

# **Tuulivoimalavaihteiden huoltotoiminnan materiaalinhallinnan analyysi ja kustannus selvitys**

Ville Valtonen

Opinnäytetyö  
Helmikuu 2018  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Insinööri (AMK), logistiikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Valtonen, Ville	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Helmikuu 2018
	Sivumäärä 50	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Tuulivoimalavaihteiden huoltotoiminnan materiaalinhallinnan analyysi ja kustannusel- vitys</b>		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), logistiikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Jukka Lanu		
Toimeksiantaja(t) Moventas Gears Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Moventas Gears Oy:llä oli tarve selvittää tuulivoimavaihteistojen huoltotoiminnan materi- aalinhallinnan prosesseja ja kustannuksia erityisesti romuosien käsittelyssä.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka paljon romupurkuosia kuljetetaan, varastoi- daan ja käsitellään sekä millaisia kustannuksia toimintaan liittyy. Myös materiaalinohjauk- sen pullonkauloja sekä purettujen vaihteiden osien seisonta-aikoja haluttiin selvittää. Tie- toa kerättiin pääasiassa haastattelemalla. Lisäksi tutkittiin yritykseltä saatua materiaalia ja hyödynnettiin Lean-toiminnanohjausjärjestelmästä kerättyä tietoa. Opinnäytetyön teo- reettisena viitekehyksenä raportissa käsitellään materiaalinohjausta, varastointia ja materi- aalinhallintaa sekä varastoinnin ja kuljetuksien kustannuksia.</p> <p>Raportissa kuvataan vaihteen purkuprosessi vaihteen saapumisesta varastointiin. Myös mahdollisia pullonkauloja käsitellään. Kustannuksista selvitettiin alueittain eritellen varas- tointi-, kuljetus- ja käsittelykustannukset, ja lopuksi kustannukset koottiin yhteen. Kustan- nuksia laskettiin käyttämällä hyväksi saatuja sopimushintoja sekä hyödyntämällä jo ole- massa olevia kustannuslaskelmia. Pohjana kustannuslaskelmassa käytettiin romutuslistoi- hin perustuvaa arviota syntyvästä romulavamäärästä, josta laskettiin keskiarvo ja keskiha- jonta sekä purettujen vaihteiden määrää vuositasolla. Näin saatiin arvio purkuosien kus- tannuksista.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksista huomataan varastoinnin muodostavan suurimman osan romula- vojen kustannuksista. Lisäksi selviää, että varsinaista turhaa työtä ei romuosien käsittelyssä ole havaittavissa. Liioin selviä pullonkauloja prosessissa ei ole.</p> <p>Vaikka opinnäytetyössä ei havaittukaan varsinaisin puutteita prosesseissa, on prosessien kehittäminen tärkeää, sillä tuulivoimaloiden määrän kasvaessa maailmanlaajuisesti tulee purettavien vaihteiden määrä kasvamaan.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) Logistiikka, purkukustannukset, käsittely, varastointi, materiaalinohjaus, materiaalinhal- linta, tuulivoimalavaihte		
Muut tiedot		

Author(s) Valtonen, Ville	Type of publication Bachelor's thesis	Date February 2018 Language of publication: Finnish
	Number of pages 50	Permission for web publication: x
Title of publication <b>An analysis and cost calculation of wind turbine gearbox service material management</b>		
Degree programme Degree Programme in Logistics		
Supervisor(s) Lanu, Jukka		
Assigned by Moventas Gears Ltd		
Abstract  <p>Moventas Gears Ltd had a need to clarify the wind turbine gearbox service material guidance processes and costs, especially with regard to scrap part handling.</p> <p>The aim of the thesis was to examine the extent to which scrap parts were transported, warehoused and handled as well as to determine the related costs. In addition, the focus was on the dismantled gearbox parts' idle times and bottlenecks in material guidance. Information was collected with interviews and by studying materials given by the company and by collecting information from Lean ERP system. The theory of the thesis was based on material guidance, warehousing and material management as well as on warehousing and transportation costs.</p> <p>This report focused on the gearbox dismantling process from arrival to sending the gearbox back to the customer. In addition, possible bottlenecks were discussed. The costs were examined in their designated areas by separating the warehousing, transportation and handling cost. Finally, the costs were collected together. They were calculated by using the given contract prices and existing cost calculations. As a basis of the cost calculation, estimates of scrap part quantities produced by each dismantled gearbox were used. The estimates were calculated by using an average of the produced scrap parts and standard deviation.</p> <p>According to the results, most of the scrap part costs consisted of warehousing costs. In addition, it was discovered that no unnecessary work could be identified in handling the scrap parts and that there were no bottlenecks in the process.</p> <p>Although no actual deficiencies were identified in the service processes, it was deemed important to develop them because, as the share of wind power is growing globally, the number of dismantled gearboxes will grow.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) Logistics, dismantling costs, handling, warehousing, material guidance, material management, wind turbine gearbox		
Miscellaneous		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>4</b>
1.1	Opinnäytetyön tausta ja aiheen valinta .....	4
1.2	Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet.....	4
1.3	Tutkimusmenetelmät .....	5
1.3.1	Kvalitatiivinen tutkimus.....	5
1.3.2	Tutkimustrategian ja tutkimusmenetelmän valinta .....	6
1.4	Moventas Gears Oy .....	8
<b>2</b>	<b>Materiaaliohjaus .....</b>	<b>9</b>
2.1	Varastonohjaus.....	9
2.1.1	Varastolähtöinen ohjaus.....	11
2.1.2	Imuohjaus .....	12
2.2	Tuotannonohjaus ja tuotanto .....	13
2.3	Ohjausjärjestelmät .....	16
<b>3</b>	<b>Varastointi ja materiaalinhallinta.....</b>	<b>17</b>
3.1	Varastoinnin syyt.....	17
3.2	Varastotoiminnot .....	20
3.2.1	Tavaran vastaanotto.....	20
3.2.2	Keräily .....	21
3.2.3	Pakkaaminen ja lähetys .....	22
3.3	Pullonkaula .....	23
<b>4</b>	<b>Varastoinnin ja kuljetuksien kustannukset .....</b>	<b>24</b>
4.1	Varastoinnin kustannukset ja laskutavat .....	24
4.1.1	Jakolaskenta.....	24
4.1.2	Lisäyslaskenta .....	25
4.1.3	Toimintolaskenta .....	26

	2
4.2 Kuljetuskustannukset .....	28
4.3 Käsittelykulut.....	29
<b>5 Nykytila-analyysi .....</b>	<b>30</b>
5.1 Vaihteiden purkuprosessi.....	30
5.1.1 Logistiikan osa purkuprosessissa .....	33
5.1.2 Materiaalivirta .....	34
5.2 Varastointi .....	35
5.3 Kuljetukset.....	38
5.4 Käsittely .....	40
5.5 Kustannukset.....	42
5.6 Tulokset .....	44
<b>6 Pohdinta.....</b>	<b>46</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>48</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>50</b>
Liite 1. Purkuprosessikaavio .....	50

## Kuviot

Kuvio 1. Varastonohjauksen tuoman lisäarvon rakenne (Hokkanen, Luukkanen & Karhunen 2011, 201).....	10
Kuvio 2. Kolme osatekijää varastonohjauksessa (Hokkanen & Virtanen 2012, 73). ...	11
Kuvio 3. Tuotannonohjauksen rakenne (Miettinen 1993, 25).....	14
Kuvio 4. Purkuprosessin alku.....	30
Kuvio 5. Purkujonosta purettavaksi .....	31
Kuvio 6. Purettu vaihde varastointiin.....	32
Kuvio 7. Lopputoimenpiteet.....	33

## Taulukot

Taulukko 1. Tuotannon ohjausvaihtoehdot. (Ritvanen, Inkiläinen, Bell & Santala 2011, 48-49.) .....	15
Taulukko 2. Varastointikustannukset.....	36
Taulukko 3. Varastotilanne 2017 .....	37
Taulukko 4. Purettu vaihteet vuonna 2017.....	38
Taulukko 5. Kuljetuskustannukset.....	39
Taulukko 6. Romulavojen kuljetukset .....	39
Taulukko 7. Logistikas Oy käsittelykulut .....	40
Taulukko 8. Ikola/Rautpohja lavojen käsittely .....	41
Taulukko 9. Purettu vaihteet käsittely yhteensä .....	41
Taulukko 10. Kustannukset yhteensä.....	42
Taulukko 11. Service varastotasot Logistikas Oy .....	43
Taulukko 12. Tulokset koottuna.....	44

# 1 Johdanto

## 1.1 Opinnäytetyön tausta ja aiheen valinta

Moventas Gears Oy on pitkään toiminut tuulivoimavaihteiden valmistajana. Uusien vaihteiden valmistamisen lisäksi merkittävä osa toiminnasta on myös kilpailevien valmistajien ja omien vaihteiden huoltamista eli service-toimintaa.

Vaihteiden tullessa huoltoon Moventakselle vaihde puretaan ja osien kunto tarkastetaan. Osa osista menee korjattavaksi ja hiontaan, osa voidaan hyödyntää sellaisenaan, mutta jotkut niistä ovat myös romua. Romuosia ei voida pääsääntöisesti hyödyntää kokoonpanossa, vaan ne varastoidaan asiakassopimusten mukaisesti. Osa romuosista voidaan myös varastoida vakuutusyhtiötä varten.

Moventakselle on kertynyt paljon romuosia varastoon vuosien aikana ja niiden lopullinen romuttaminen on ollut hidasta. Purettujen vaihteiden osat vievät paljon varastotilaa ja niiden suojaaminen, pakkaaminen, käsittely ja kuljetus vaativat resursseja, mikä aiheuttaa kustannuksia. Näitä selvittämällä voitaisiin saada tietoa romuosiin liittyvistä kustannuksista kokonaisuudessaan.

Suurin osa purettujen vaihteiden osista varastoidaan Säynätsaloon Logistikas Oy:lle, joka perii maksun varastopaikasta ja lavan käsittelystä. Lavat kuljetetaan Logistikas Oy:lle paikallisilla kuljetuksilla, pääasiassa puoliperävaunuyhdistelmällä.

## 1.2 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on analysoida tämänhetkisen service-toiminnan eli huolto-toiminnan materiaalinhallintaa ja siihen liittyviä kustannuksia.

Tarkoituksena on tarkastella service-toimintaan vaikuttavia materiaaliyhdistelmien pullokauloja. Lisäksi selvitetään, kuinka paljon tällä hetkellä kuljetetaan ja varastoidaan romua sekä tuodaan esille, kuinka paljon siitä aiheutuu kustannuksia. Myös turhan työn määrää sekä purettujen vaihteiden osien seisonta-aikoja analysoidaan.

### Tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

- Kuinka paljon romuosia kuljetetaan ja varastoidaan?
- Kuinka paljon romuosat aiheuttavat kustannuksia ja turhaa työtä?
- Missä purettujen vaihteiden osat seisovat kauiten tuottamatta lisäarvoa ja miksi?
- Mitkä ovat service-materiaalinohjauksen pullonkaulat?

## 1.3 Tutkimusmenetelmät

### 1.3.1 Kvalitatiivinen tutkimus

Opinnäytetyö on tapauskohtaista tapaustutkimusta. Työssä tutkitaan yrityksen tiettyä toiminnan osa-aluetta ja siihen liittyvää varastointia, kuljetuksia, materiaalinkäsittelyä ja materiaalinohjausta. Tutkimuksen tarkoituksena on luoda nykytilan kuvaus toiminnasta ja esittää keskeisiä lukuja toiminnasta, lisäksi tunnistaa mahdollisia ongelmakehtia. Tutkimuksessa hankitaan teoreettista tietoa liittyen tutkimukseen. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 134.)

Tutkimus on laadullista eli kvalitatiivista tutkimusta, jonka tarkoituksena on kuvata todellista toimintaa. Tutkimukseen liittyy oleellisesti tutkimuskohteen moninaisuus. Tutkimuksessa on kuitenkin otettava huomioon, että tutkimuskohdetta ei voida rikkoa mielivaltaisesti moneen osaan. Kvalitatiivisen tutkimuksen tarkoituksena on tutkia tutkimuskohdetta kokonaisvaltaisesti, huomioiden kuinka tapahtumat voivat vaikuttaa ja muokata toisiaan samanaikaisesti. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 161.)

Kvalitatiivisen tutkimuksen yksi tyypillinen piirre on ihmisen suosiminen tiedon keruun työkaluna. Tutkimuksessa luotetaan omiin havaintoihin ja keskusteluun toisten ihmisten kanssa enemmän kuin mittausvälineillä hankittavaan tietoon. Tutkimuksen apuna voidaan täydentävää tietoa hankkia myös esimerkiksi erilaisilla testeillä ja lomakkeilla. Tätä voidaan perustella sillä, että ihminen on tarpeeksi joustava sopeutumaan erilaisiin ja vaihteleviin tilanteisiin. Keskusteluissa toisten ihmisten kanssa voidaan hyödyntää laadullisia metodeja. Laadullisilla metodeilla saadaan tuotua paremmin esille haastateltavan näkökulmat. Laadullisia metodeja ovat mm. teemahaastattelu ja ryhmähaastattelu. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 164.)



Kvalitatiivisen tutkimuksen päämääränä on tutkimuksen kohteen ymmärtäminen. Useimmissa tapauksissa tutkija aloittaa tutkimuksen kartoittamalla alueen, jossa toimitaan. Jos tarkoituksena on esimerkiksi tutkia logistiikan tehokkuutta, voidaan tutkimus aloittaa haastattelemalla logistiikan työntekijöitä. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 181.)

Kvalitatiiviseen tutkimukseen liittyy myös ongelmia. Haastatteluja voidaan esimerkiksi jatkaa niin kauan, että ne tuovat tutkijalle uutta tietoa. Tutkija ei ole tuolloin enakkoon päättänyt, kuinka monta kohdetta hän aikoo haastatella. Tutkijan kokemus ja koulutus tuolloin rajaavat sen, kuinka paljon uusia näkökulmia tutkija voi haastatteluista löytää tai huomata. Haastattelua usein voidaankin jatkaa niin kauan, kunnes samat asiat alkavat kertautua haastatteluissa. Tutkija ei voi kuitenkaan olla varma, milloin tuo piste on saavutettu. Puhutaankin aineiston riittävydestä eli kylläisyydestä, jota tutkijat pitävät ohjenuorana aineistoa kerätessä. Tutkittaessa yksittäistä tapausta tarpeeksi riittävästi, voidaan havaita mikä tutkimuksessa on merkittävintä, sen toistuessa yleisellä tasolla useimmin. Tällöin voidaan tehdä päätelmiä yleistävyyttä ajatellen. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 182.)

### 1.3.2 Tutkimustrategian ja tutkimusmenetelmän valinta

Tutkimusstrategialla tarkoitetaan kokonaisuutta, joka muodostuu menetelmällisten ratkaisujen kokonaisuudesta. Tutkimusstrategiasta voidaan erottaa suppeampi käsite tutkimusmetodi. Strategian ja yksittäisen metodin valinta perustuu tutkimuksen ongelmiin tai tutkimustehtävään. Tutkimusstrategiana voidaan pitää kuinka tulokseen päästään, ja tutkimusmetodilla yksittäistä keinoa, jolla tulos saavutetaan. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 133.)

Tutkimusmenetelmää valittaessa on otettava huomioon, mistä tietoa etsitään, keneltä tietoa etsitään tai minkälaista tietoa etsitään. Myös tutkimusstrategiat rajoittavat valittavia menetelmiä. Kun tutkimustehtävä ja tutkimusstrategia on päätetty, voidaan valita sopivat menetelmät ongelman ratkaisemiseksi. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 184.)

Menetelmiä on saatavilla paljon, joista suosituimpina voidaan pitää haastatteluja, havainnointia ja kyselylomaketta. Menetelmiin liittyy etuja ja rajoituksia, jotka on otettava huomioon menetelmää valittaessa. Tutkimusmenetelmän valintaan on myös olemassa perussääntöjä, joita voidaan hyödyntää. Tutkittaessa ihmisten julkista toimintaa käytetään yleensä havainnointia. Jos halutaan tutkia ihmisten toimintaa yksityiselämässä, voidaan apuna käyttää kyselylomakkeita ja haastatteluja. Standardoituja testejä voidaan hyödyntää, jos halutaan saada vertailukelpoinen tulos, esimerkiksi jos tutkittaisiin älykkyyttä. Menetelmiä valittaessa on otettava huomioon tutkimukseen käytettävä aika ja resurssit. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 185.)

Tutkimuksessa käytetyn tiedonkeruumenetelmän tulee olla aina perusteltu. Kvalitatiivisen tutkimuksen päämenetelmänä pidetään haastattelua. Etuina haastattelussa on sen joustavuus ja mahdollisuus tulkita vastauksia. Haastattelijalle on myös mahdollisuus esittää lisäkysymyksiä helposti, toisin kuin esimerkiksi kyselyissä, haastattelutavat ovat yleensä myös tavoitettavissa jälkikäteen. Haastattelun haittana on sen käyttämä aika, yksinkertaiseen ongelmaan useasti onkin parempi hakea vastaus kyselylomakkeella. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 205-206.)

Kyselyillä ja haastatteluilla voidaan saada vastaus siihen mitä henkilö itse kokee. Kuitenkaan ei ole mahdollista saada selville mitä henkilön ympärillä todella tapahtuu. Havainnointia voidaan hyödyntää, kun halutaan tietää mitä kohteen ympärillä tapahtuu. Toimivatko ihmiset todella siten, kuinka haastattelussa ovat kertoneet? Havainnointi on yksi tieteiden perustemenetelmistä, ja monella tieteenalalla on omat menetelmänsä havainnointiin. Havainnointi mahdollistaa välittömän tiedon saamisen suoraan kohteen toiminnasta, mitä pidetään suurimpana etuna havainnoinnissa. Havainnointi sopii hyvin kvalitatiivisen tutkimuksen menetelmäksi, koska se on todellisen maailman tutkimista, jolloin vältetään keinotekoisuus; tämä ei kuitenkaan koske laboratorioissa tapahtuvaa tutkimusta. Havainnoimalla on mahdollista saada tietoa, jonka saaminen haastattelussa ei ole mahdollista, esimerkiksi vuorovaikutus toisten ihmisten välillä. Havainnointia on kuitenkin kritisoitu siitä, että se voi vaikuttaa tutkittavaan kohteeseen väärentäen tilannetta. Objektiviivisuus voi kärsiä, jos havainnoija sitoutuu emotionaalisesti tutkittavaan. Havainnoitsijan läsnäolo voi myös vaikuttaa tutkittavaan ympäristöön. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 212-213.)

Osallistuvalla havainnoinnilla voidaan tutkia toimintaa, osallistumalla siihen. Tutkijan tavoitteena on päästä osaksi tutkittavien toimintaa, ja saada jokin rooli tutkittavassa ryhmässä. Tutkija voi osallistua ryhmän toimintaan täydellisesti, jolloin tutkimuksesta kerrotaan tutkittaville jälkikäteen. Vaihtoehtona on myös tutkimuksesta kertominen tutkittaville heti alussa, jolloin ryhmä on tietoinen tutkijasta alusta alkaen. Osallistuva tutkimus mahdollistaa kokonaisvaltaisen kuvan saamisen kohteiden toiminnasta. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 216-217.)

#### 1.4 Moventas Gears Oy

Moventas Gears on valmistanut tuuliturbiinivaihteita jo vuodesta 1980 ja on yksi maailman suurimmista alan toimijoista. Toiminta on kasvanut vuodesta 1980 jatkuvasti, ja yhtäaikaisesti on tapahtunut myös kehitystä. Moventas tarjoaa globaalisti laajoja huoltopalveluita valmistamilleen vaihteille ja myös kolmannen osapuolen eli kilpailijoiden vaihteille. Moventas Gears on suomalainen yhtiö, jonka päätoimipiste ja pääkonttori sijaitsevat Jyväskylässä Keski-Suomessa. Moventaksen omistaa skotlantilainen teollisuuteen sijoittava konserni Clyde Blowers Capital. Tuuliturbiinivaihteita valmistava puoli jakautui teollisuusvaihteita valmistavasta Santasalosta vuonna 2015. Yrityssaneerauksen tuloksena tapahtunut jakautuminen vakautti Moventaksen taloutta ja loi samalla perustaa aiemmin tapahtuneelle uudelleenbrändäykselle (Rahkonen 2015). (Moventas Gears Oy:n yritysesittely 2015.)

Tällä hetkellä Moventaksella on toimintaa 14 eri maassa. Moventas työllistää nykyään noin 500 henkilöä joista noin 400 työskentelee Suomessa. Pääkonttori ja pääkoonpanoverstas sijaitsevat Jyväskylässä Ikolassa Etelä-Keljossa. Tehdas on nykyaikainen ja tyypillisestä tehtaasta poiketen hyvin puhdas ympäristö. Erityisesti turvallisuuden on kiinnitetty huomiota. Toinen Jyväskylän toimipisteistä, jossa suurin osa huoltotoiminnasta tapahtuu, sijaitsee Rautpohjassa. Huoltotoiminta on Moventakselle tärkeää, sillä huollettavien vaihteiden määrä kasvaa koko ajan vaihdekannan vanhetessa. Moventas on pyrkinyt toiminnallaan saamaan omien huollettavien vaihteiden lisäksi kolmannen osapuolen vaihteita entistä enemmän huollettavaksi. Korkeat laatustandardit, asiakassuhteiden kehittäminen ja huoltoverkoston laajentaminen onkin kasvattanut huoltosuunnan toimintaa merkittävästi. (Moventas Gears Oy:n yritysesittely 2015.)

Moventas on maailmalla tunnettu erityisesti korkeasta laadustaan. Laatu on tärkeä osa suunnittelua ja vaihteiden valmistusta. Vaihteita ja osien valmistusta jäljitetään läpi kokoonpanon ja kerätyt tiedot säilytetään tuotteen elinkaaren hallintajärjestelmässä (PLM). Osien valmistuksessa materiaalin laatua ja mittoja seurataan mittamalla. Osien valmistuksen avainprosessit Moventaksella tehdään itse. Lopuksi vaihteet käyvät läpi myös kattavan testauksen, jossa myös asiakasvaatimukset otetaan huomioon. Suunnittelun tavoitteena on saada vaihteista mahdollisimman kestäviä ja keveitä, sillä asiakkaille vaihteiden teho-painosuhte on tärkeä ominaisuus. (Moventas Gears Oy:n yritysesitys 2015.)

## **2 Materiaalinhojaus**

### **2.1 Varastonhojaus**

Varastot koostuvat raaka-aineista, puolivalmisteista, keskeneräisistä töistä (KET) ja valmiista tuotteista. Tarpeettomista varastoista toimitusketjussa ei ole hyötyä. Lisämallä varastoa suurimmassa osassa tapauksista ei saavuteta lisäarvoa tuotteelle vaan kustannukset kasvavat. Logistiikan päämäärä yleisesti on tuottaa lisäarvoa yritykselle

tai asiakkaalle mahdollisimman pienillä kustannuksilla. (Hokkanen, Luukkanen & Karhunen 2011, 200.)

Varastonohjauksella tarkoitetaan toimintaa, jonka tarkoituksena on tasapainottaa kustannukset, toimituskyky ja laatu. Tarkoituksena tasapainotuksella on saada toiminta tuottamaan parhain mahdollinen lisäarvo yritykselle ja asiakkaille (Kuvio 1). (Hokkanen, Luukkanen & Karhunen 2011, 201.)



Kuvio 1. Varastonohjauksen tuoman lisäarvon rakenne (Hokkanen, Luukkanen & Karhunen 2011, 201).

Kustannustaso pyritään pitämään tuotannossa mahdollisimman matalana. Asiakkaiden tyytyväisyys ja toimitusvarmuus ei kuitenkaan saa kärsiä alhaisista kustannuksista huolimatta. Alhaisten kustannusten saavuttamiseksi on toiminnan oltava korkealaatuista. Nämä kolme tekijää yhdessä mahdollistavat lisäarvon tuottamisen asiakkaalle. (Hokkanen, Luukkanen & Karhunen 2011, 201.)

Lyhyen määritelmän mukaan varastonohjaus on varastoihin sitoutuvan pääoman hallintaa ja materiaaliavirtojen ohjausta. Apuna varastonohjauksessa käytetään ohjausjärjestelmiä. Ohjausjärjestelmiä on eri tyyppisiä, kuten raportointijärjestelmiä, kyselyjärjestelmiä ja analyysijärjestelmiä. Ohjausjärjestelmissä on tärkeää saada ennakkotieto kysynnästä, joten ohjausjärjestelmien on yllettävä myyntiin asti. Ennakkotiedon saaminen kysynnästä mahdollistaa pienemmän varaston ylläpidon, jolloin varastossa voidaan pitää pienempää varmuusvarastoa. Ohjausjärjestelmää voidaan käyttää myös tehokkuuden mittaamiseen varastossa, esimerkiksi voidaan hakea tietoa keräilyajoista. (Hokkanen & Virtanen 2012, 72.)

Onnistunut varastonohjaus on saatavuuden, varastotason ja käytetyn työmäärän saamista tasapainoon. Saatavuus voidaan saavuttaa korkeilla varastotasoilla ja korkealla työmäärällä. Tärkeää on myös kuitenkin korkea varaston kierto, joka voidaan saada aikaan matalilla varastotasoilla tai pienillä ostoerillä. Haasteena varastonohjauksessa on näiden kolmen alueen saaminen tasapainoon. (Hokkanen & Virtanen 2012, 73.)



Kuvio 2. Kolme osatekijää varastonohjauksessa (Hokkanen & Virtanen 2012, 73).

Toisinaan varastonohjausta pidetään toissijaisena toimintana, joka on pakollista toimintaa tuottavuuden kannalta. Hyvä materiaalinohjaus kuitenkin mahdollistaa joustavan ja hyvin virtaavan tuotannon, ja materiaalinohjauksen olennaisempia osa-alueita on varastonohjaus. (Hokkanen, Luukkanen & Karhunen 2011, 201.)

### 2.1.1 Varastolähtöinen ohjaus

Varastolähtöistä ohjausta pidetään kaikkein perinteisempänä materiaalin ohjauksen tapana. Ohjauksen toimintaperiaate muodostuu varaston täydennystarpeesta, joka saadaan materiaalinkirjanpidosta. Varastolähtöistä ohjausta käytetään useilla aloilla, esimerkiksi teollisuudessa, kauppojen varastoissa, palvelualan yrityksissä ja myös julkisessa hallinnossa. On myös mahdollista ohjata vain osa nimikkeistä varastolähtöisesti. Varastolähtöinen ohjaus soveltuu parhaiten tuotteille, joiden kulutus on jatkuvaa, mutta myös kausivaihtelut ovat mahdollisia. (Sakki 2009, 120.)

Varaston täydentämiseen on kaksi tapaa. Tavaratäydennykset voidaan tehdä, kun varastomäärä saavuttaa tietyn rajan eli tilauspisteen, jolloin kyse on tilauspistemenetelmästä. Tilaukset tehdään epäsäännöllisesti, koska tilauspiste määrää ajankohdan tilaukselle; kuitenkin tilauserä pidetään usein samana. Toisessa tavassa varastoa täydennetään tietyin väliajoin ja varastotaso pyritään tuolloin pitämään vaihtelemalla tilauserän kokoa. (Sakki 2009, 120.)

Varaston täydentämisessä on huomioon kolme tekijää. Ensimmäinen niistä on kokonaisaika tilauksen tekemisestä tavarantoimitukseen, eli hankinta-aika. Toinen on arvio hankinta-ajan aikana tapahtuvasta tavarantoimituksesta, eli tuleva menekki hankinta-aikana. Kolmas eri tärkein kuitenkin on varmuusvarasto, joka on raja-arvo varastolle, ja sen alle varaston arvo ei saisi laskea kuin ainoastaan poikkeustapauksissa. Varmuusvarasto tarvitaan puskuriksi, koska tavarantoimitusta ei voida ennustaa, ja myös toimittajasta aiheutuvat mahdolliset viivästykset tulee huomioida. Varmuusvarastoa ei tarvittaisi, jos kaikki toimitukset saapuisivat aina ajallaan, ja jos voitaisiin aukottomasti ennakoita, kuinka paljon tavaraa kuluu toimitusaikana. Varmuusvaraston koko määräytyy halutun toimitusvarmuuden varmuuskertoimen, hankinta-ajan ja tavarantoimituksen keskihajonnasta, jota nimitetään standardipoikkeamaksi. (Sakki 2009, 120-122.)

### 2.1.2 Imuohjaus

Imuohjaus voidaan määritellä materiaalin menekkiin perustuvaksi ohjausmenetelmäksi. Menetelmässä varastosaldoa seurataan aktiivisesti ja varastotäydennyksiä tilataan kysynnän mukaan. Tyypillisesti varastosaldoa valvotaan varastonvalvontaohjelmistolla. Ohjelmisto on usein yhteydessä myös tuotannonohjauksen ohjelmiin ja myyntiin. Myynnistä saadaan valmistusehdotus tuotannolle, jos valmistusvaraston saldo ei riitä kattamaan toimitusta. Tuotannonohjausohjelmisto tarkistaa raaka-ainetilanteen ja antaa täydennysehdotuksen, jos materiaalit ovat puutteellisia. Teollisuudessa toiminnasta käytetään nimitystä materiaalitovelaskenta eli MRP (Material Resource Planning). (Hokkanen, Luukkanen & Karhunen 2011, 206-207.) (Sakki 2009, 129.)

Imuohjaukseen liittyy myös käsite just-in-time, eli JIT, mutta suomen kielessä JIT-lyhenteen sijasta käytetään termiä JOT eli juuri oikeaan tarpeeseen. Käsite on syntynyt alun perin japanilaisessa autoteollisuudessa. JOT-toimintaa voidaan havainnollistaa esimerkiksi kanban-korttien muodossa. Kanban-toiminnassa kokoonpanon työvaiheet tilaavat vaadittavan määrän osia edelliseltä työvaiheelta. Kortti sisältää aina tietyn vakiotilauksen, joka toimitetaan vakio toimittajalle. Varastosaldon seuranta pohjautuu niin kutsuttuun kaksilaatikkajärjestelmään, joka muodostuu kahdesta samansuuruisesta osiosta. Kun ensimmäinen osio tyhjenee, lähetetään laatikossa oleva kortti toimittajalle, joka toimittaa täydennyksen. Nykyään kortteja on korvattu tietojärjestelmillä. Alkuperäisestä JOT-toiminnasta toiminta on laajentunut ja se vaikuttaa nykyään myös hankintaan ja myös ulkopuolisiin toimittajiin. Tehokas toiminta vaatii kuitenkin toimivat informaatiojärjestelmät ja nopean toimitusketjun. (Hokkanen, Luukkanen & Karhunen 2011, 206-207.) (Sakki 2009, 129.)

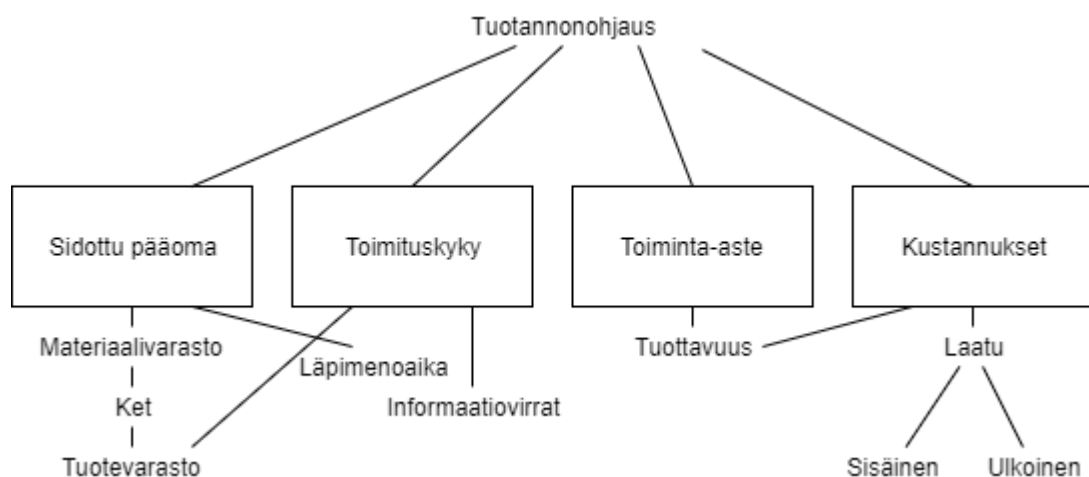
JOT-toiminnan perusidea ei ole pelkästään materiaalinohjauksessa, vaan sillä tarkoitetaan koko tuotantoketjun läpi yltävää ajattelua. JOT-toiminnassa tarkoitus on ottaa kantaa niin tuotesuunnitteluun, laitteistoon, laadun hallintaan, valmistukseen, varastoon ja tuottavuuteen, tavoitteena valmistuksen läpimenoajan lyhentäminen. JOT-toiminnan tavoitteena on myös saada pienemmät keskeneräisen työn (KET) varastot. Varastoinnin kulut alenevat pienemmän KET-varaston myötä ja myös varastotilaa tarvitaan vähemmän. Myös laadunhallinta helpottuu, kun keskeneräistä työtä on vähemmän, laatuvirheet voidaan paikallistaa helpommin pienemmissä varastoissa ja niihin voidaan puuttua nopeammin. Virheiden aiheuttajat voidaan tuolloin löytää ja myös poistaa nopeammin, jotta sama virhe ei toistuisi jatkossa. Lyhyesti tavoitteena on löytää keino oikeanlaatuisen tuotteen valmistamiseen yhdellä kertaa. (Sakki 2009, 129.)

## 2.2 Tuotannonohjaus ja tuotanto

Tuotannonohjaukseen kuuluvia toimintoja ovat suunnittelu, toteutus, informointi ja valvonta. Tavoitteena on saada tuotantojärjestelmien eri osat kuten logistiikka ja myynti toimimaan saumattomasti keskenään, jotta ennalta määrätyt tuotantotavoitteet voidaan saavuttaa. (Miettinen 1993, 23.)



Tuotannonohjaus koostuu viidestä eri päätekijästä: toimitusaika, toimitusvarmuus, valmistuskustannus, kapasiteetin toiminta-aste ja -suhde sekä sidottu pääoma. Toimitusaika määräytyy yrityksen läpimenoajan perusteella. Läpimenoaika on aika tilauksen saapumisesta tilatun tuotteen toimitukseen asiakkaalle. Toimitusvarmuudella kuvataan ajoissa toimitettujen tuotteiden ja kaikkien toimitusten suhdetta prosentteina. Valmistuskustannukset sisältävät tuotteen valmistukseen käytetyn työn ja materiaalien kustannukset. Toiminta-aste kuvaa tuotannon määrää, ja toimintasuhde toiminta-asteen ja kokonaiskapasiteetin suhdetta. Keskeneräinen tuotanto eli KET, materiaali-varasto ja valmistevarasto koostuvat raaka-aineista ja tehdystä työstä, ja nämä kaikki ovat yrityksen sidottua pääomaa. Tekijöitä voidaan painottaa eri tavalla tilanteesta riippuen, ja ne ovat osaltaan ristiriitaisia keskenään. Miettinen on kirjassaan Tuotannonohjaus ja logistiikka kuvannut tuotannonohjauksen rakenteen kuviossa 3. (Miettinen 1993, 24-26.)



Kuvio 3. Tuotannonohjauksen rakenne (Miettinen 1993, 25).

Asiakastarpeet, toimiala ja tuote määräävät tuotantomuodon. Tuotantomuodot voidaan jakaa materiaaliavirran perusteella eri kategorioihin: jatkuvaan, yhden tai useamman tuotteen tuotantoon, erä- ja työpajatuotantoon ja kiinteän aseman tuotantoon. Jatkuvassa tuotannossa tuotantolinja tuottaa yhtä tuotetta tai tuote-erää jatkuvasti, esimerkiksi sellutehtaissa tuotanto on jatkuvaa. Yhden tuotteen toistuva tuotanto edellyttää suuret myyntimäärät, eli silloin valmistetaan vain yhtä tuotetta kappaletavaruustuotantona. Usean tuotteen toistuva tuotanto tarkoittaa sitä, että yhdellä tuo-

tantolinjalla valmistetaan useita eri tuotteita toistuvasti. Bulkki- ja kappaletavaratuotannossa hyödynnetään erätuotantoa. Tuotteita tuotetaan erissä, koska volyyymiä ole riittäväsi omiin tuotantolinjoihin jokaiselle tuotteelle. Työpajatuotannossa tuotetaan pieniä eräkokoja, jotka määräytyvät asiakkaiden tilausten mukaan, ja yleensä myös läpimenoaika on pitkä. Kiinteän aseman tuotanto, eli esimerkiksi talonrakennus on projektituotantoa, joka voidaan myös yhdistää työpajatuotantoon. (Ritvanen, Inkiläinen, Bell & Santala 2011, 47-48.)

Taulukko 1. Tuotannon ohjausvaihtoehdot. (Ritvanen, Inkiläinen, Bell & Santala 2011, 48-49.)

Tuotannon ohjausvaihtoehdot				
	Tuotetyyppi	Tuotteiden elinkaari	Valikoima	Toimitusaika
Varasto-ohjautuva tuotanto (make-to-stock, MTS)	Säilyvä, vakio-tuote	Pitkä	Suppea	Lyhyt
Tilausohjautuva tuotanto (make-to-order, MTO)	Tuotteiden kysyntä vähäistä	Lyhyt	Laaja	Pitkä
Asiakasohjautuva kokoonpano (assemble-to-order, ATO)	Asiakkaan toiveet huomioidaan tarkasti	Lyhyt/Pitkä	Laaja	Pitkä
Asiakasohjautuva tuotesuunnittelu (engineer-to-order, ETO)	Asiakaskohtaiset tuotteet	Kysyntä vaihtelee	Laaja	Pitkä

Tuotannon läpimenoaika ja asiakkaan toimitusaikavaatimus voivat määrittää tuotannonohjausmuodon, mutta yrityksen sisällä on kuitenkin mahdollista, että ohjausmuoto voi vaihdella. Taulukkoon 1 on kerätty eri ohjausvaihtoehtojen ominaisuuksia, jotka vaihtelevat tuotetyyppien mukaan. Tuotannonohjauksessa on huomioitava asiakastilausohjautuvuus piste, eli Customer-Order-Decoupling Point CODP, tai Order Penetration Point, OPP. Ennen OPP-pistettä on mahdollista tuottaa tuotetta esimerkiksi sarjatuotannolla. Pisteestä jälkeen tuotteeseen kuitenkin yhdistetään asiakastilaus, ja tuotteesta tulee asiakaskohtainen. (Ritvanen, Inkiläinen, Bell & Santala 2011, 49-50.)

## 2.3 Ohjausjärjestelmät

Toiminnanohjausjärjestelmän (Enterprise Resource Planning, ERP) tarkoituksena on tukea tuotannon- ja toiminnanohjausta, järjestelmä kerää ja välittää tietoa eri toimintoista. ERP on hyvin yleinen suurissa yrityksissä, mutta pienemmissä yrityksissä sitä käytetään harvakseltaan. Toiminnanohjausjärjestelmät koostuvat yleensä moduuleista, joita voidaan ottaa käyttöön tarpeen mukaan, eikä kaikkia ominaisuuksia tarvitse ottaa käyttöön kerralla. Esimerkiksi teollisuudessa tyypillisiä moduuleja ovat tuotannosuunnittelu, tuotannonohjaus, jakelu, hankinta, myynti, taloushallinto ja kustannuslaskenta. ERP tukee myös suunnittelua sekä strategisia ja operatiivisia toimintoja, yhdistäen keskeisiä toimintoja yrityksessä. (Ritvanen, Inkiläinen, Bell & Santala 2011, 56.)

Materiaaliohjauksessa toimintaa tukee materiaalien tarvelaskenta eli MRP. Suunnittelussa tarvitaan tieto kysynnästä päivä- tai viikkotasolla, sen lisäksi on tiedettävä tuoterakenne, tuotekoodit, toimitusajat, läpimenoajat ja varastosaldot. ERP mahdollistaa kaiken tiedon keräämisen yhteen paikkaan, josta ne ovat saatavilla. Useiden ERP-järjestelmien kehitys onkin lähtenyt juuri materiaalitarvelaskennasta, ja sen ympärille on lähdetty kehittämään toiminnallisuutta, kuten taloushallintoa ja tuotannonohjausta. (Ritvanen, Inkiläinen, Bell & Santala 2011, 56.) (Toiminnanohjausjärjestelmä N.d.)

Osa toiminnanohjausjärjestelmää on myös varastonhallinta. Varastoinnin kustannuksista henkilöstön kustannusosuus on suurin, ja siksi henkilöstön työtehokkuuden parantaminen varastonhallintajärjestelmän avulla on olennaista. Varastonhallinnassa tavoitteena on varastotasojen hallinta. Hallinnassa on otettava huomioon varastoinnista aiheutuvat kustannukset sekä myös ohjauskustannukset, samalla huomioiden palvelutasovaatimukset. Sopivat varaston täydennykset ja täydennysten eräkoot saadaan ratkaistua varastonohjauksella. Tiukat toimitusaikavaatimukset, suuret eräkoot ja kysynnän ollessa tasaista ja ennustettavaa on logistiikan oltava hyvin varasto-ohjattua, sillä hyvin varasto-ohjattu logistiikka mahdollistaa suurten määrien ohjaamisen. (Ritvanen, Inkiläinen, Bell & Santala 2011, 62.) (Varastonhallintajärjestelmät N.d.)

Varastonhallintajärjestelmän avulla ohjataan logistiikan eri toimintoja, kuten materiaalien ja tuotteiden siirtäminen, vastaanotot, hyllytys, keräily, pakkaaminen ja toimitukset. Kaikki toimintoihin liittyvät tapahtumat kirjataan varastonhallintajärjestelmään ja tapahtumien kirjaamisessa hyödynnetään käytössä olevia tunnisteita kuten viivakoodeja, RFID-tarroja tai puheohjausta. Tapahtumien kirjaaminen mahdollistaa henkilöstön tehokkuuden seurannan ja parantamisen, ja sen lisäksi voidaan vähentää turhan työn määrää ja parantaa laatua. Järjestelmän avulla saadaan helpotettua ja tehostettua keräilyä, voidaan seurata tilauksia ja tuotteita ja voidaan vähentää keräilyssä mahdollisesti tapahtuvia virheitä. (Ritvanen, Inkiläinen, Bell & Santala 2011, 62.)

Viivakoodit mahdollistavat tuotteiden tietojen ja tapahtumien tehokkaan seuraamisen ja jäljittämisen. Tuotteet ja kappaleet voivat olla yksilöllisesti tunnistettavissa, jolloin jokaisen kappaleen tiedot ovat saatavissa. Viivakoodit sisältävät merkkijonon kappaleen tunnistamiseen ja ovat globaalisti standardisoitu teknologia. Viivakoodin lisäksi nykyisin on käytössä myös RFID-teknologia, joka sisältää samantapaisen merkkijonon kappaleen yksilöimiseen, mutta viivakoodin sijaan luetaan sirun sisältämä data radiotekniikan avulla. RFID-tagin tai tarran lukeminen on nopeampaa verrattuna viivakoodin lukemiseen sekä virheiden määrä vähentyy. Nykystandardien kehittyessä myös vaatimus jäljitettävyydestä lisääntyy ja toimitusketjun standardit ovat tärkeässä roolissa. Viivakoodit ja RFID-tagit ovatkin käytössä maailmanlaajuisesti, joten niiden sisältämä merkkijono on standardisoitu, eli sama viivakoodi tai tagi voidaan lukea missä tahansa. Standardit mahdollistavat toimitusketjun hallinnan ja tehostamisen yksinkertaisilla toimenpiteillä. (Ritvanen, Inkiläinen, Bell & Santala 2011, 62-65.)

### **3 Varastointi ja materiaalinhallinta**

#### **3.1 Varastoinnin syyt**

Varastoinnin tarve on löydettävissä lähes jokaisella liiketoiminnan alueella. Varastoja tarvitaan niin tuotannollisissa kuin palveluliiketoiminnassa, jotta liiketoiminta onnistuu. Varastoissa voidaan liiketoiminnasta riippuen varastoida niin siivoustarvikkeita, tuotannontarvikkeita ja sairaaloissa esimerkiksi lääkkeitä. Pelkästään varastointiin liittyviä yrityksiä on paljon ja niiden pääliiketoiminta on varastopalvelujen tuottaminen. Varastopalveluja yrityksiä voivat käyttää niin yksityiset ihmiset kuin teollisuuden

yrietyksetkin, jotka ovat esimerkiksi ulkoistaneet varaston. Varastointitarpeen laajuus on yleensä suoraan verrannollinen liiketoiminnan laajuuteen. Varastoa ei siis pelkätään liitetä suoraan logistiikkaterminaaliin tai keskusvarastoihin. Tarve varaston ylläpitoon voi olla hyvin moninainen. Yleensä tarve varastoon on yhteydessä asiakastarpeen täyttämiseen eli esimerkiksi autoihin tai laitteisiin voidaan tarvita varaosia niiden hajotessa, jolloin asiakastarpeen täyttäminen on pääasiallinen syy varastointiin. (Hokkanen & Virtanen 2012, 9-10.)

Varasto voi olla varastoitavien materiaalien väliaikainen tai lopullinen sijoituskohte. Väliaikaisena varastona voidaan pitää esimerkiksi terminaalia ja lopullisella sijoituspaikalla voidaan tarkoittaa esimerkiksi kaatopaikkaa, jonne materiaali päättyy elinkaarensa lopussa. Terminaali on yleensä materiaalille vain lyhytaikainen varasto, jonka tarkoituksena ei ole varastoida tuotteita, vaan käyttää tilaa kuljetuksien kokoamiseen. Tällöin terminaalin lattiatasoa hyödynnetään väliaikaisena varastona siirrettäessä lähetystä kuljetuksesta toiseen. Teollisuudessa varasto on usein myös väliaikainen varasto, sillä varasto ei muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta tuota varastoitavalle materiaalille lisäarvoa. Poikkeuksena voidaan pitää esimerkiksi juuston tai alkoholijuomien valmistusta, joissa varasto on osa tuotteen jalostusprosessia. Yleensä varasto aiheuttaa vain lisäkustannuksia toimitusketjussa, jolloin materiaalin varastointiaika olisi kannattavinta pitää mahdollisimman alhaisena. Varastopolitiikka on oikein suunniteltua, kun sen toteutus tuottaa logistiseen ketjuun lisäarvoa. (Hokkanen, Luukkanen & Karhunen 2011, 125-126.)

Varastointi on myös hyvin perusteltua valmistavan yrityksen tuotantotoiminnassa, Stock ja Lambert (2001, 391) ovat listanneet syitä varastointiin.

1. kuljetuskustannuksien madaltuminen
2. tuotantokustannuksien madaltuminen
3. suurten hankintaerien alennukset
4. toimituksien takaaminen
5. asiakaspalvelupolitiikan tukeminen
6. muuttuviin markkinoihin vastaaminen, kuten kausittaiset vaihtelut
7. aika- ja tilaerojen tasaaminen kuluttajien ja tuottajien välillä
8. saavuttaa haluttu asiakaspalvelutaso pienemmillä logistiikan kokonaiskustannuksilla
9. tukea toimittajien ja asiakkaiden JIT-toimintoja

Varastoa voidaan käyttää tuotannon tukemisessa yhdistämällä eri tuotantolaitoksien tuotteet yhteen varastoon. Yksi varasto mahdollistaa pienemmät kuljetuskustannukset, sillä yhdestä varastosta lähetykset voidaan yhdistää suurempiin kokonaisuuksiin, jolloin kuljetusten järjestäminen edullisempaa kuin useiden pienten erien lähettäminen useista varastoista. Käsittely- ja pakkauskuluja voidaan myös pienentää käyttämällä suurempia lähetyseriä. Lisäksi on mahdollista käyttää varastoa pienempien erien lähettämiseen. Varasto vastaanottaa tuolloin tuotantolaitoksesta suuremman tuote-erän, johon on yhdistetty usean asiakkaan tuotteita. Saapunut erä voidaan jakaa varastossa pienempiin eriin ja toimittaa tuotteet asiakkaille. Tuotantolaitos voi esimerkiksi olla toisessa maassa, eli vaikkapa Suomessa ja varasto voi olla Keski-Euroopassa, jolloin Suomen tuotantolaitoksesta lähetettäisiin yksi suurempi erä varastoon, josta se lähetettäisiin pienemmissä erissä asiakkaille. Tällainen toiminta on logistisesti kannattavampaa kuin usean pienen erän lähettäminen suoraan asiakkaille. (Lambert & Stock 2001, 391-393.)

Tuotantotoiminnassa varasto tukee toimintaa toimimalla myös saapuvien materiaalien varastona. Varastossa varastoidaan tuotannon vaatimia materiaaleja, joita saapuu useilta eri toimittajilta. Materiaali voi olla tuotannosta tarvittavaa raakamateriaalia, osia, komponentteja tai muita tarveaineita. Varastoon materiaalit saapuvat toimittajilta usein suurissa erissä, jolloin niiden säilöminen suoraan tuotannon yhteyteen ei olisi mahdollista. Saapuvat tuotteet varastoidaan ja siirretään varastosta suoraan tuotantoon tarpeen mukaan. Varastoa voidaan myös hyödyntää tilanteessa, jossa materiaalien toimittajat sijaitsevat lähellä toisiaan kaukana tuotantolaitoksesta. Tuolloin tuotannon vaatimat materiaalit voitaisiin varastoida lähellä toimittajia yhdessä varastossa, jonne toimittajat toimittaisivat materiaalit. Tästä yhdestä varastosta olisi tällöin mahdollista koota suurempia toimituksia tuotantolaitokseen useiden saapuvien pienten erien sijasta. Tämä mahdollistaisi pienemmät toimituskustannukset toimittajilta, vaikka varaston ylläpidon kustannukset olisi laskettu mukaan. (Lambert & Stock 2001, 393.)

Yritys ei voisi myöskään hyödyntää suurempia tilauseriä hankinnassa ilman varastoa. Yleensä toimittajat antavat suuremmille toimituserille alennusta, lisäksi logistisen ketjun kulut ovat pienempiä, kun käytetään suurempia hankintaeriä. Näin ollen tarvitaan vähemmän toimituksia, jolloin kuljetuskustannukset ovat pienemmät. Lisäksi

myös käsittelykulut varastossa pienentyvät, jos käsitellään suurempia eriä. On kuitenkin huomioitava kustannukset kasvaneesta varastoinnista suhteessa pienempien toimituserien käyttöön, jolloin myös varastoinnista aiheutuvat kustannukset olisivat mahdollisesti pienemmät. (Lambert & Stock 2001, 393.)

Kausivaihtelut ovat yleisiä useilla toiminta-aloilla. Ennustuksia kausivaihteluista tehdään yrityksissä, mutta ennustuksien tekeminen tarpeeksi tarkasti, jotta varastoa ei tarvittaisi, ei kuitenkaan ole täysin mahdollista, jos halutaan pitää yllä tietty palvelutaso. Varastolla voidaan reagoida näihin vaihteluihin tuottamalla tuotteita varastoon yli ennustetun tarpeen. Ajoittaiset katkokset tuotannon tarveaineiden toimituksessa ovat myös mahdollisia, mihin voidaan vastata varaston varmuusvarastolla, jotta tuotanto ja toimitukset asiakkaille eivät katkeaisi. (Lambert & Stock 2001, 393.)

## 3.2 Varastotoiminnot

Varastoon liittyy useita toimintoja, joihin varaston toiminta perustuu. Näkyvimpiä näistä ovat materiaalin käsittelyyn liittyvät toiminnot ja varastointi, jotka voidaan havaita kaikista varastoista. Materiaalin käsittelyyn sisältyy tavaroiden purkaminen, siirtely ja lähetys. Näiden lisäksi varaston toimintaan liittyy useita muita toimintoja, jotka ovat sen toiminnan sujuvuuden, tehokkuuden ja laadun kannalta oleellisia. Tehokkuuden kannalta tavarantoimituksen vastaanotto ja varastoinnilla on suuri merkitys tehokkuuden kannalta. Vastuu varaston toiminnasta on vastaavalla varastonhoitajalla, jonka toiminnalla on suuri merkitys varaston tehokkuuteen. Varastonohjaus on myös merkittävä osa varaston tehokkuutta. Varasto on osa logistista ketjua ja varaston toiminta vaikuttaa merkittävästi ketjun toimivuuteen, tehokkuuteen ja lopputulokseen. Varastoinnissa on merkittävää huomioida varastoitavien materiaalien ominaisuudet, kuten paino, säilyvyys ja pinottavuus. (Hokkanen & Virtanen 2012, 15.) (Hokkanen, Luukkanen & Karhunen 2011, 130.)

### 3.2.1 Tavarantoimitus

Tavarantoimitus, hyllytys, keräily ja lähetys ovat varastotoimintoja, joihin sisältyy erilaisia osatoimintoja. Tavarantoimitukseen sisältyy myös vastaanottotarkastus, jossa tarkastetaan, että saapunut tavara, lähetyslista ja rahtikirja vastaavat toisiaan ja

että tavara on saapunut oikeaan paikkaan. Tarkastuksen jälkeen on suoritettava tavaravastaanotto, vastaanotto tehdään yleensä käytössä olevaan tietojärjestelmään, johon saapunut lähetys kirjataan vastaanotetuksi. Toimintatavasta riippuen on myös mahdollista, että ennen järjestelmään kirjausta tehdään myös laadullinen tarkastus, jossa tarkastetaan tuotteiden paikkansapitävyys tilattuihin tuotteisiin, sekä saapuneiden tuotteiden kunto. Järjestelmään kirjauksen yhteydessä tai sen jälkeen järjestelmästä saadaan lisäksi myös tuotteiden varastopaikat. Tuotteet sijoitetaan varastohjauksen ja varastopaikkojen mukaan niille kuuluville paikoille. On myös mahdollista, että tuotteille on tarve suoraan esimerkiksi tuotannossa tai käytössä, jolloin saapuneet tuotteet voidaan toimittaa suoraan tarpeeseen. Useimmissa tapauksissa tietojärjestelmä ilmoittaa tilanteen. Varastoinnissa on tärkeää, että tuotteet sijoitetaan niille kuuluville paikoille, sillä väärin sijoitetut tuotteet aiheuttavat ainoastaan ylimääräistä työtä ja kustannuksia. (Hokkanen & Virtanen 2012, 28-32.)

### 3.2.2 Keräily

Kaikille varastoille tyypillistä on keräily, sillä sitä tehdään kaikissa varastoissa. Keräily on myös yksi varaston työläimmistä vaiheista ja kuluttaa näin paljon resursseja. Keräilyn tehokkuus ja toimivuus määrittelevät pääasiassa koko varaston toimivuuden ja tehokkuuden. Keräilyssä työläimpiä vaiheita ovat tuotteiden etsiminen ja kuljettaminen. Oikeellisuus on tärkeää keräilyssä, sillä väärin keräilty tuote aiheuttaa ainoastaan lisää työtä ja vähentää tehokkuutta, ja tämän vuoksi keräily onkin yksi kriittisimmistä työvaiheista. Keräilyn oikeellisuus ja tunnistaminen ovatkin yleensä keräilyn tunnuslukuja, joilla voidaan mitata keräilyn laatua. Tehokkuuden mittaamiseen keräilyssä käytetään yleensä keräiltyjen rivien määrää suhteessa käytettyyn aikaan, eli yleensä riviä/tunti. (Hokkanen & Virtanen 2012, 35-38.)

Keräily voidaan toteuttaa eri tavoin: perinteisin ja yleisin tapa on paperiselta keräilylistalta keräily, mutta nykyään on yleistynyt myös puheohjeukseen perustuva keräily. Tieto siitä mitä keräillään, mistä kerätään ja kuinka paljon kerätään, saadaan tietojärjestelmästä. Keräily jaetaan staattiseen ja dynaamiseen keräilyyn, ja keräilytapoja voi olla useita. Keräily voidaan tehdä esimerkiksi automaattivarastosta trukilla tai keräilyvaunulla. Staattisessa keräilyssä tavara tulee keräilijän luokse, eli tällöin keräilijä pysyy keräilypisteessä ja keräiltävä tavara voidaan esimerkiksi osoittaa valo-ohjauksella.



Keräilijä poimii keräilylistalla tai esimerkiksi puheojauksessa vaaditun määrän tuotetta ja sijoittaa keräilyn tuotteen sille määrättyyn paikkaan, esimerkiksi keräilylaatikkoon tai suoraan lähetettävään pakkaukseen. Staattinen keräily on yleistä, kun keräilyrivien määrä kasvaa suureksi, esimerkiksi lääke- ja elintarviketeollisuudessa. Dynaamisessa keräilyssä keräilijä menee keräiltävän tuotteen luo, mikä on yleensä perinteisin ajatus keräilystä. Keräilijä esimerkiksi kulkee keräilytrukilla tuotteen luo ja keräilee vaaditun määrän tuotetta. Dynaamisessa keräilymallissa myös keräilijä saa tiedon keräiltävästä määrästä keräilylistalta tai muusta lähteestä kuten puheohjauksesta. Niin dynaamisessa kuin staattisessa keräilyssä voivat keräiltävät määrät olla laatikoita, kappaleita, lavoja tai yksiköitä. On esimerkiksi mahdollista kerätä tietty määrä tavaraa, jonka määrä on ilmoitettu metreissä, kuten esimerkiksi vaijeri. Teknologiat, keräilyreittien muuttaminen ja suunnittelu mahdollistavat keräilyn tehostamisen. (Hokkanen & Virtanen 2012, 35-38.)

### 3.2.3 Pakkaaminen ja lähetys

Pakkaamisella on suuri merkitys logistiikkaketjun tuottavuuteen ja kustannuksiin. Pakkauksen suurimmat kustannukset ovat pakkausmateriaalien ostaminen, automaattisen tai manuaalisen pakkausoperaatioiden kustannukset ja materiaalien kierrätyksen kustannukset. Pakkauksen ja kierrätyksen kustannukset ovat prosessin ääripäissä ja itse pakkausmateriaalin tehokkaalla käytöllä voidaan vaikuttaa suoraan kierrätyksen kustannuksiin. Yleensä pakkauksen vaikutusta vähätellään, mutta todellisuudessa tehokkaalla pakkaamisella on suuri merkitys. (Bowersox & Closs 1996, 435-436.)

Pakkaaminen vaikuttaa melkein jokaisen logistiikan toiminnon kustannuksiin ja tehokkuuteen. Varastohallinta on riippuvainen pakkauksien merkintöjen oikeellisuudesta ja merkintöjen luettavuudesta. Pakkauksen tunnistaminen ja käsiteltävyys vaikuttavat keräilyyn. Käsitteilykustannuksiin vaikuttavat pakkauksen tilavuuden tehokas hyödyntäminen ja pakkaamisen tekniikat. Kuljetuskustannuksiin ja varastointikustannuksiin pakkauksen koko ja sen tilavuuden hyödyntäminen tehokkaasti vaikuttaa suoraan. Pakkauksella on myös merkitystä asiakaspalveluun, sillä pakkauksen helppo avattavuus on asiakkaalle tärkeää ja pakkauksessa on myös mahdollista antaa ohjeita asiakkaalle. (Bowersox & Closs 1996, 436.)

Pakkauksia on kahden tyyppisiä: pakkauksia jotka on tarkoitettu kuluttajille sekä pakkauksia jotka on tarkoitettu teollisuuden käyttöön. Kuluttajille tarkoitetut pakkaukset on yleensä suunniteltu markkinoinnin kannalta, jolloin logistiikan vaatimukset ovat jääneet vähemmälle huomiolle. Kuluttajille suunnattujen pakkauksien tilavuutta ei ole hyödynnetty täysin, koska pakkauksesta halutaan tehdä helpompi avata ja purkaa. Huonon tilan hyödyntämisen takia pakkausten kuljettaminen on kalliimpaa ja pakkaukset vievät enemmän tilaa varastossa. Myös pakkausten ulkonäköön on panostettu: pakkauksen koko ja muoto ovat yleensä suunniteltu niin, että paketti on helppo laittaa myymälän hyllylle. Kuluttajille suunnattuihin pakkauksiin tulisikin panostaa enemmän logistiikan kuin markkinoinnin kannalta. Teollisuuteen suunnitellut pakkaukset ovat puolestaan kuluttajille suunnattujen pakkauksien vastakohtia. Pakkauksista halutaan mahdollisimman tiiviitä, jolloin kuljetetaan mahdollisimman vähän ilmaa. Pakkaukset ovat yleensä pakattuna suurempiin yksiköihin kuten lavoille, sillä suurempien yksiköiden käsittely ja kuljettaminen on tehokkaampaa ja kustannustehokkaampaa. Englanniksi näitä yksiköitä kutsutaan termillä *master carton*. Suurempien yksiköiden tarkoituksena on vähentää pakkauksien käsittelykertoja. Pakkaukset on suunniteltu logistiikkaa ajatellen, jotta niiden käsittely logistiikan ketjussa on mahdollisimman tehokasta. (Bowersox & Closs 1996, 436-437.)

Pakkaamisessa on tärkeää myös standardisointi, sillä kuljetusyksikötkin ovat aina tietyn kokoisia. Kuluttajille suunnatut pakkaukset pakataankin yleensä suurempiin yksiköihin, jotka voidaan lastata tehokkaasti kuljetettavaksi esimerkiksi myymälöihin. Pakkausyksiköiden mukana on tuolloin lista mitä tuotteita yksikkö sisältää, jotta myymälässä tiedetään pakkauksen sisältö. Yksikön tarkoituksena on myös suojata pakkauksen sisällä olevia paketteja logistisessa ketjussa. Yksikkö suojaa paketteja lialta ja kolhuilta, jotka ovat mahdollisia ketjussa, ja asiakkaalle menevien pakkauksien ei haluta kärsiä kuljetuksen aikana. (Bowersox & Closs 1996, 437-439.)

### 3.3 Pullonkaula

Pullonkaulojen havaitseminen on ensimmäinen vaihe, kun tavoitteena on parantaa kokonaisläpäisyä ja halutaan tehostaa tuotannon kapasiteettia. Pullonkaulojen havaitseminen voi olla hankalaa ja niiden ennustaminenkin voi olla vaikeaa. Roser on artikkelissaan listannut eri määritelmiä pullonkauloista. Lee J. Krajewski on kuvannut

pullonkaulojen olevan toiminto, joka rajoittaa ulostuloa. Roser, Nakano ja Tanaka ovat artikkelissa kirjoittaneet pullonkaulan olevan järjestelmän vaihe, jolla on suurin hidastava tai pysäyttävä vaikutus koko järjestelmässä. (Roser 2005, 1-2.)

## 4 Varastoinnin ja kuljetuksien kustannukset

### 4.1 Varastoinnin kustannukset ja laskutavat

#### 4.1.1 Jakolaskenta

Yksinkertaisimmillaan jakolaskennassa tarkastellaan tietyn tarkasteluperiodin aikana syntyneitä kustannuksia ja jaetaan kustannukset saman periodin tuotantomäärällä. Mallia on kuitenkin mahdollista käyttää ainoastaan tilanteissa, joissa tuotetaan vain yhtä tuotelajia, jolloin menetelmä on vertailukelpoinen. Menetelmä vaatii, että tuotetuihin käytetty työmäärä on lähes sama. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 127-129.)

$$\text{Tuotteen yksikkökustannus} = \frac{\text{laskentakauden kustannukset}}{\text{laskentakauden suoritemäärä}}$$

Laskelma toteutetaan täyskatteellisena, jolloin mukaan luetaan muuttuvat ja kiinteät kustannukset. On myös mahdollista ottaa huomioon ainoastaan muuttuvat kustannukset, jos jakolaskenta toteutetaan katetuottolaskennan perusteella. Jos halutaan selvittää kustannusten jakautumista valmistuksen aikana, on prosessit ja niiden kustannukset jaettava eri vaiheisiin. Käytännössä kuitenkin jakolaskennan käyttäminen on monimutkaisempaa, sillä kustannukset eivät yleensä jakaudu eri vaiheiden sisällä tasaisesti, ja myös vaihtelua eri ajanjaksojen välillä voi tapahtua. Jakolaskentamallista on kuitenkin kehitetty eri sovelluksia, joissa otetaan paremmin huomioon kustannuksien jakaantuminen eri vaiheille. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 127-129.)

Ekvivalenssilaskenta on yksi jakolaskennan sovelluksista. Menetelmässä lopputuotteille annetaan painoarvot eli ekvivalenssiluvut, joka mahdollistaa tuotteiden muuttamisen vertailukelpoisiksi. Tällöin laskentakauden tuotantomäärä voidaan ilmoittaa, vaikka samantyyppiset tuotteet ovatkin erilaisia ja niiden valmistusaika vaihtelee. Muunnoksen jälkeen voidaan tuotekohtaisessa kustannuslaskelmassa käyttää jakolaskentaa. Kustannukset lasketaan kertomalla suoritekohtaiset kustannukset tuotekohtaisella ekvivalenttiluvulla, jolloin kustannukset yhtä ekvivalenttiyksikköä kohden

ovat aina samat, mutta tuotteiden ero voidaan kuitenkin huomioida ekvivalenttiluvun suuruudella. Edellytyksenä on kuitenkin, että ekvivalenttiluku kuvaa tarpeeksi tuotteiden eroja, kuten valmistusaikaa ja valmistuksen hankaluutta, mikä yleensä vaatii tuotantoprosessin tarkkaa tarkastelua. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 127-129.)

#### 4.1.2 Lisäyslaskenta

Yrityksen valmistaessa kustannusrakenteeltaan erilaisia tuotteita, joiden tuotantoprosessi vaihtelee ja joiden valmistuksessa käytetään erilaisia aineita, ei jakolaskentaa voida hyödyntää. Tuotteet eivät tuolloin käytä resursseja tasaisesti ja tuotantomuodot voivat vaihdella yksittäistuotannosta sarjatuohtantoon. Tällöin tuotekohtaisten kustannuksien laskemiseen voidaan käyttää lisäyslaskentaa. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 132.)

Lisäyslaskennassa yrityksen kustannukset jaetaan välittömiin ja välillisiin kustannuksiin. Välittömät kustannukset, eli kustannukset jotka voidaan suoraan kohdentaa tuotetta kohden, kuten esimerkiksi ainekustannukset kohdistetaan suoraan valmistettavaa tuotetta kohden. Välilliset kustannukset, joilla tarkoitetaan yleiskustannuksia kuten esimerkiksi vuokratulot tai sähkökulut, ja joita ei voida suoraan yhdistää valmistettavaan tuotteeseen, lisätään välittömiin kustannuksiin käyttämällä yleiskustannuslisiä. Yleiskustannuslisiä laskettaessa voidaan jakoperusteena käyttää esimerkiksi valmistukseen käytettyjä työtunteja, konetunteja tai palkkoja, ja jokin näistä voidaan valita mittayksiköksi yleiskustannuslisälle. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 132-133.) (Kinnunen 2006, 79.)

Lisäyslaskennalle tyypillistä jälkilaskennassa on työnumeroiden käyttäminen valmistuksessa. Sitä hyödynnetään, kun kustannuksia kohdistetaan tuotteelle. Välittömät kustannukset osoitetaan suoraan työnumerolle ja välillisten kustannuksien laskemisessa käytetään kustannuspaikkoja, joihin kustannukset jaetaan. Kustannuspaikkojen kustannukset lasketaan pääkustannuspaikoille, joista työnumeroille lasketaan yleiskustannuslisät käyttäen osuttua pääkustannuspaikasta. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 132-133.)

Kustannuspaikoilla lisät lasketaan käyttämällä seuraavaa kaavaa.

$$\text{Yleiskustannuslisä} = \frac{\text{Laskentakauden välilliset kustannukset}}{\text{laskentakauden suoritemäärä}}$$

Suoritemäärän mittauksessa käytetään yhtenäistä mittayksikköä, kuten esimerkiksi edellä mainittua konetuntia. Yleiskustannuslisä ilmaistaan usein yksikkönä, esimerkiksi euroa per konetunti. Rahamääräistä yksikköä käytettäessä yleiskustannuslisä ilmaistaan yleensä prosenttilukuna, esimerkiksi konetuntiyleiskustannuslisä on välilliset kustannukset per välittömät konetuntikustannukset.

$$100 \times \frac{\text{laskentakauden välilliset kustannukset}}{\text{laskentakauden välittömät kustannukset}}$$

Tällöin lisäyslaskennan yleiskustannuslisä määräytyy prosenttiosuutena välillisistä kustannuksista. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 133.)

#### 4.1.3 Toimintolaskenta

Toimintoperusteisen kustannuslaskennan kehitys on lähtenyt perinteisen laskentavan kritisoinnista jo 1980-luvun loppupuolella. Toimintopohjaisessa laskennassa laskennan kohteet ovat monipuolistuneet, eikä kyse ole ainoastaan tuotekohtaisten kustannuksien selvittämisestä. Tarve uudelle laskentatavalle oli olemassa, sillä yleiskustannuksia haluttiin kohdistaa paremmin tuotteille ja vanhempien laskutapojen nähtiin jääneen ajassa jälkeen. Tästä syntyi toimintoperusteinen kustannuslaskenta, josta englannin kielessä käytetään nimeä *Activity-Based-Costing, ABC*. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 143.)

Toimintoperusteinen laskenta kritisoi tapaa, jossa kustannukset on jaettu perinteisen tavan mukaan muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin. Jaon katsotaan heikentävän laskennan hyvyttä, sillä usein muuttuvia kustannuksia tarkastellaan tarkemmin ja kiinteät kustannukset jäävät heikompaan tarkasteluun. Kuitenkin lähes kaikki yrityksen kustannukset ovat muuttuvia jollakin tapaa. Useat kiinteäksi pidetyt kulut ovat kuitenkin muuttuvia ajan mukaan, kuten tilavuokrat ja sitoutuneen pääoman korot. Lähtökohta, jonka mukaan yrityksen eri kustannuksia luontevasti kohdistetaan toiminnoille ja tuotteille on se, että yrityksen tuotteet muodostavat pääasiassa kaikki

kustannukset. Sen periaatteella on päätettävä paras laskentatapa kustannuksille niiden aiheutumisperiaatteen mukaan. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 144.)

Tarkoituksena toimintoperusteisessa kustannuslaskelmassa on löytää looginen yhteys tuotteiden ja niiden kustannuksien välille. Mikä on tuotteen todellinen hinta ja mitkä kustannukset tuotteelle kohdistetaan? Kun tarkastellaan tilannetta resurssien tarpeen ja niiden käytön näkökulmasta, on mahdollista tarkastella kustannuksia tarkemmin. Yrityksen toiminnot muodostavat keskeisen roolin laskennassa. Perinteisessä kustannuslaskelmassa huomio kohdistetaan suoraan yrityksen tuotteeseen, toisin kuin toimintoperusteisessa laskennassa, jossa huomio kohdistetaan yrityksen toimintoihin. Ajatuksena on, että asiakas ei osta yrityksen kustannuksia, vaan yrityksen valmistaman tuotteen. Yrityksessä on toimintoja ja niiden muodostamia suoritteita ja eri toiminnot vaativat resursseja, mitkä aiheuttavat yritykselle kustannuksia. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 144-145.)

Toimintoperusteisessa laskennassa tarkoituksena on kohdistaa kustannukset alussa resursseille, mistä kustannukset edelleen kohdistetaan toiminnoille sen mukaan, miten toiminnot käyttävät resursseja. Tuotteille toimintojen kustannukset kohdistetaan sen mukaan, miten tuotteiden valmistus on kuluttanut toimintojen muodostamia suoritteita. Kannattavuutta mitatessa tarkastellaan asiakkaan synnyttämiä tuottoja yritykselle ja verrataan niitä asiakkaan ostamien tuotteiden sekä vaadittujen lisätoimintojen kustannuksiin. Tärkeätä on huomioida kustannuksien aiheuttamisperiaate kaikissa eri vaiheissa. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 145.)

Toimintoperusteinen laskenta pitää sisällään kuusi eri päävaihetta.

1. Valmisteluvaihe, missä määritellään selvityksen kohteet, tavoite ja laajuus
2. Toimintanalyysissä, määritellään eri toimintojen tarpeellisuutta, ja niiden resurssien vaatimuksia
3. Kustannuskohdistimien määrittäminen
4. Kustannusten laskeminen toimintojen perusteella
5. Laskennasta syntyneiden tietojen hyödyntäminen
6. Laskennan integroiminen muuhun laskentaan ja yrityksen tietojärjestelmiin.

Kustannuskohtien määrittämisessä selvitetään, kuinka usein toimintoa tarvitaan, mikä aiheuttaa toiminnon kuormitusta ja mihin sitä vaaditaan. Määrittäminen tapahtuu haastatteleamalla toiminnosta vastaavia henkilöitä. Lisäksi kullekin toiminnon suoritteista

määritetään yksikkökustannukset. Kohdistamisessa on kaksi päävaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa voimavarojen kustannukset kohdistetaan toiminnoille, missä tärkeää on käsitellä ylikapasiteetin käsittely. Toisessa vaiheessa valitaan laskentakohde, kuten tuotteet tai asiakkaat. (Pellinen 2006, 189-192.)

Työläintä toimintoperusteisessa laskennassa on tiedon keräys, kerätyn tiedon ryhmitely ja laskenta. Laskenta saatetaan haluta myös järjestää jatkuvaksi, jolloin se on tarpeellista automatisoida osa prosessista. Automatisointi voidaan aloittaa tietojen syö- töstä laskentamalliin automaattisesti. Useissa nykyaikaisissa ohjauksjärjestelmissä on myös mahdollisuus toimintolaskentamahdollisuuden hankintaan tai valmis yhteys tällaiseen ohjelmistoon. (Pellinen 2006, 192.)

## 4.2 Kuljetuskustannukset

Kustannuslaskennan tarkoituksena on selvittää toiminnasta syntyvät kustannukset, ja asettaa palvelun tuottamisella hinta, joka synnyttää kuljetusyritykselle vielä voittoa. Asiakkaalle tärkeintä kuljetustoiminnassa on kuitenkin laadukas palvelu ja palvelun hinta. Kuljetusyritykset mittaavatkin palvelun asiakastyytyväisyyttä erilaisilla mittareilla, jotka mittaavat mm. toimituksen nopeutta ja tavoitteena on asiakaslähtöinen toiminta. Kuljetusyritys tarvitsee kustannuslaskentaa palvelun hinnoitteluksi asiakkaalle. Kustannuslaskelman keskeisin tehtävä on selvittää palvelun tuottamisesta aiheutuvat kustannukset tiettyä suoriteyksikköä kohden, esimerkiksi kustannukset ajettuja kilometrejä kohden, tai kustannukset tuntia kohden. (Jyväskylän ammattikorkeakoulu, logistiikka 2017, 246.)

Kuljetuksista asiakasta kiinnostaa eniten palvelun hinta ja palvelun laatu. Kuljetusyritykselle rahtihinnan tulee olla tarpeeksi suuri kattamaan kustannukset, ja samalla tarpeeksi matala, jotta yritys pärjää kilpailutilanteessa. Täydellisessä tilanteessa rahtihinnan voidaankin ajatella olevan omien kustannuksien ja halutun voiton summa, mutta todellisuudessa rahtihinta tulee kuitenkin markkinoilta. Oman yrityksen kustannusten on joka tapauksessa oltava tarpeeksi matalat, jotta voiton tuottaminen on mahdollista. Kustannuslaskennassa tärkeää sekä asiakkaalle ja kuljetusyritykselle on kustannusten esittämismuoto. Esittämismuoto on asiakkaalle tärkeä, jotta asiakas voi

helposti selvittää palvelun ostamisesta aiheutuneet kulut. Yleensä kuljetusyritys laskee kokonaiskustannukset vuotta kohden, jonka perusteella ne voidaan jakaa esimerkiksi kilometrejä kohden vuotuisten ajokilometrien perusteella. Vuotuiset kustannukset voidaan jakaa myös esimerkiksi auton käyttötuntia kohden, jolloin saadaan auton tuntikustannus selville. Kustannuksiin on kuitenkin vielä lisättävä voittolisä eli kate ja arvolisävero. Käyttötuntien perusteella on mahdollista esittää asiakkaalle palvelun hinta esimerkiksi kuukaudessa, kun tiedetään kuinka monta tuntia päivässä ja kuinka monta päivää kuukaudessa palvelua tarvitaan. (Jyväskylän ammattikorkeakoulu, logistiikka 2017, 262-263.)

### 4.3 Käsittelykulut

Käsittelykulut muodostuvat yrityksen sisällä tapahtuvista toiminnoista. Näihin toimintoihin voidaan lukea esimerkiksi pakkaus, lastaaminen ja yrityksen sisällä tapahtuva kuljettaminen eli kaikki materiaalin käsittelyyn liittyvä toiminta. On kuitenkin yrityksen päätettävissä mitkä toiminnot sisällytetään käsittelyyn. Kustannukset on voitu sijoittaa esimerkiksi lähetyskustannuksiin, jos kyse on asiakkaalle menevästä lähetyksestä. Kuitenkin jos on kyse sisäisestä siirrosta, esimerkiksi toiseen yksikköön tai ulkoiseen varastoon, voidaan kustannukset laskea käsittelykuluiksi. Yrityksen omat ulkoiset toimitukset on voitu toteuttaa myös omalla kalustolla ja henkilöstöllä, tai kuljetus voi olla myös ulkoistettu. Vaikka itse kuljetus olisikin ulkoistettu, voidaan kuljetuksen lastaaminen laskea käsittelykuluksi. (Jonsson 2008, 102.)

Käsittelykulujen laskemisessa yrityksen sisällä voidaan hyödyntää työkustannuksiin perustuvaa laskentaa. Jos kyseessä on yrityksen oma työntekijä, voidaan kustannusperusteena käyttää työntekijästä aiheutuvia kuluja yritykselle, eli työntekijän palkkaa ja välillisiä työvoimakustannuksia. Kun tiedetään työntekijästä aiheutuvat kustannukset, voidaan laskea kustannus tietylle ajalle, esimerkiksi €/min. Selvittämällä eri käsittelyyn liittyvien toimintoihin kuluva aika, voidaan laskea käsittelystä aiheutuva kustannus. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 84-85.)



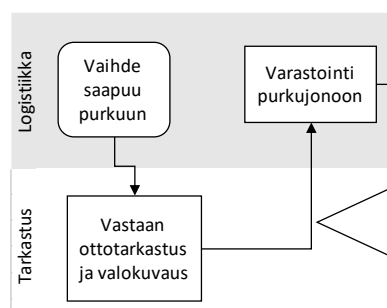
## 5 Nykytila-analyysi

Tällä hetkellä Moventaksen service- eli huoltotoimintaa on pääasiassa Jyväskylässä Rautpohjassa ja Ikolassa. Vaihteet puretaan ja tarkastetaan Ikolassa. Osa vaihteiden purkamisesta tehdään myös Jyväskylän Betametin toimesta. Vaihteista puretut osat varastoidaan pääasiassa ulkopuolisessa Logistikas Oy:n varastossa Jyväskylässä Säynätsalossa. Purettujen vaihteiden osat kuljetetaan sisäisillä kuljetuksilla Ikolasta ja Betametiltä Säynätsaloon. Säynätsalosta vaihteiden osat kuljetetaan jatkotoimenpiteisiin, kuten esimerkiksi hiontaan tai koneistukseen. Huoltovaihteiden kokoonpano tapahtuu pääasiassa Rautpohjassa, jonne kokoonpanon alkaessa vaihteiden osat tilataan sisäisen LOST-tilausjärjestelmän kautta Ikolasta ja Logistikas Oy:ltä. Osat toimitetaan kokoonpanoon sisäisten kuljetusten avulla.

Tiedon keräämistä varten haastateltiin Moventaksen työntekijöitä Ikolassa ja hyödynnettiin myös jo tapahtunutta osallistuvaa havainnointia vuoden 2017 kesätyön aikana.

### 5.1 Vaihteiden purkuprosessi

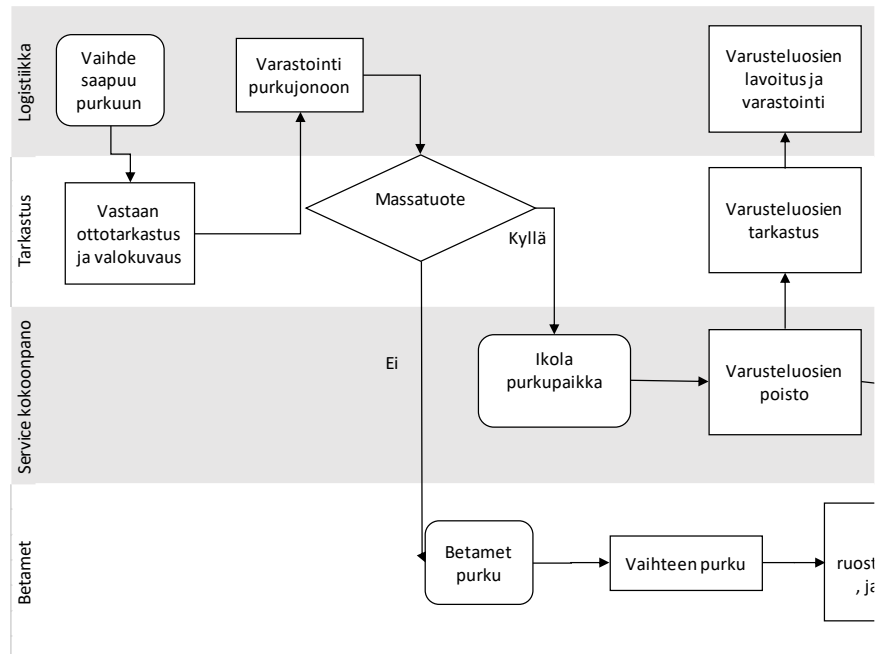
Vaihteen purkuprosessia lähdettiin selvittämään jo tehtyjen prosessikaavioiden perusteella. Lisäksi haastateltiin logistiikan työntekijää (Sinijärvi, haastattelu 2017.). Prosessikaaviosta tehtiin yksi koottu kaavio, johon merkittiin linjat logistiikalle, tarkastukselle, kokoonpanolle ja Betametille.



Kuvio 4. Purkuprosessin alku

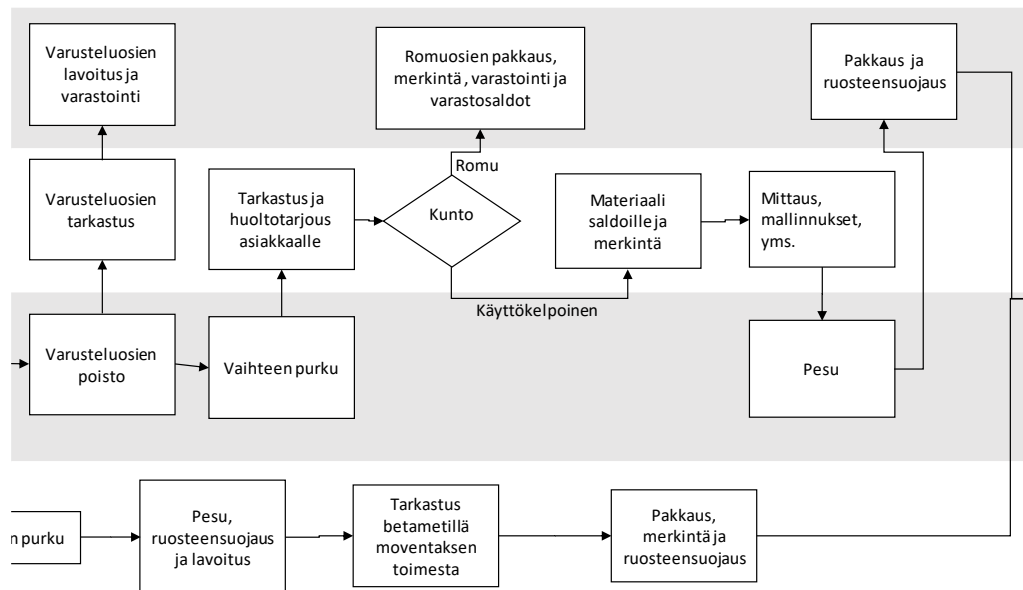
Vaihteen purkuprosessi alkaa, kun vaihde saapuu Moventakselle. Vaihteen saapuessa vaihteelle tehdään vastaanottotarkastus. Vastaanottotarkastuksessa vaihde kuvataan ja kirjataan toiminnanohjausjärjestelmään eli Leaniin. Logistiikka purkaa vaihteen

pois kuljetusyksiköstä ja siirtää vaihteen tarkastettavaksi, mutta itse tarkastuksen tekee tarkastajat. Tarkastuksen jälkeen logistiikka siirtää vaihteen varastoon purkujonoon odottamaan purkua.



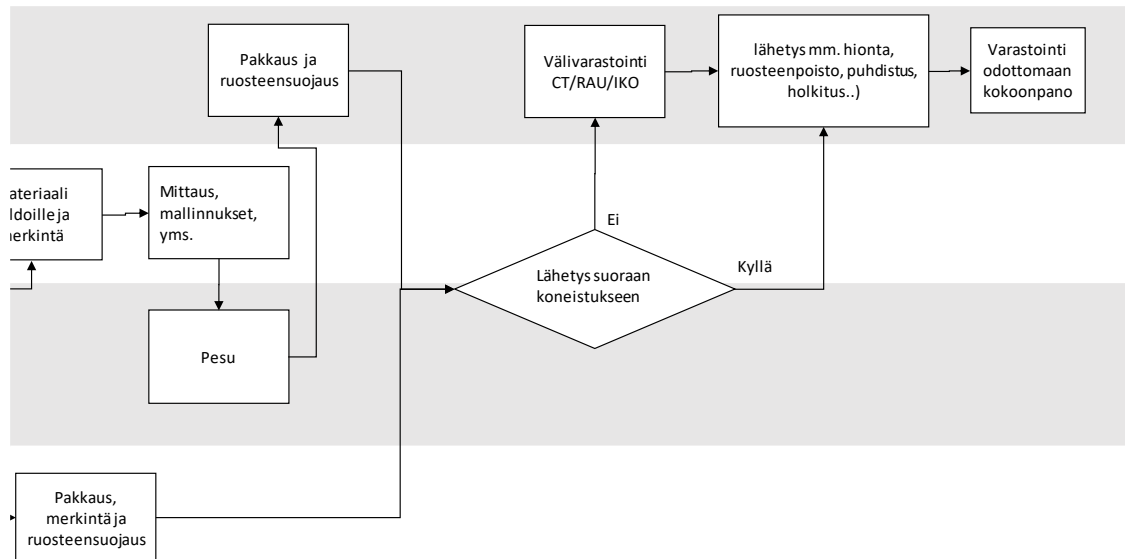
Kuvio 5. Purkujonosta purettavaksi

Vaihteen purkuvuoron tullessa logistiikka siirtää vaihteen varastosta purettavaksi joko Ikolan purkupaikalle tai lähettää vaihteen Betametille purettavaksi. Betametille siirretään purettavaksi kaikki ns. massatuotteet, eli pääasiassa 1 kWh ja 2 kWh vaihteita. Ikolassa puretaan kaikki vaihteet, jotka vaativat asiakkaan läsnäolon, vaihteet joihin Betametin nosturikapasiteetti ei riitä ja vaihteet jotka ovat tulossa takaisinmallinnukseen Moventakselle. Ikolan purkupaikalla vaihteesta poistetaan SER-kokoonpanijoiden toimesta ensimmäiseksi varusteluosat. Tarkastajat tarkastavat vaihteen varusteluosat ja ne kirjataan Leaniin varastosaldolle. Logistiikka pakkaa varusteluosat lavoille ja tulostaa lavoille Leanista nimikelaput, minkä jälkeen osat varastoidaan varastopaikoille ja paikka merkitään Leaniin.



Kuvio 6. Purettu vaihde varastointiin

Puretun vaihteen osat tarkastetaan tarkastajan toimesta. Ikolassa osat voidaan tarkastaa suoraan purkupaikalla. Betametillä tarkastaja käy tarkastamassa osat erikseen. Osa voi olla joko romu tai käyttökelpoinen ja käyttökelpoiset osat voidaan hyödyntää vaihteen kokoonpanossa sellaisenaan tai osa niistä voi vaatia koneistusta tai muita toimenpiteitä. Vaihteen purun ja tarkastuksen yhteydessä vaihteesta tehdään myös asiakkaalle huoltotarjous, jonka perusteella vaihde tulee huollettavaksi Moventakselle. Romuosat pakataan lavalle, suojataan, merkitään ja lähetetään pääasiassa varastoitavaksi Säynätsaloon Logistikas Oy:lle, josta käytetään myös nimeä CT. Molemmissa tapauksissa siirrettäessä osaa Leaniin saldolle, lava merkitään nimiketaralla, jotta osa on tunnistettavissa. Käyttökelpoiset osat mitataan ja mallinnetaan tarvittaessa. Osien pesun jälkeen osat pakataan ja ruostesuojataan.



Kuvio 7. Lopputoimenpiteet

Pakkauksen jälkeen on mahdollista, että osa lähetetään suoraan koneistukseen. Pääasiassa osat lähetetään välivarastointiin. Enemmistö osista lähetetään Logistikas Oy:lle Säynätsaloon, ja jos tiedetään osan tulevan lähiaikoina koneistukseen, voidaan osa varastoida myös Ikolaa tai Rautpohjaan. Välivarastoinnista osat lähetetään jatkoimenpiteisiin vaihteen kokoonpanon lähestyessä. Kunnostetut osat varastoidaan Ikolaa tai Rautpohjaan, sen mukaan missä vaihde kootaan.

### 5.1.1 Logistiikan osa purkuprosessissa

Pääasiassa logistiikan vastuulla purkuprosessissa on vaihteen osien käsittelyyn liittyvät toiminnot. Logistiikka vastaanottaa vaihteen sen saapuessa ja varastoi sen. Purkupaikalla logistiikka pakkaa puretut osat ja merkitsee ne. Ikolassa logistiikka varastoi vaihteesta puretut osat joko Ikolaa tai lähettää osat varastoitavaksi. Ikolassa logistiikka lastaa osat kuljetettavaksi ja tekee kuljetustilauksen sisäiseen LOST-tilausjärjestelmään. Osat kuljetetaan Ikolasta ja Betametiltä sisäisillä kuljetuksilla Rautpohjaan varastointiin tai koneistukseen. Rautpohjassa osien käsittelystä vastaa Rautpohjan logistiikka. Suurin osa osista kuljetetaan kuitenkin varastoitavaksi Säynätsaloon Logistikas Oy:lle.

Ennen kokoonpanoa logistiikka siirtää purettujen vaihteiden osia välivarastoinnista koneistukseen ja koneistuksesta varastoon odottamaan kokoonpanoa. Vaihteen kokoonpanon alkaessa logistiikan vastuulla on osien keräily. Logistiikka tilaa Logistikas

Oy:ltä vaihteista puretut osat vaihteen kokoonpanopaikalle puskurivarastoon, joko Ikkolaan tai Rautpohjaan ja keräilee lisäksi keräilylistan perusteella uudet osat puskurivarastoon kokoonpanoa varten. Puskurivarastossa osat varastoidaan odottamaan kokoonpanoa. Lavat on merkitty vaihteen työnumerolla, jotta vaihteen osat tunnistetaan.

### 5.1.2 Materiaalivirta

Kun vaihde saapuu purkujonosta purkuun, sen tarkastuksen yhteydessä siitä tehdään huoltotarjous asiakkaalle. Vaihteen purun valmistuttua osat varastoidaan Logistikas Oy:lle. Vaihteen osat seisovat odottamassa koneistusta ja muita toimenpiteitä, kunnes asiakas hyväksyy tarjouksen. Tarjouksen hyväksynnän jälkeen vaihteen osat tilataan Logistikas Oy:ltä noin viiden päivän viiveellä jatkotoimenpiteisiin. Tällä hetkellä muita pidempiä seisona-aikoja purettujen vaihteiden osille ei ole havaittavissa. (Auhtola, haastattelu 2018.)

Vaihteiden kokoonpano perustuukin imuohjaukseen, jossa materiaalien tarve, valmistus ja kuljetukset muodostuvat asiakastarpeesta, joka syntyy asiakkaan hyväksytyssä tarjouksen. Käytännössä Lean-toiminnanohjausjärjestelmään tehdään vaihteelle työtilaus, johon merkitään vaihteen materiaalivaraukset. Materiaalivarauksista lähtee tieto tarvittavista osista. Logistiikka tilaa kunnostettavat osat välivarastoista ja osat huolletaan. Lisäksi ostajille lähtee tieto myös osista, joita ei tällä hetkellä ole varastossa ja puuttuvat osat tilataan.

Tällä hetkellä vaihteen kokonaisläpäisyaikana eli siitä hetkestä, kun vaihde saapuu siihen hetkeen, kun vaihde lähtee takaisin asiakkaalle, ei ole havaittavissa varsinaista pullonkaulaa prosessissa. Pisin odotusaika tällä hetkellä on juuri aikaisemmin mainittu aika tarjouksen jättämisestä tarjouksen hyväksyntään. Sitä ei voida varsinaisesti kutsua pullonkaulaksi, vaikka pullonkaulan määritelmän mukaan ulostuloa hidastava prosessi on pullonkaula, kuten kappaleessa 3.3 on mainittu. Kuitenkaan pullonkaula ei ole varsinaisesti riippuvainen Moventaksesta, vaan asiakkaalle annetusta ajasta tarjouksen hyväksynnän käyttämiseen. Aikaa kuitenkin halutaan tällä hetkellä lyhentää kokonaisläpäisyajan lyhentämiseksi. Tällä hetkellä vaihteiden valmistumista tahdittaa vaihteiden koeajokentät, joiden kapasiteetin mukaan huoltovaihteita koeaje-

taan. Vaihteiden koeajo on suhteellisen pitkä prosessi, sillä vaihteita halutaan koeajaa tarpeeksi kauan, jotta voidaan varmistua vaihteiden kunnosta ja laadusta. Pienemmät huoltovaihteet koeajetaan Rautpohjan pienemmässä koeajokentässä ja suuremmat vaihteet Ikolassa. Ikolaan on valmistumassa myös toinen koeajokenttä, joka nopeuttaa suurempien vaihteiden koeajoprosessia. (Auhtola, haastattelu 2018.)

Aikaisemmin kesällä 2017 yhtenä selvänä pullonkaulana oli sisäosien valmistus, mikä selvästi täyttää myös pullonkaulan määritelmän. Pullonkaulan syynä oli konekapasiteetin riittämättömyys, sillä uusien vaihteiden tuotantokapasiteetti oli ylikuormitettu. Ylikuormitus vaikutti huoltovaihteiden sisäosien koneistukseen, sillä niiden koneistus jäi toisarvoiseksi. Pullonkaula vaikutti tuolloin koko tuotantoon, eikä pelkästään huoltovaihteisiin. Pullonkaula poistui, kun uusien vaihteiden kuormitukset pienivät ja kokonaiskuormitus muuttui tasaisemmaksi. Pullonkaulan poistamiseksi tehtiin lisäksi toimenpiteitä tulevaisuutta varten lisäämällä konekapasiteettia uusilla hankinnoilla, joista osa on jo käytössä, eikä sisäosan valmistusta ole enää tunnistettu pullonkaulaksi vuodelle 2018. (Auhtola, haastattelu 2018.)

## 5.2 Varastointi

Romuosia varastoidaan Moventaksella lähinnä asiakkaiden vaatimuksesta. Yleensä tällaiseen vaihteen purkutapaukseen liittyy asiakkaalla jokin kolmas osapuoli kuten vakuutusyhtiö tai esimerkiksi toinen huoltoyhtiö. Romuosat varastoidaan, jotta niitä voidaan tarvittaessa tutkia jälkikäteen juuri esimerkiksi vakuutustapauksissa. Toinen syy romuosien varastointiin on romutuslupan puute asiakkaalta, eli asiakkaan kanssa tehdyssä sopimuksessa ei ole suoraan määritelty lupaa romuosien romuttamiseen vaihteen purun yhteydessä. Näissä tapauksissa vaihteiden osat varastoidaan, kunnes lupa romuttamiseen saadaan asiakkaalta. Joidenkin asiakkaiden kanssa sopimuksessa on määritelty, että asiakas ilmoittaa etukäteen, jos halutaan että romuosia säilytetään. Tällä hetkellä säilytysaikaa ei ole erikseen määritelty, eli romuosia säilytetään toistaiseksi. (Auhtola, haastattelu 2018.)

Sopimus pohjaan ollaan tekemässä muutosta, jonka mukaan purun yhteydessä romuosia säilytetään niin kauan, kunnes on tehty sopimus vaihteen kunnostuksesta. Sopimuksen jälkeen romuosia säilytetään, jos asiakas niin haluaa, eli tällöin asiakasta

laskutetaan säilytyksestä. Jos asiakas haluaa, että romuosia ei säilytetä, voidaan romuosat romuttaa heti sopimuksen teon jälkeen. Tällä hetkellä luvan saaminen romutukseen on pitkä prosessi, sillä romut ovat asiakkaiden omaisuutta ja lupa romuttamiseen tarvitaan asiakkaalta. Romutusluvan yhdessä asiakkaan kanssa sopii myynti. Mitään automaattista romutusprosessia ei tällä hetkellä ole, vaan romuosien määrää tarkastellaan aika ajoin, jolloin romutusprosessi lähtee käyntiin. (Auhtola, haastattelu 2018.)

Romuosat varastoidaan pääasiassa Logistikas Oy:llä Säynätsalossa. Moventas vuokraa varastointilaa Logistikas Oy:ltä. Vuokraus tapahtuu käytettyjen lavapaikkojen perusteella ja suurempien osien kohdalla käytetyn neliömäärän perusteella. Nykyisen sopimuksen perusteella yhden lavan varastointikustannus on x €/kk/lava, ja yhden neliömetrin lattiavarastointikustannus on x €/kk/m<sup>2</sup>. Varastoinnin lisäksi Logistikas Oy perii maksun saapuvien ja lähtevien lavojen käsittelystä. Vastaavasti Ikolassa yhden lavan varastointi maksaa 4,55 € kuukaudessa ja Rautpohjassa 3,85 € kuukaudessa. Vaikka kustannukset varastoinnille ovatkin matalammat, ei romuosien varastointi pitkäaikaisesti nykyisillä määrillä olisi mahdollista varastointilan vuoksi.

Taulukko 2. Varastointikustannukset

Varastointikustannuksia						
	Ikola		Rautpohja		Logistikas Oy	
Yhden lavan varastointi	4,55	€/kk	3,85	€/kk	x	€/kk
Lattiavarastointi	17,45	€/kk/m <sup>2</sup>	14,78	€/kk/m <sup>2</sup>	x	€/kk/m <sup>2</sup>

Tarkastellessa vuotta 2017 pääosa romulavoista varastoitiin Logistikas Oy:llä, kuten taulukosta 3 käy ilmi. Kustannuksia laskettaessa huomioitiin lavojen viemä tila. Osa lavoista vie enemmän tilaa, ja niiden yhteydessä on käytetty arviona suurempaa lavamäärää. Osa lavoista voi esimerkiksi korkeuden puolesta viedä enemmän tilaa. Myös lattialla varastoitavat suuret lavat, joissa voidaan varastoida esimerkiksi yksi iso kotelo tai kehäpyörä, voivat viedä 6 lavapaikkaa.

Taulukko 3. Varastotilanne 2017

2017 Logistikas Oy varastotilanne				
	KPL	€/vko	€/kk	€/v
Service lavoja keskimäärin varastossa vuodessa	3200	x €	x €	x €
Romutettuja lavoja	997	x €	x €	x €
Osuus kokonaislavamäärästä	31 %			
Romulavojen osuus romutetuista	584	x €	x €	x €
Osuus romutetuista	59 %			
Osuus kokonaislavamäärästä	18 %			
13.12.2017 Romulavoja varastossa Logistikas	200	x €	x €	x €
13.12.2017 Romulavoja varastossa Ikola	10	x €	x €	x €
13.12.2017 Romulavoja varastossa Rau	5	x €	x €	x €

Vuonna 2017 Logistikas Oy:llä varastoidusta lavoista romutettiin noin 1000 kappaletta. Keskimääräistä varastointiaikaa lavoille on hankala selvittää, mutta jos ajanjaksona käytetään esimerkiksi kuukautta, näiden lavojen varastoiminen aiheutti kustannuksia noin x € kuukaudessa; vastaavasti, jos lavoja olisi varastoitu puoli vuotta olisivat kustannukset nousseet x euroon. 13.12.2017 tarkastellun tilanteen mukaan varastossa oli noin 215 romulavaa, joiden yhteenlaskettu kustannus kuukaudessa on noin x euroa. Vastaavasti jos näitä lavoja säilytetään puoli vuotta nousevat varastointikustannukset noin x euroon, mikäli ei huomioida romulavamäärän kasvamista.



Taulukko 4. Puretut vaihteet vuonna 2017

2017 puretut vaihteet			
	kpl	€/kk	€/6kk
Purettuja vaihteita	110		
Keskiarvo romulavojen määrästä per vaihde	3,97		
Keskihajonta	2,85		
Minimissään lavoja	123	x €	x €
Keskimäärin lavoja	437	x €	x €
Maksimissaan lavoja	751	x €	x €

Keskiarvo syntyvien lavojen määrälle laskettiin käyttämällä vuoden 2017 romutustilastoa, lisäksi arviota kysyttiin Jari Ohraselta, mikä vastasi saatua laskettua arvoa (Ohranen, haastattelu 2018). Kun otetaan huomioon keskimääräinen määrä, kuinka paljon yhdestä vaihteesta tulee romulavoja, voidaan laskea arvio vuonna 2017 purettujen vaihteiden romuosien varastointikustannuksista. Vuonna 2017 vaihteita purettiin 110 kappaletta, ja jos jokaisesta vaihteesta tulee noin 4 lavaa romua, saadaan puolen vuoden varastointikustannukseksi Logistikas Oy:llä noin x euroa. Otettaessa huomioon keskihajonta voivat varastointikustannukset puolessa vuodessa nousta x euroon.

### 5.3 Kuljetukset

Sisäisistä kuljetuksista Moventaksella on sopimus kahden eri auton kanssa. Käytettävissä ovat suurempi Ruuskan puoliperävaunuyhdistelmä ja pienempi 014-kuljetusyriksen kuorma-auto. Suurempaan autoon lavoja mahtuu noin 32 kappaletta ja pienempään noin 16 kappaletta. Olettaen, että aina kuljetetaan täysiä autollisia, kustannukset ovat pienemmät kuten kappaleessa 3.1 on kuljetuksista yhteen varastoon mainittu.

Taulukko 5. Kuljetuskustannukset

Kuljetukset					
	Lavoja	€/kk	€/h	€/lava/h	
Ruuska puoliperävaunu	32	x	x	x	(10h/pvä)
014 auto	16	x	x	x	(8h/pvä)

Käytännössä kuljetuksissa Logistikas Oy:lle käytetään ainoastaan suurempaa Ruuskan puoliperäyhdistelmää, koska matka Ikolasta ja Betametiltä Logistikas Oy:lle on kohtuullisen pitkä ja yksi kuljetus välillä Ikola-Logistikas-Ikola tai Betamet-Logistikas-Ikola vie aikaa noin 2 tuntia, jolloin pienempi auto on käytettävissä muissa kuljetuksissa.

Taulukko 6. Romulavojen kuljetukset

2017 puretut vaihteet, kuljetus Ruuskan autolla 2h yksi kuljetus			
Purettuja vaihteita 110 kpl	kpl	Kuljetuksia vaaditaan	Yhteensä
Minimissään lavoja	123	4	x €
Keskimäärin lavoja	437	14	x €
Maksimissaan lavoja	751	23	x €

Kun huomioidaan vaihteista syntyvien lavojen keskimääräinen määrä, voidaan taulukosta 6 nähdä syntyvät kustannukset. Kustannukset vaihtelevat noin x eurosta x euroon, riippuen syntyneiden romulavojen määrästä.

## 5.4 Käsittely

Käsittelykulut Logistikas Oy:llä ovat riippuvaiset käsiteltyjen lavojen määrästä. Jokaiseen vastaanottoon ja lähetykseen sisältyy 2 kappaletta rahtikirjoja.

Taulukko 7. Logistikas Oy käsittelykulut

Käsittelykulut			
Logistikas Oy			
Yhden lavan vastaanotto	€/kpl	kpl	Yhteensä
Rahtikirja	x	2	x
Vastaanotto	x	1	x
Riviviennit	x	3	x
<b>Lavakustannus</b>			<b>x</b>
Lavakustannus + rahtikirjat			x
Yhden lavan lähetys	€/kpl	kpl	Yhteensä
Rahtikirja	x	2	x
Lähetystoiminta	x	1	x
Riviviennit	x	3	x
<b>Lavakustannus</b>			<b>x</b>
Lavakustannus + rahtikirjat			x
Lavan käsittelykulut sisään-ulos		KPL	Yhteensä
Lavoja		437	x
Sisältäen rahtikirjat			x

Kun käytetään samaa keskimääräistä lavamäärää kuin varastoinnissa eli keskimääräistä romulavamäärää vuonna 2017 puretuista vaihteista, saadaan laskettua käsittelykulut. Olettaen että kaikki lavat on siirretty sisään ja ulos Logistikakselta, saadaan käsittelykuluiksi noin x €, ja keskihajonnan vaihtelun mukaan minimilavamäärälle noin x € ja maksimimäärälle noin x euroa.

Ikolassa puretuille vaihteille voidaan myös laskea käsittelykulut. Luvussa 4.3 käsiteltiin tekijöitä, joista käsittelykulut muodostuvat. Kuluihin on laskettu eri toimintoihin kuten autosta purkuun, vastaanoton tekemiseen Leaniin ja hyllytykseen käytetty aika minuutteina, joka on kerrottu käyttämällä logistiikan työntekijän palkasta muodostuvia kuluja yhtä minuuttia kohden, kuten taulukosta 8 voidaan nähdä. Käyttämällä miestyötunteja lähtökohtana saadaan yhden lavan käsittelykuluksi lavaa lähettäessä 2,75 €.

Taulukko 8. Ikola/Rautpohja lavojen käsittely

Ikola/Rautpohja			
	Miestyötunnit		
<b>Vastaanotto</b>	min	€/min	Yhteensä
purku autosta trukilla	3	0,25 €	0,75 €
vastaanotto Lean	5	0,25 €	1,25 €
hyllytys varastoon	3	0,25 €	0,75 €
<b>yhteensä käsittelykulut 1 lava sisään</b>			<b>2,75 €</b>
Lavoja		1	2,75 €
<b>lähetys</b>	min	€/min	Yhteensä
keräily varastosta	5	0,25 €	1,25 €
lähetys Lean	3	0,25 €	0,75 €
lastaus trukilla	3	0,25 €	0,75 €
<b>yhteensä käsittelykulut 1 lava ulos</b>			<b>2,75 €</b>
Lavoja		437	1 201,75 €

Laskettaessa yhteen käsittelystä syntyvät kulut Ikolassa ja Logistikas Oy:llä, kun lavat lähetetään Ikolasta Logistikas Oy:lle Säynätsaloon, saadaan selville käsittelyn kokonaiskustannukset.

Taulukko 9. Puretut vaihteet käsittely yhteensä

2017 puretut vaihteet käsittely				
Purettuja vaihteita 110 kpl	kpl	Ikola ulos	Logistikas ulos-sisään	Yhteensä
Minimissään lavoja	123	338,25 €	x €	x €
Keskimäärin lavoja	437	1 201,75 €	x €	x €
Maksimissaan lavoja	751	2 065,25 €	x €	x €

Taulukosta 9 nähdään, että lavojen keskimääräiset käsittelykulut yhteensä vaihtelevat noin x eurosta lähes x euroon.

Tällä hetkellä ei ole varsinaisesti havaittavissa niin sanottua turhaa työtä romuosien käsittelyssä. Romuosia joudutaan ajoittain tilaamaan takaisin Logistikas Oy:ltä Ikolaa. Lavoja tilataan Ikolaa, jos osa joudutaan esimerkiksi mittaamaan tai takaisinmallintamaan uuden osan valmistusta varten. Myös vakuutusyhtiöiden tarkastelua varten joudutaan tilaamaan lavoja ja esimerkiksi romulaakerit säilytetään useassa tapauksessa vakuutusyhtiötä varten.

## 5.5 Kustannukset

Kun tiedetään purettujen vaihteiden määrä ja kuinka paljon keskimäärin romua syntyy puretusta vaihteesta, voidaan keskiarvoja käyttää kustannusten laskemiseen. Kustannusten laskemisessa on lisäksi käytetty keskihajontaa, jonka avulla nähdään yhteiskustannusten ääripäät, joiden välille kustannukset todennäköisin ajautuvat. Laskuissa on käytetty romulavojen säilytysaikana 6 kuukauden jaksoa, ja lisäksi on huomioitu, että kaikki lavat siirretään pois Logistikas Oy:ltä.

Taulukko 10. Kustannukset yhteensä

2017 puretut vaihteet					
	<b>kpl</b>				
Purettuja vaihteita	110				
Keskiarvo romulavojen määrästä per vaihde	3,97				
Keskihajonta	2,85				
Varastointi					
	<b>kpl</b>	<b>€/kk</b>	<b>€/6kk</b>		
Minimissään lavoja	123	x €	x €		
Keskimäärin lavoja	437	x €	x €		
Maksimissaan lavoja	751	x €	x €		
Käsittely					
	<b>kpl</b>	<b>Ikola ulos</b>	<b>Logistikas ulos-sisään</b>	<b>Yhteensä</b>	
Minimissään lavoja	123	x €	x €	x €	
Keskimäärin lavoja	437	x €	x €	x €	
Maksimissaan lavoja	751	x €	x €	x €	
Kuljetukset					
	<b>kpl</b>	<b>Kuljetuksia vaaditaan</b>	<b>Yhteensä</b>		
Minimissään lavoja	123	4	x €		
Keskimäärin lavoja	437	14	x €		
Maksimissaan lavoja	751	23	x €		
Yhteensä					
	<b>kpl</b>	<b>Kuljetukset</b>	<b>Varastointi 6kk</b>	<b>Käsittely</b>	<b>Yhteensä</b>
Minimissään lavoja	123	x €	x €	x €	x €
Keskimäärin lavoja	437	x €	x €	x €	x €
Maksimissaan lavoja	751	x €	x €	x €	x €
Osuudet		7 %	60 %	33 %	

Taulukosta 10 nähdään kokonaiskustannuksien vaihtelevan noin x eurosta x euroon, kun vaihteita puretaan 110 kappaletta ja romuosia varastoidaan 6 kuukautta. Kustannuksiin vaikuttaa eniten varastointi, sillä puolen vuoden varastointijaksolla kustannuksien osuus kokonaiskustannuksista on 60% eli yli puolet. Käsittelyn osuus on kolmasosa kokonaiskustannuksista, jolloin kuljetuksien osuus on noin 7%.

Tarkastellessa Logistikas Oy:n varastoinnin kokonaistilannetta servicen osalta vuositasolla. Taulukosta 11 nähdään, kuinka kokonaislavamäärä Logistikaksella on kasvanut vuosittain, esimerkiksi vuodesta 2016 vuoteen 2017 lavamäärä kasvoi 25 prosenttia, ja vuodesta 2015 vuoteen 2016 määrä on melkein tuplaantunut (96%). Romulavojen osuutta vuositasolla on hankala selvittää, mutta varastosta poistettujen lavojen määrä on selvitetävissä. Lisäksi taulukosta 11 voidaan havaita, kuinka paljon romulavoja on poistettu varastosta vuosittain. Vuodesta 2014 vuoteen 2016 romulavoja on romutettu varastosta suhteellisen vähän, ainoastaan noin 1-2% kokonaislavamäärästä. Voidaan kuitenkin olettaa, että tuolloinkin romulavoja on ollut varastossa suhteellisen paljon, sillä kun katsotaan vuoden 2017 romutuksien osuutta, joka on noin 18%, on romutukset selvästi kasaantuneet vuodelle 2017. Lisäksi kun tiedetään, kuinka paljon romua keskimäärin vaihteesta tulee, voidaan arvioida, että romulavojen määrä on lisääntynyt vuosina 2014-2016 noin 100-200 kappaletta vuodessa, romutuksien samalla pysyessä matalana. Taulukosta 3 on kuitenkin nähtävissä, että vuoden lopussa 13.12.2017 varastossa on ollut noin 200 lavaa romua, mikä sijoittuu vuodessa syntyvien romuosien arvioon väliltä 123-751 kappaletta.

Taulukko 11. Service varastotasot Logistikas Oy

	<b>2017</b>	<b>2016</b>	<b>2015</b>	<b>2014</b>
Service lavoja keskimäärin vuodessa	3200	2569	1313	947
Romutettuja lavoja	997	70	84	150
Romulavojen osuus romuteuista	584	54	13	11
Romulavojen osuus kokonaislavamäärästä	18,3 %	2,1 %	1,0 %	1,2 %
Romulavojen kustannus 6kk	x €	x €	x €	x €
Service lavojen vuosikustannus	x €	x €	x €	x €

## 5.6 Tulokset

Taulukko 12. Tulokset koottuna

<b>Tulokset</b>	
<b>Kuinka paljon romuosia kuljetaan ja varastoidaan</b>	Määrä vaihtelee purettavien vaihteiden määrän mukaan, vaihteesta syntyy noin 1-7 lavaa romua keskihajonta huomioiden. Vuonna 2017 purettiin 110 kappaletta vaihteita, jolloin määrä vaihtelee 123-751 lavan välillä keskiarvon ollessa noin 437 lavaa.
<b>Kokonaiskustannukset</b>	Vaihtelee purettavien vaihteiden määrän ja varastointiajan mukaan. Kun huomioidaan keskihajonta ja oletetaan, että osia varastoidaan 6 kuukautta, kokonaiskustannukset vaihtelevat x € - x € välillä. Näin ollen keskiarvo on noin x €, kun vaihteita puretaan 110 kappaletta, kuten vuonna 2017.
<b>Seisonta-aika</b>	Purkuprosessin alkuvaiheessa asiakkaalle tehdään huoltotarjous vaihteen huollosta. Osat seisovat huoltotarjouksen jättämisestä tarjouksen hyväksyntään, eli noin 5-20 päivää, sillä osia ei voida kunnostaa ennen tarjouksen hyväksyntää. Tarjouksen hyväksynnän jälkeen osat siirretään jatkotoiminpiteisiin noin viiden päivän viiveellä. Muita pidempiä seisonta-aikoja ei ole havaittavissa.
<b>Pullonkaulat</b>	Merkittäviä toimenpiteitä vaativia pullonkauloja ei ole havaittu. Kuitenkin tällä hetkellä, jos käsittelyvolyyymi lisääntyy, todennäköisesti pullonkaulaksi muodostuu koeajon kapasiteetti, varsinkin ennen laajennuksen valmistumista.

Kuljetettavien romuosien määrä pohjautuu purettavien vaihteiden määrään. Tutkimuksessa analysoitiin romulavojen määrää käyttämällä hyväksi edellisen vuoden romutustietoja, joista voitiin vaihteiden sarjanumeron perusteella laskea kunkin vaihteen lavamäärät. Lavamääristä voitiin laskea keskiarvo ja keskihajonta sille kuinka paljon romua syntyy keskimäärin puretusta vaihteesta. Taulukosta 10 nähdään, että vuonna 2017 romutettujen vaihteiden tiedoista saatiin selville, että vaihteesta syntyy keskimäärin 4 lavaa romua keskihajonnalla 2,85 tarkoittaen, että lavamäärä vaihtelee noin yhdestä seitsemään lavaan.

Kun tiedetään syntyvien romulavojen määrä keskimäärin, voidaan arvioida, kuinka paljon romulavoja keskimäärin kuljetetaan ja varastoidaan. Vuonna 2017 purettiin 110 kappaletta vaihteita. Edellisten tietojen perusteella ja taulukosta 10 nähdään, että näillä tiedoilla kuljetettavien romulavojen määrä vaihtelee välillä 123-751 kappaletta, keskiarvon ollessa 437 lavaa. Olettaen että jokaista romulavaa varastoitaisiin 6

kuukautta, voidaan laskea yhteiskustannukset purettujen vaihteiden romulavoille. Kustannuksiin sisällytettiin varastointi-, kuljetus-, ja käsittelykustannukset. Kustannukset sijoittuvat välille x € - x €, keskiarvon ollessa noin x euroa. Varastoinnin todettiin muodostavan puolen vuoden varastoinnilla noin 60% kustannuksista, jolloin varastoinnin pituuden kasvaessa myös kustannukset kasvavat merkittävästi.

Turhaa työtä romuosat eivät tällä hetkellä varsinaisesti aiheuta. Osia joudutaan kyllä tilaamaan takaisin Logistikas Oy:ltä ajoittain esimerkiksi Ikolaan, tuolloin syynä voi olla esimerkiksi vakuutustapaus. Vakuutusyhtiöt saattavat haluta tarkastella esimerkiksi vaihteesta varastoituja romulaakereita, joilla on yleensä suuri merkitys vaihteen hajoamiseen. Romuosia voidaan myös joutua tilaamaan takaisin takaisinmallinnukseen tai mittaukseen, mutta varsinaista turhaa työtä ei ole havaittavissa.

Purkuprossin yhteydessä asiakkaalle tehdään huoltotarjous vaihteen huollosta. Vaihteen osat varastoidaan Logistikas Oy:lle odottamaan tarjouksen hyväksyntää. Osat seisovat odottamassa koneistusta ja muita huoltoon liittyviä toimenpiteitä, kunnes asiakas hyväksyy huoltotarjouksen. Yleensä tarjouksen hyväksyntään kuluu noin 5-20 päivää. Odotusaikaa tarjouksen esittämisestä hyväksyntään voidaan pitää yhtenä pitempänä ajanjaksona, jolloin osat seisovat eivätkä tuota lisäarvoa. Tarjouksen hyväksynnän jälkeen osat siirretään jatkotoimenpiteisiin, noin viiden päivän viiveellä. Muita pidempiä seisonta-aikoja ei ole havaittavissa.

Selvittäessä prosessin pullonkauloja haastattelussa selvisi, että tällä hetkellä kokonaisläpäisyajan, eli vaihteen saapumisesta vaihteen lähettämiseen takaisin asiakkaalle, ei ole havaittavissa pullonkauloja. Edellisessä kappaleessa mainittu ajanjakso tarjouksen esittämisestä tarjouksen hyväksymiseen on yksi pidempi kokonaisläpäisy-aikaa hidastava prosessi, mutta sitä ei voida pitää varsinaisesti pullonkaulana. Vaihteiden valmistumista kokoonpanosta tällä hetkellä määrittelee koeajokapasiteetti, mikä tahdittaa vaihteiden valmistumista. Koeajokapasiteettiä ollaan nostamassa Ikolaan valmistuvalla koeajokentällä. Yhtenä pullonkaulan määritelmät täyttävänä prosessina voitiin pitää edellisenä kesänä 2017, sisäosien koneistuksen konekapasiteetin riittämättömyyttä. Tuolloin konekapasiteettiä käytettiin ensisijaisesti uusien vaihteiden sisäosien valmistukseen, jolloin huoltovaihteiden sisäosien valmistus jäi toissi-



jaiseksi. Pullonkaula poistui kuormituksen muuttuessa tasaisemmaksi, lisäksi konekapasiteettiä on kuitenkin lisätty hankinnoilla, eikä sitä nykyään tunnisteta pullonkaulaksi tulevaisuudessa.

## 6 Pohdinta

Maailman tuulivoima neuvosto (GWEC, Global Wind Energy Council), on ennustanut tuulivoiman kasvavan vuoden 2021 loppuun mennessä noin 64% nykyisestä 486,8 GW kapasiteetistä 800 GW kapasiteettiin. Pelkästään Euroopan osuuden uskotaan olevan noin 73 GW, ja myös Pohjoisen Amerikan osuuden uskotaan kasvavan. (Sawyer 2017.)

Tuulivoiman kasvaminen globaalisti, varsinkin Euroopan ja Pohjois-Amerikan osalta, vaikuttaa merkittävästi huollettavien vaihteiden määrään Moventaksella. Tähän on syynä se, että Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa sijaitsevat suurimmat Moventaksen asiakkaat, ja myös globaali kasvu tuo varmasti lisää huoltovaihteita Moventakselle. Huollettavien määrien kasvaessa onkin omien prosessien oltava kunnossa. Jos romuosia säilytetään samalla tavoin kuin nykyään ja purettavien vaihteiden määrä on kasvussa, tulevat myös romuosien varastointiin liittyvät kustannukset kasvamaan. Vuoden 2017 kasvaneet romutusmäärät kertovatkin, että romuosien romutusprosesseja on lähdetty kehittämään ja tulevat mahdolliset muutokset asiakassopimukseen parantavat prosessia edelleen.

Kuitenkin, vaikka asiakassopimuksia saataisiin muutettua, varastointiaikoja lyhennettyä ja syntyviä kustannuksia siirrettyä asiakkaille paremmalla hinnoittelulla, tulee romutusprosessia kehittää. Tällä hetkellä luvan saaminen romutukseen on pitkä prosessi ja siihen sisältyy useita osapuolia, ja viime kädessä lupa romuttamiseen tulee asiakkaalta. Romutusprosessia pitäisikin saada automatisoitua. Järjestelmä voisi luoda automaattisesti ehdotelman romutettavista riveistä, esimerkiksi varastointiajan ja uusien asiakassopimusten perusteella. Tuolloin lista romutettavista osista lähtisi hyväksyttäväksi vaadituille osapuolille. Hyväksytystä listasta menisi tieto logistiikalle, jolloin voitaisiin ryhtyä toimenpiteisiin nopeammin.

Tällä hetkellä purettavista vaihteista varastoidaan lähes kaikki romuosat. Jos asiakassopimukseen saataisiin määriteltyä mitkä osat varastoidaan automaattisesti, voitaisiin käsittelyyn ja varastointiin liittyviä kuluja pienentää merkittävästi romuttamalla jo vaihteen purkupaikalla ne romuosat, joita ei enää tarvita. Tällöin voitaisiin käsitellä ainoastaan oleelliset osat, kuten esimerkiksi takaisinmallinnukseen menevät osat tai vakutuusyhtiötä varten säilytetyt laakerit.

Myös Suomessa tuulivoiman käyttö on kasvussa. Suomen Tuulivoimayhdistyksen vuositilastosta nähdään Suomen tuulivoimatuotannon ja asennettujen tuulivoimaloiden määrän olevan tällä hetkellä voimakkaassa kasvussa (Suomen Tuulivoimayhdistys ry). Nykyisten tuulivoimaloiden vanhetessa, ja huomioiden myös koko maailman tilanteen, tulevaisuudessa tulee olemaan paljon enemmän huoltovaihteita. Onhan viime vuosina asennettuja tuulivoimaloita suhteessa paljon enemmän kuin sinä aikana, jolloin nykyään huollettavat vaihteet on asennettu.

## Lähteet

- Auhtola, T. 2018. Unit Manager, SER. Moventas Gears Oy. Haastattelu 24.1.2018.
- Bowersox, D. J. & Closs, D. J. 1996. Logistical management: The integrated supply chain process.
- Hirsjärvi, S. Remes, P & Sajavaara, P.2009. Tutki ja kirjoita. 15. uud. p.Tammi.
- Hokkanen, S., Luukkanen, M. & Karhunen, J. 2011. Johdatus logistiseen ajatteluun. 6. uud. painos.
- Hokkanen, S. & Virtanen, S. 2012. Varastonhoitajan käsikirja.
- Jonsson, P. 2008. Logistics and supply chain management.
- Jyväskylän ammattikorkeakoulu, logistiikka. 2017. Tavaraliikenneyrityttäjä.
- Kinnunen, J. 2006. Mitä on yrityksen taloushallinto? 3. korj. p.
- Miettinen, P. 1993. Tuotannonohjaus ja logistiikka.
- Moventas Gears Oy:n yritysesitys. 2015. Moventas Gears Oy:n Intra.
- Neilimo, K. & Uusi-Rauva, E. 2005. Johdon laskentatoimi. 6. uud. p.
- Ohranen, J. 2018. Customer Service Engineer. Moventas Gears Oy. Haastattelu 25.1.2017
- Pellinen, J. 2006. Kustannuslaskenta ja kannattavuusajattelu. 2. uud. p.
- Rahkonen, J. Moventas Gears jakautuu kahtia – ei henkilöstövaikutuksia. Keski-suomalainen. 15.1.2015. Viitattu 9.11.2017. <http://www.ksml.fi/keski-suomi/Moventas-Gears-jakautuu-kahtia-%E2%80%93-ei-henkil%C3%B6st%C3%B6vaikutuksia/353455>
- Ritvanen, V., Inkiläinen, A., Bell, A. v. & Santala, J. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet.
- Roser, Christoph. "Reliable Shop Floor Bottleneck Detection for Flow Lines Through Process and Inventory Observations: The Bottleneck Walk." Logistics Research 8.1 (2015): 1-9.
- Sakki, J. 2009. Tilaus-toimitusketjun hallinta: B2B : vähemmällä enemmän. 7. uud. p
- Sawyer, S. GWEC Annual Wind Power Update, Short Term Forecast More than 800 GW Globally by 2021. Renewable Energy World. 26.4.2017. Viitattu 4.2.2018. <http://www.renewableenergyworld.com/ugc/articles/2017/04/26/gwec-annual-market-update-and-short-term-forecast--more-than-800-gw-globally-by-2021.html>
- Sinijärvi, P. 2017. Storeman. Moventas Gears Oy. Haastattelu 13.12.2017.
- Stock, J. R. & Lambert, D. M. 2001. Strategic logistics management. 4th ed. Boston: McGraw-Hill.

Tuulivoima Suomessa, Vuositolastot 2017. 26.1. Suomen Tuulivoimayhdistys ry. Viitattu 4.2.2018. [http://www.tuulivoimayhdistys.fi/ajankohtaista/julkaisut-jatutkimukset/3471/tuulivoimatilastot\\_2017](http://www.tuulivoimayhdistys.fi/ajankohtaista/julkaisut-jatutkimukset/3471/tuulivoimatilastot_2017)

Toiminnanohjausjärjestelmä. N.d. Logistiikan Maailma sivusto. Viitattu 21.11.2017. <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjarjestelmat/toiminnanohjausjarjestelma/>.

Varastohallintajärjestelmät. N.d. Logistiikan Maailma sivusto. Viitattu 21.11.2017. <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjarjestelmat/varastohallintajarjestelmat/>.

# Liitteet

## Liite 1. Purkuprosessikaavio

