nyt työssä tuloksena annettavan kapasiteettiarvion uskotaan vastaavan lähitulevaisuudessa perustettavan keskusvaraston tilantarvetta. Jos keskusvaraston perustamista lykätään kauemmas tulevaisuuteen, yrityksen tulee arvioida tilannetta uudestaan, sillä tilantarpeet ovat voineet muuttua diplomityön tarkasteluhetkeen verrattuna. Tällöin diplomityötä voidaan käyttää lähtökohtana, johon verrataan

mahdollisia muutoksia yrityksen toiminnassa. Esimerkiksi herkkyysanalyysi-työkalu on hyvä lähtökohta uuden kapasiteetin määrittämiseksi, jos kysyntäennusteet muuttuvat merkittävästi. Jos materiaalien pakkaus- tai käsittelyperiaatteet tulevaisuudessa poikkeavat merkittävästi nykyisistä, tulee se myös ottaa huomioon uudessa kapasiteettiarviossa. Diplomityön tulokset koskevat vain kohdeyritystä, eikä niitä voi yleistää muihin yrityksiin. Kuitenkin analysointimenetelmiä ja -periaatteita voidaan soveltaa muillekin organisaatioille samankaltaisten tutkimuskysymysten selvittämiseksi.

Diplomityön tuloksia käytetään keskusvaraston fyysisen koon ja investoinnin arvon määrittämiseksi. Työssä ei ole käsitelty laajemmin mahdollisia varastointi-ratkaisuja, joten ne täytyy ottaa varaston suunnittelussa erikseen huomioon. Todellisten varastopaikkojen ja -laitteistojen suunnittelussa tulee ottaa huomioon, että diplomityössä on käytetty karkeaa nimikkeiden luokittelua. Esimerkiksi pientavarapaikoille ei ole määritelty yksiselitteisiä säilytysratkaisuja, eikä kuormalavojen pakkauskorkeuksia ole analysoitu riittävän tarkasti. Automatisointi-ratkaisuja suunnitellessa varastointiteknologian rajoitteet tulee myös arvioida.

Tulosten mukaan varastojen keskittäminen vähentää sitoutunutta pääomaa ja tehostaa varastointiprosesseja ja sitä kautta voi alentaa kustannuksia. Investoinnin toteuttamispäätöksessä tulee lisäksi ottaa huomioon sen vaikutus kohdeyrityksen toimintaan. Keskusvarastolla on suuri potentiaali tehostaa yrityksen toimintaa, mutta siinä nähdään myös olevan riskejä. Erityisesti huoltokeskuksessa nähdään, että investoinnilla voi olla negatiivinen vaikutus heidän liiketoimintaansa. Toisaalta vaikka materiaalit keskitettäisiin fyysisesti, voidaan pohtia mahdollisuutta huoltokeskuksen ja tuotannon varastojen erillään pitämistä toiminnanohjaus-järjestelmässä. Diplomityössä ei oteta kantaa investointi-päätökseen, mutta korostetaan kokonaisuuden arvioinnin tärkeyttä.

9 YHTEENVETO

Kohdeyrityksen visiona on kehittää varastointia keskittämällä nykyiset tuotantovarastot yhteen sekä tehostaa varastointiprosesseja automatisoimalla toimintoja. Diplomityön tavoitteena on selvittää, kuinka suuren tilakapasiteetin keskusvarasto tarvitsee. Työn tuloksia käytetään varastoinvestoinnin mitoittamiseen ja investointilaskelmien tueksi.

Työ koostuu teoriaosiosta sekä kahdesta empiriaosiosta. Teoriaosiossa käsitellään teollisuusyrityksen varastointia ja siihen lukeutuvia prosesseja. Teoreettinen viitekehys tarjoaa lisäksi perusteet varastojen hallinnasta sekä keinoja keskusvaraston muodostamiseksi. Ensimmäinen empiriaosio on nykytila-analyysi, jossa selvitetään kohdeyrityksen yleisiä toimintaperiaatteita sekä syvennytään hajautettujen varastojen muodostumiseen. Tuloksena nimikkeet luokiteltiin varastopaikkojen tyypin mukaan ja määriteltiin, millainen niiden tilankäyttö on. Haasteena oli nimikkeiden suuri määrä sekä vaihtelevat lähtötiedot.

Toinen empiriaosio käsittelee keskusvaraston muodostamista, jonka lähtökohtina käytettiin nykytila-analyysin tuloksia sekä teoreettisen viitekehyksen tarjoamia työkaluja. Keskusvaraston muodostamisen tärkeimmät vaiheet ovat keskitettyjen varastotasojen määrittäminen ja tarvittavan kapasiteetin arvioiminen. Työssä päädyttiin ehdottamaan keskusvaraston kapasiteetiksi seuraavaa:

- Pientavarapaikkoja 4700
- Kuormalavapaikkoja 6100
- Lattiapaikkoja 260

Todettiin, että käytetyt menetelmät sisältävät tiettyä epätarkkuutta, mutta se on pyritty ottamaan laskelmissa huomioon. Työssä tiedostetaan, että keskusvaraston varastotaso perustuu vahvasti nykytilaan, jossa on kehittämispotentiaalia. Työn tulevaisuuden kehittämiskohteiksi ehdotettiin huonosti kiertävien nimikkeiden tarkempaa analysointia ja niiden määrän karsimista sekä varmuusvarastojen

määrittämisen menetelmien kehittämistä. Lisäksi havainnollistettiin pooling-efektin mahdollistamaa potentiaalia keskitetyn varastotason alentamiseksi. Nämä asiat huomioon ottaen todetaan, että työssä muodostetussa keskusvarastossa on paljon kehitettävää, minkä vuoksi kapasiteettiarvio saattaa olla lievästi ylimitoitettu. Tämän ajatellaan olevan hyväksyttävää, koska näin käytössä on eräänlainen sisäänrakennettu varmuusvara laskennan sisältämiä epätarkkuuksia vastaan.

Johtopäätöksenä todetaan, että keskusvaraston perustamisella voitaisiin saada pienennettyä varastotasoja, tehostettua varastointiprosesseja sekä vähennettyä sidottua pääomaa. Työssä lisäksi tarkasteltiin keskittämisen vaikutuksia kohdeyrityksen toimintaan. Todettiin, että investointi sisältää merkittäviä mahdollisuuksia, mutta mahdollisesti myös haasteita liiketoiminnan kannalta. Nämä asiat kannattaa ottaa huomioon investointipäätöstä tehdessä. Diplomityössä vastattiin jokaiseen tutkimuskysymykseen ja tulosten odotetaan olevan luotettavia. Diplomityö toimii hyvänä lähtökohta, kun varsinaista keskusvarastoa ja varastointiratkaisuja suunnitellaan.

LÄHTEET

Babai, M. Z. & Dallery, Y. 2009. Dynamic versus static control policies in single stage production-inventory systems. *International Journal of Production Research*. Vol. 47, nro. 2, s. 415-433.

Chopra, S & Meindl, P. 2013. Supply chain management – strategy, planning, and operation. 5. painos. Harlow. Pearson Education Limited. 528 s.

Fogarty, D. W. Blackstone, J. H. Hoffmann, T. R. 1991. Production & inventory management. 2. painos. Cincinnati. South-Western Publishing Co. 870 s.

Hopp, W. J. 2011. Supply chain science. Waveland Press Inc. 230 s.

Li, L. 2007. Supply chain management: concepts, techniques and practices – enhancing value through collaboration. Singapore. World Scientific. 347 s.

Logistiikan maailma. 2019b. Maantiekuljetusten hinnoittelu. [WWW-sivut]. viitattu [15.2.2019]. Saatavilla: http://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/maantiekuljetus/hinnoittelu/

Manzini, R. 2012. Warehousing in the global supply chain: advanced models, tools and applications for storage systems. Lontoo. Springer. 483 s.

Myerson, P. 2012. LEAN Supply chain & logistics management. New York. McGraw-Hill. 270 s.

Oeser, G. 2015. Risk-pooling essentials: reducing demand and lead time uncertainty. Cham. Springer. 91 s.

Richards, G. 2011. Warehouse Management – A complete guide to improve efficiency and minimizing costs in the modern warehouse. Lontoo. Kogan page. 324 s.

Ross. D. 2015. Distribution planning and control: managing in the era of supply chain management. 3. painos. Boston. Springer. 915 s.

Rushton, A. Croucher, P & Baker, P. 2006. The handbook of logistics and distribution management. 3. painos. Lontoo. Kogan page. 612 s.

Scott. C, Lundgren. H & Thompson. P. 2018. Guide to supply chain management: an end to end perspective. 2. painos. Springer. 208 s.

Segerstedt. A. 2006. Master Production Scheduling and a comparison of Material Requirements Planning and cover-time planning. *International Journal of Production Research*. Vol. 44, nro. 18-19, s. 3585-3606.

Slack. N, Chambers. S & Johnston. R. 2010. Operations management. 6. painos. Pearson Education. 686 s.

Vollmann, T. E. Berry, W. L. Whybark, D. C ja Jacobs, F. R. 2005. Manufacturing planning and control systems for supply chain management. 5. painos. New York. McGraw Hill. 598 s.

Vrat, P. 2014. Materials management – an integrated systems approach. New Delhi. Springer. 408 s.

Waters. D. 2009. Supply chain management: An introduction to logistics. 2. painos. Palgrave Macmillan. 511 s.