

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT
School of Engineering Science
Tuotantotalouden koulutusohjelma

Johannes Soranta

JIT-osien materiaalivirran analysointi ja kehittäminen autoteollisuudessa

Diplomityö

2021

128 sivua, 33 kuvaa, 7 taulukkoa ja 7 liitettä

Tarkastajat: Professori Timo Kärri ja Tutkijatohtori Miia Pirttilä

Hakusanat: autoteollisuus, toimitusketju, materiaalivirta, varasto

Keywords: Automotive industry, supply chain, material flow, inventory

Henkilöauton valmistaminen on monivaiheinen prosessi, joka vaatii taustalleen laajan toimitusketjun. Auton rakentamisessa tarvitaan yli tuhatta osaa. Kori hitsataan yhteen erillisistä kappaleista ja maalataan. Lopuksi auto kootaan kokoonpanossa valmiiksi tuotteeksi. Toimitusketjussa on satoja osatoimittajia, joiden tuotteisiin kuuluu asennusvalmiita moduuleja, tai ruuvien kaltaisia pienempiä osia. Osapuutteita on vältettävä, ja tuotannon keskeytyminen aiheuttaa rahalliset tappiot. Sujuva materiaalivirta on autoteollisuudelle tärkeää, ja siksi aiheesta on tehty paljon tieteellistä tutkimusta.

Tässä diplomityössä tutkitaan Suomessa sijaitsevan henkilöautoja valmistavan yrityksen JIT-osien materiaalivirtaa. Tuotannossa tarvitaan JIS-osia, jotka tilataan autokohtaisesti, sekä JIT-osia, jotka voidaan asentaa jokaiseen autoon, jonka osaluetteloon kyseinen osa kuuluu. Tutkimuksen tavoitteina on selvittää, millaisia ongelmia JIT-osien materiaalivirrassa esiintyy, mitkä ovat syyt ongelmien taustalla, ja miten materiaalivirtaa voisi kehittää. JIT-osat luokitellaan varaston kiertonopeuden, ja varaston sitoman pääoman mukaisesti. Luokittelun jälkeen materiaalivirtaa tutkitaan varastonohjauksen, sekä suorituskyvyn näkökulmista. Kvantitatiivisen tutkimuksen avulla selvitetään varaston osa-alue, jonka materiaalivirta aiheuttaa ongelmia.

Näille osille tehdään jatkotutkimusta haastattelujen avulla. Tutkimuksessa selviää, että materiaalivirtaan vaikuttaa kielteisesti moni yrityksen ulkopuolinen ongelma, kuten pieni kysyntä, pitkät noutovälit, sekä kuljetusmatkat. Tästä voi seurata liian suuria tilauseräkokoja, hidasta varastonkiertoa, sekä suuria varastoja. Usein tehoton materiaalivirta johtuu useasta syystä. Ulkoisiin haasteisiin, kuten kysyntään ei juurikaan voi vaikuttaa. Tilauseriä, varmuusvarastoja, ja muita vastaavia osa-alueita voi kuitenkin suunnitella uudelleen, ja parantaa sillä tavoin materiaalivirtaa. Tutkimuksessa selviää, että materiaalivirtaa on kehitettävä osakohtaisesti. Kehitysehdotukset kohdeyritykselle ovat, että JIT-osien materiaalivirtaa kannattaa seurata säännöllisesti, kartoittaa haasteellisia osia, ja ratkaista ilmenneitä materiaalivirran ongelmia.

ABSTRACT

Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT
School of Engineering Science
Degree Programme in Industrial Engineering and Management

Johannes Soranta

The material flow of JIT-parts and its analyse and develop in automotive industry

Master's thesis

2021

128 pages, 33 figures, 7 tables and 7 appendices

Examiners: Professor Timo Kärri and Post-doctoral researcher Miia Pirtilä

Keywords: Automotive industry, supply chain, material flow, inventory

Car manufacturing is the process that has several steps. It needs a large supply chain network because there are a big number of parts in in one car. The production process includes body shop, paint shop, and general assembly. There are hundreds of suppliers delivering modules that are ready for installation, or smaller parts like screws or stickers. The lack of parts should be avoided because the stop of production will cause a big loss of money. The fluent material flow is important for the automotive industry and there are lots of scientific research because of that.

This thesis work research the material flow of JIT-parts in Finnish car manufacturing company. There are two types of parts in the car production. The JIS-part is possible to assembly only to one specific car, but the JIT-part is common. The goal of this study is to find out, what kind of problems there exists in the material flow of JIT-parts, what are the reasons behind this, and is it possible to develop the process. JIT-parts are sorted out according to inventory turnover and stock value. After that the material flow will be researched using quantitative methods.

The challenging part of material flow are analyzed with qualitative methods such as interviews. There are external reasons that may have a negative impact for the material flow. For example, a low demand, few pick up days and long delivery times. This can lead to big order quantities, slow turnover of inventory and expensive safety stocks. Typically, there are many of problems for every part of ineffective material flow. It is difficult to influence to external challenges unlike to internal ones. Every part has its unique details and physical features. It would be possible to improve material flow with constant following. That would lead to list of challenging parts and solutions of problems.

ALKUSANAT

Diplomityön aihe on mielenkiintoinen, ja työn tekeminen oli sopivan haastavaa. Haluan kiittää työn teettänyttä yritystä hienosta mahdollisuudesta, kuten myös ohjaajia yliopistossa, sekä yrityksessä hyvistä neuvoista ja tuesta. Yhteistyö oli toimivaa kaikkien osapuolien kanssa. Erityisesti yrityksen henkilökunnan asiantuntevista kommentteista oli paljon apua. Tästä on mukava jatkaa seuraaviin haasteisiin.

Uusikaupunki 11.11.2021

Johannes Soranta

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	11
1.1	Työn tausta.....	11
1.2	Tavoitteet ja rajausta	13
1.3	Tutkimuksen toteutus.....	16
1.4	Raportin rakenne	19
2	Materiaalivirran analysointi ja seuranta.....	22
2.1	Materiaalivirran hallinnan perusteet	22
2.2	Materiaalivirran tehokkuuden arviointi	25
2.3	Analysoinnin työkalut	27
3	Varaston ohjaaminen	30
3.1	Materiaalitarvelaskenta	30
3.2	ABC-XYZ analyysin kirjallisuuskatsaus	32
3.3	Varaston ohjausparametrit	35
3.4	Varaston suorituskyky	42
4	Kohdeyrityksen nykytila	46
4.1	Yrityksen liiketoimintaympäristö	46
4.2	Yrityksen prosessit ja arvovirtakaavio	47
4.3	Ennusteet ja osien tilaaminen.....	49
4.4	Osien kuljetus ja vastaanotto	50
4.5	Varaston prosessit	52
4.6	Tuotantolinjaston prosessit	54
4.7	Havaittuja kehityskohteita.....	56
5	Varaston nykytila	60
5.1	Yrityksen käyttämät järjestelmät	60

5.2	Yleiskuva varaston tilanteesta.....	63
5.3	ABC-XYZ-analyysi	65
5.4	Kiertovarasto ja varmuusvarasto.....	74
5.5	Kysyntä ja hankintahinnat.....	81
5.6	Tiluserä ja pakkauskoko.....	85
6	Materiaalivirran analyysi	88
6.1	Tutkimusaineiston kokoaminen	89
6.2	Materiaalivirran haasteet.....	90
6.3	Asiakkaan vaikutus materiaalivirtaan	94
6.4	Kuljetuksen ja toimittajien vaikutus materiaalivirtaan	97
6.5	Kohdeyrityksen vaikutus materiaalivirtaan	100
7	Tutkimustulokset.....	105
7.1	Syyt nykytilanteen taustalla	105
7.2	Havainnot materiaalivirrasta	108
7.3	Kehitysehdotukset.....	114
8	Johtopäätökset ja yhteenveto	120
	Lähteet	122
	Liitteet.....	1

Liiteluettelo

Liite 1: Varaston kokonaisarvo.....	1
Liite 2: JIT- ja JIS-osien kokonaisvarastot	2
Liite 3: Rajatun aineiston ABC-XYZ-analyysi	3
Liite 4: Materiaalisuunnittelijan haastattelu	4
Liite 5: Pakkaussuunnittelun haastattelu	5
Liite 6: Suuren tiluserän ja pakkauskoon osanimikkeet	6

Liite 7: Haastattelujen tiedot7

Kuvaluettelo

Kuva 1, JIS- ja JIT-osien erot.....	15
Kuva 2, Raportin rakenne.....	20
Kuva 3, Materiaalivirtauksen prosesseja.....	23
Kuva 4, Autoteollisuuden prosesseja.....	26
Kuva 5, Arvovirtakaavio.....	28
Kuva 6, Materiaalitarvelaskenta.....	31
Kuva 7, Materiaalitarvelaskennan prosesseja.....	32
Kuva 8, Tilauserä koko ja kustannukset.....	37
Kuva 9, Tilauspistemenetelmä.....	40
Kuva 10, Kohdeyrityksen arvovirtakaavio.....	48
Kuva 11, Informaation kulku.....	50
Kuva 12, Mahdollisia syitä erikoisrahdille.....	51
Kuva 13, Osajakelu tuotantoon.....	54
Kuva 14, Materiaalivirran prosesseja kohdeyrityksessä.....	57
Kuva 15, JIS-osien korvaustilausten luokittelu.....	58
Kuva 16, Materiaalihallinnan ohjelmistot ja informaation kulku.....	62
Kuva 17, Varaston arvo ja erilaiset osanimikkeet kohdeyrityksessä.....	72
Kuva 18, Varaston arvo.....	75
Kuva 19, Varmuusvaraston osuus keskimääräisestä varastosta.....	77
Kuva 20, Varmuusvaraston prosenttiosuus kokonaisvarastosta.....	78
Kuva 21, AZ-osien varmuusvarasto.....	79
Kuva 22, BZ-osien varmuusvarasto.....	80
Kuva 23, Keskimääräinen yksittäisen osan kokonaiskysyntä vuodessa.....	82
Kuva 24, Keskimääräinen yksittäisen osan hankintahinta.....	83
Kuva 25, Keskimääräinen yksittäisen osan riitto.....	84
Kuva 26, Tilauserä ja pakkauskoko.....	85
Kuva 27, Montako tilauserää tarvitaan täyttämään vuosikysyntä.....	87
Kuva 28, Pieni kysyntä.....	96
Kuva 29, Pitkä toimitusaika.....	98

Kuva 30, Suuri varmuusvarasto	100
Kuva 31, Kysyntätietojen kulkeutuminen autotehtaalle.....	107
Kuva 32, Materiaalivirran kehittäminen.....	117
Kuva 33, Materiaalivirran kehitystoimenpiteitä.....	118

Taulukot

Taulukko 1, ABC-analyysi	33
Taulukko 2, ABC-XYZ-analyysi	35
Taulukko 3, ABC-XYZ-analyysin tulos.....	69
Taulukko 4, ABC-analyysin tulos	70
Taulukko 5, XYZ-analyysin tulos	73
Taulukko 6, Havainnot AZ-osien materiaalivirrasta	91
Taulukko 7, JIT-osien keskihajonta.....	111

Kaavaluettelo

Kaava 1:	Kiertovarasto
Kaava 2:	Palveluaste
Kaava 3:	Keskihajonta
Kaava 4:	Varmuusvarasto
Kaava 5:	Keskivarastotaso
Kaavat 6 ja 7:	Varaston kiertonopeus
Kaavat 8 ja 9:	Varaston riitto
Kaava 10:	Varaston kiertonopeus (SAP)
Kaava 11:	Keskivarastotaso (SAP)

Symboli- ja Lyhenneluettelo

MRP	Materiaalitarvelaskenta
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä
BOM	Auton osaluettelo
Q	Täydennyserä
CS	Kiertovarasto
SS	Varmuusvarasto
OP	Tilauspiste
SL	Palveluaste
L	Kuljetusaika
D	Kysyntä
A	Aikataulussa toimitetut osat
σ	Keskihajonta
I	Keskivarastotaso
ITO	Varaston kiertonopeus
DOS	Varaston riitto

1 JOHDANTO

Tämän diplomityön tarkoituksena on tutkia Suomessa sijaitsevan henkilöautoja valmistavan yrityksen toimintaa. Työn tavoitteet on määritelty yhdessä kohdeyrityksen ja Lappeenrannan teknillisen yliopiston henkilökunnan kanssa. Tavoitteissa huomioidaan yrityksen arvioita materiaalivirran nykytilasta, sekä rajataan ne käytettävissä olevan ajan ja resurssien mukaisesti. Diplomityön aihe on osa laajaa kokonaisuutta, joten työ jättää mahdollisuuden myöhemmille lisätutkimuksille. Johdannon tarkoitus on koota työn keskeiset tavoitteet ja lähtökohdat, sekä antaa alustavaa tietoa tutkimusympäristöstä.

1.1 Työn tausta

Tutkimuksessa analysoidaan henkilöautoja valmistavan tuotantolaitoksen materiaalivirtaa. Auton valmistaminen on monimutkainen prosessi, joka sisältää useita työvaiheita. Henkilöauto koostuu useista osista, joista yhdenkin puuttuminen tarkoittaa sitä, että tuote on keskeneräinen eikä sovellu myytäväksi käyttövalmiina autonä. Osapuutteita on vältettävä, ja materiaalivirran toimittajalta tehtaan varastoon on oltava mahdollisimman tehokas. Boehnke et al (2013) mainitsee, että autoteollisuus kohtaa paljon ulkoisia vaatimuksia ja haasteita, jotka voivat liittyä esimerkiksi tuotteiden ympäristövaikutuksiin. Tämä liittyy sekä valmistusprosessin, että valmiin tuotteen ominaisuuksiin. Muun muassa näiden syiden takia materiaalivirran olisi oltava mahdollisimman sujuva ja tehokas.

Asiakkaat asettavat vaatimuksia liiketoiminnalle. Uuden henkilöauton hankinta on useimmiten kuluttajalle merkittävä investointi, ja tästä johtuen vähimmäisvaatimuksena on, että vikoja tai heikkolaatuisia materiaaleja ei esiinny. Nauhria et al (2011) painottavat erityisesti laadun merkitystä autoteollisuudessa. Asiakas vaatii tasokkaan tuotteen, mutta autoja valmistavan tehtaan on lisäksi huolehdittava siitä, että tuotteita valmistuu sovitun aikataulun mukaisesti. Laadun on siis oltava hyvällä tasolla sekä valmiissa tuotteessa, että kaikissa yrityksen prosesseissa.

Laadun mittarit ovat tärkeitä sekä autoaan odottavalle asiakkaalle, että yritykselle itselleen, koska tulot ovat riippuvaisia myynnistä. Materiaalivirtaan liittyville sidosryhmille, kuten toimittajille ja kuljetusliikkeille on tärkeää, että yrityksellä on selkeä käsitys materiaalivirrasta. Esimerkiksi osatarpeen ennustaminen on oltava ajantasaista ja luotettavaa. Myös autoja valmistava yritys on riippuvainen sidosryhmien ammattitaidosta ja luotettavuudesta, ja toimiva materiaalivirta vaatii, että koko toimitusketju on toimintakykyinen. Edellä mainitut ulkoiset tekijät luovat yritykselle painetta kehittää materiaalivirtaansa, mutta vähintäänkin yhtä suuri merkitys tehokkaalla materiaalivirralla on myös yritykselle itselleen. Mikäli materiaalivirta on tehotonta, tarpeettomat kulut kasvavat ja kannattavuus kärsii.

Riski tehottomalle materiaalivirralla voi syntyä ulkoisista tekijöistä, kuten huonosti ennustettavista toimittajista, mutta Hines & Rich (1997) käsittelevät artikkelissaan muutamia mahdollisia kehityskohteita, joita ovat muun muassa tarpeeton varastointi, sekä kuljettaminen. Kyseinen tutkimus käsittelee Toyotan tuotantoa. Vaikka Hinesin & Richin (1997) artikkeli on melko vanha, tämän diplomityön kohdeyrityksessä on havaittu tarvetta tarkastella samoja osa-alueita. Materiaalivirta on siis osa-alue, joka vaatii jatkuvaa kehittämistä, ja kysyntää tämänkaltaiselle diplomityölle on olemassa. Nallusamy et al (2016), toteaa hyvän varaston hallinnan tärkeäksi autoteollisuudessa. Esimerkiksi osien luokittelu niiden ominaisuuksien perusteella voi auttaa merkittävästi raaka-aineiden materiaalivirran hallinnointia. Muun muassa edellä mainittu autoteollisuutta ja materiaalivirtaa käsittelevä akateeminen kirjallisuus toimii tutkimuksellisena taustana diplomityölle.

1.2 Tavoitteet ja rajaus

Diplomityön tavoitteet ovat analysoida kohdeyrityksen materiaalivirtaa, etsiä osanimikkeet, joiden materiaalivirrassa ilmenee ongelmia, taustalla olevat syyt, sekä miettiä kehitysideoita. Yritys on ollut toiminnassa jo kauan, ja monet toimintatavat ovat vakiintuneita. Silti on havaittu, että materiaalivirtaa voisi olla syytä tutkia. Tehoton materiaalivirta tarkoittaa muun muassa varaston huonoa kiertonopeutta, tai niiden sitomaa suurta pääomaa varastossa. Kiertonopeus mallintaa, kuinka tehokkaasti yritys hyödyntää käytettävissä olevia resursseja (Rao & Rao, 2009). Joissain tapauksissa hidaskiertonopeus voi olla perusteltua olosuhteiden pakosta, mutta ilmiöön on silti suhtauduttava kriittisesti. Diplomityön tavoitteiden saavuttaminen vaatii varaston numeerisen aineiston analysointia, ja siihen pohjautuvia jatkotutkimuksia, joissa hyödynnetään ihmisten kokemuksiin perustuvaa tietoa. Tällainen empiirisen aineiston jaottelu on melko yleistä aikaisemmissa akateemisissa tutkimuksissa (Rebs et al, 2016).

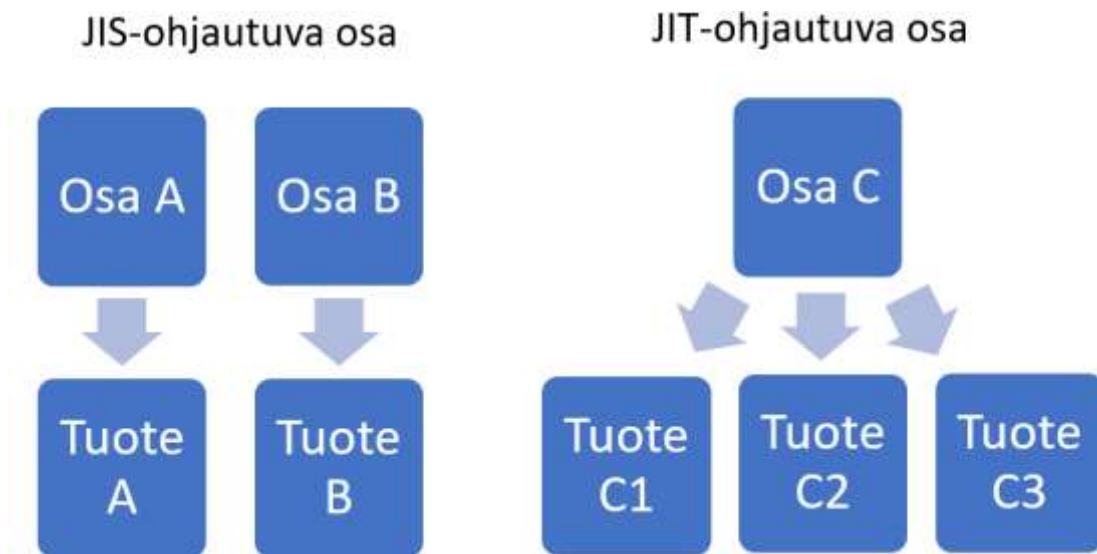
Työssä tehdään tutkimuksia, jotka liittyvät varastonohjaukseen, varaston nykytilaan, sekä sidosryhmien vaikutukseen. Oletuksena on, että kalliiden ja halpojen, sekä fyysisiltä ominaisuuksiltaan erilaisten osien materiaalivirrat poikkeavat toisistaan. Kaikkia osia ei voi arvioida samoilla kriteereillä, vaan tarvitaan osakohtaista tutkimusta. Yrityksessä on arvioitu, että nykyiset tilauserät, kuljetusajat ja varmuusvarastot voisivat aiheuttaa joidenkin osanimikkeiden kohdalla hidasta varastonkiertoa, tai muita ongelmia materiaalivirrassa. Kysynnällä ja sen yllättävillä muutoksilla on merkitystä siihen, miten osia tarvitaan yrityksen tuotannossa. Mikäli kysynnän ennustaminen on epätarkkaa, voi seurauksena olla joko osapuutteen riski, tai ylijäämää varastossa.

Edellä mainittuja osa-alueita analysoimalla voidaan saada kokonaiskuva nykyisestä materiaalivirrasta, ja suunnata tutkimuksen resurssit oikeisiin kohteisiin. Vaikka teollisuusyrityksen toimintaan kuuluu myös tuotanto, ja lopputuotteen toimittaminen asiakkaalle, tässä työssä keskitytään ainoastaan materiaalivirtaan osatoimittajan ja tuotantolaitoksen varaston välillä (Arnold et al, 2008). Varaston kiertonopeus ottaa huomioon sen, miten tehokkaasti tuotanto kuluttaa varastoa, mutta tuotannon toimintaa ei tutkita tässä työssä tarkemmin. Tuotannon perusasiat kuitenkin esitellään lyhyesti, koska

materiaalivirtaa on helpompi ymmärtää, jos tuntee hieman myös sitä ympäristöä, jonne osia toimitetaan varastosta. Myöskään lopputuotteen toimittamista asiakkaalle ei ole havaittu tarpeelliseksi käydä läpi, eikä se sen takia kuulu diplomityön aihealueeseen.

Yrityksen osat voidaan luokitella JIS- ja JIT-osiin. JIS-osa voidaan asentaa ainoastaan yhteen, tiettyyn autoon, johon kyseinen osa on tilattu. Ne ohjautuvat siis tilausten mukaisesti. Vaikka käsillä olisi kaksi identtistä JIS-osaa, osia ei voi asentaa kahteen samanlaiseen autoon satunnaisessa järjestyksessä, vaan osat on nimikoitu autokohtaisesti jo osien tilaamisvaiheessa. JIT-osia puolestaan ei tilata autokohtaisesti, ja autoon voidaan asentaa satunnainen, varastosta löytyvä osa, mikäli kaikki sen ominaisuudet, kuten esimerkiksi väriyty, ovat sopivia. Osan on siis kuuluttava auton osaluetteloon (kuva 6). JIT-osien materiaalivirtaa suunnitellaan kysynnän ennusteen perusteella, eli tilausmäärät vaihtelevat. JIS- ja JIT-osien eroja havainnollistaa kuva 1. Osien erot johtavat siihen, että JIS-osia ei varastoida tarkoituksella, vaikka ne saattavat tulla yrityksen varastotiloihin muutamia päiviä ennen suunniteltua tuotantoa ja näin ollen odottaa hetken aikaa varastossa ennen asennusta. Liite 2 kuvaa JIT- ja JIS-osien varastojen arvoja.

JIS-osat siis tilataan suoraan käyttöön. eikä esimerkiksi varmuusvarastoja tarvita. Tästä johtuen JIS-osat rajataan tämän tutkimuksen ulkopuolelle, ellei kyseessä ole jokin prosessi, kuten esimerkiksi kuljetusliikkeen toiminta, jolloin osatyypillä ei ole eroa tutkimuksen kannalta. Tavoitteena on kuitenkin tutkia lähtökohtaisesti JIT-osien materiaalivirtaa. Yrityksessä on pieni määrä JIT-osia, joiden varastonohjaus poikkeaa merkittävästi muista. Tällaisia osia ovat muun muassa kemikaalit. Yritys valmistaa henkilöautojen lisäksi urheiluautojen kattoja erilliselle asiakkaalle ja myös tämän liiketoiminnan varastonohjaus on oma prosessinsa. Nämä normaalista poikkeavat osat rajataan pois diplomityön jatkotutkimuksista.



Kuva 1, JIS- ja JIT-osien erot

Yksi oleellinen osa materiaalivirtaa on varastointi. Esimerkiksi Hines ja Rich (1997) mainitsevat tarpeettoman varastoinnin tehottomuuden lähteenä ja on mahdollista, että suuret varastot eivät ole välttämättömiä. Diplomityössä syvennyttään varastointiin, mutta kuitenkin sillä rajoituksella, että sisälogistiikan prosesseja ei tutkita erityisen tarkasti. Lisäksi tutkimuksen ulkopuolelle jätetään esimerkiksi varaston pohjapiirroksen suunnittelu, trukkikuskien ajomatkat, varaston siisteyden arviointi, varastotyöntekijöiden työvuorojen kestot, ja vastaavat sisälogistiikan erityispiirteet.

Edellä mainittuja rajoituksia perustellaan sillä, että varaston toiminnan tutkiminen käytännön tasolla vaatisi todennäköisesti päivittäistä seuranta ja läsnäoloa varastotiloissa, yksittäisten lähetysten arviointia, ja muuta vastaavanlaista toimintaa, joka veisi kohtuuttomasti aikaa varsinaiselta tavoitteelta, eli kokonaisvaltaiselta JIT-osien materiaalivirran tehokkuuden arvioinnilta. Työn tavoitteet saavutetaan helpommin toiminnanohjausjärjestelmien numeerisen aineiston tarkastelulla, ja tuloksiin pohjautuvilla jatkotutkimuksilla, jossa huomio kohdistetaan siihen materiaalivirran osaan, joka aiheuttaa ongelmia.

Työn tutkimuskysymykset on esitetty alla olevassa luettelossa. Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tarkoituksena on selvittää materiaalivirran nykytilaa. Tähän kysymykseen pyritään löytämään vastaus selvittämällä nykyistä varaston kiertonopeutta, sekä sen sitomaa pääomaa. Tutkimuskysymyksessä hyödynnetään numeerista aineistoa. Toinen tutkimuskysymys käsittelee lisätutkimuksia, jotka auttavat ymmärtämään

mahdollisia ongelmakohtia, ja korjaustoimenpiteitä. Tässä hyödynnetään numeerisen aineiston lisäksi myös työntekijöiden kokemuksia. Viimeisessä tutkimuskysymyksessä etsitään kehityskohteita, joilla nykyisiä ongelmia tai niistä aiheutuvia riskejä voitaisiin vähentää.

Tutkimuskysymykset:

1. Millaisia ongelmia JIT-osien materiaalivirrassa esiintyy?
2. Mitkä syyt aiheuttavat nykyiset ongelmat?
3. Miten materiaalivirtaa olisi mahdollista kehittää?

1.3 Tutkimuksen toteutus

Tutkimuksen toteutuksessa on haluttu ottaa huomioon autotehtaan liiketoimintaan kuuluvat erityispiirteet, joita ovat esimerkiksi erilaisten osanimikkeiden suuri määrä, sekä nopeasti muuttuva liiketoimintaympäristö. Tulosten esitystavoissa painotetaan visuaalisuutta, kuten kaavioita ja kuvaajia. Luvuissa esiintyvät havainnot kootaan taulukoihin. Aineistoa pyritään tutkimaan rajausten puitteissa mahdollisimman monipuolisesti. Seuraavissa kappaleissa määritellään tarkemmin diplomityössä käytettävää aineistoa ja tutkimusmenetelmiä.

Aineisto

Tutkimuksessa hyödynnetään teoreettista, autoteollisuuteen ja materiaalivirtaan liittyvää lähdeaineistoa, sekä empiiristä materiaalia. Teoreettinen aineisto perustuu kirjallisuuskatsaukseen, joka ottaa huomioon aiempia, tästä aiheesta käsiteltyjä tutkimuksia ja niiden tuloksia. Empiirinen materiaali on kvantitatiivista ja kvalitatiivista. Kvantitatiivinen aineisto koostuu numeerisesta materiaalivirran ja varaston historiatiedosta. Kvalitatiivinen aineisto on enimmäkseen työntekijöiden kokemuksia. Näihin empiirisen tutkimuksen tyyllilajeihin voi halutessaan perehtyä lisää lähdeluettelon artikkelin avulla (Rebs et al, 2016). Diplomityöhön kuuluu tärkeimpien yritysten prosessien esittely, joka perustuu yrityksen tuotantopäällikön pitämään varaston esittelyyn, sekä kommentteihin (Tuotantopäällikkö, 2021). Yrityksellä on myös kirjallista aineistoa, kuten ohjeita uusille

työntekijöille, ja näistä on tarvittaessa tarkastettu joitakin yksityiskohtia (Perehdytysmateriaali, 2017).

Kvantitatiivista aineistoa saadaan yrityksen käyttämästä SAP-ohjelmistosta, josta voidaan laskea varaston pitkän aikavälin suorituskykyä ja mitä osia varastossa tällä hetkellä on (SAP, 2021). Yrityksellä on käytössä myös ohjelmisto nimeltä Power BI, joka antaa osakohtaista tietoa esimerkiksi hankintahinnasta, sekä tilauseräkoosta. Tämä järjestelmä erottelee aktiivisessa käytössä olevat osat epäaktiivisista. Yrityksen käyttämät ohjelmistot esitellään tarkemmin luvussa 5.1. Laskelmien tueksi tarvitaan myös työntekijöiden haastatteluita, jotka pohjautuvat laskelmista saatuihin havaintoihin. Havaintoja kerätään materiaalisuunnittelusta, projekti-insinööreiltä, jotka vastaavat tilauseristä ja pakkauksista, sekä tuotantopäälliköltä sisäisen logistiikan toiminnasta. Kuljetuksen toiminnasta keskustellaan kohdeyrityksen logistiikkainsinöörin kanssa (2021).

Menetelmät

Tehtaan toimintaan kuuluu useita prosesseja, ja yrityksessä käytetään erilaisia järjestelmiä, joilla on omat tehtävänsä. Sen lisäksi osia on paljon, ja diplomityössä on erilaisia menetelmiä, jotka auttavat hahmottamaan työn tuloksia. Yrityksen prosessien esittelyssä käytetään arvovirtakaaviota (Andrade et al, 2016), jonka ominaisuuksia esitellään teoriaosuudessa. Tämä menetelmä kertoo yrityksen prosessit, ja materiaalivirran roolin yrityksen liiketoiminnassa. Arvovirtakaavio jaetaan fyysiseen materiaalivirtaan, sekä informaatiovirtoihin (Childerhouse et al, 2003).

Aikaisemmin mainittiin, että keskeinen tavoite on selvittää varaston nykytilaa, ja materiaalivirran tehokkuutta. Tämä ei onnistu ilman varaston tietojen tarkastelua ja niistä tehtyjä laskelmia. Yrityksen varaston numeerisesta aineistosta tehdään erilaisia mallinnuksia, joiden avulla varaston kokonaistilanteesta saa paremman kuvan. Osia tutkitaan ABC-XYZ analyysin avulla, joka luokittelee osat niiden ominaisuuksien perusteella (Kubasakova, et al, 2015). Tässä työssä ABC-XYZ-analyysin tarkoitus on paikantaa varaston kapasiteettia tarpeettomasti kuluttavat osat. Lisäksi varaston tilannetta arvioidaan varastonohjausmenetelmien, ja laskelmien avulla. Laskelmilla mallinnetaan

esimerkiksi nykyisiä kierto- ja varmuusvarastoja, kysyntää, ja tilauserä- sekä pakkauskokoja.

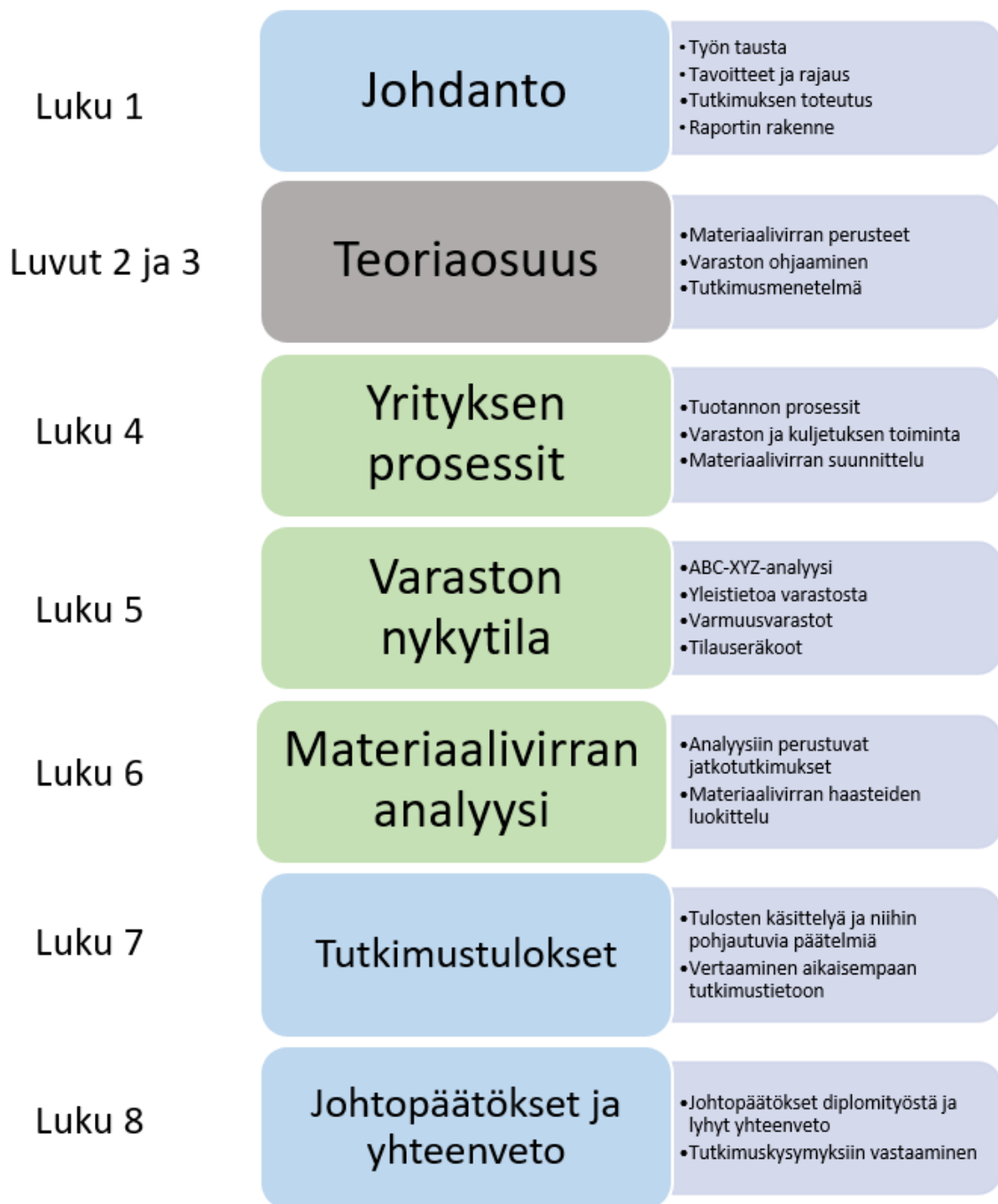
Varastotietojen numeerinen tarkastelu ja niistä tehdyt laskelmat antavat täsmällistä tietoa nykytilanteesta, mutta niiden avulla on haastavaa selvittää syitä, jotka ovat johtaneet nykytilaan. Tiaisen (2014) mukaan näiden tilastollisten menetelmien tukena olisikin hyvä käyttää myös laadullista, eli kvalitatiivista tutkimusta, jota sivuttiin myös aikaisemmissa kappaleissa. Kvalitatiivinen tutkimus voi olla henkilöiden haastatteluja, jotka Tianen (2014) jakaa kahteen, yleisesti käytössä olevaan perustyyppiin. Haastattelut voivat olla lomake- tai teemahaastatteluja, joista lomakehaastattelu on suunniteltu toteutettavaksi suurelle vastaajajoukolle. Haastateltavan kanssa ole tarpeellista keskustella, vaan he voivat täyttää vastauslomakkeet omatoimisesti. Lomakehaastattelussa kysymykset ovat tarkkoja, ja niihin on tarkoitus vastata suppeasti, esimerkiksi merkkamalla oikea vaihtoehto. Tällaisesta haastattelusta saatu tieto ei ole kovinkaan syvällistä, ja haastattelija onnistuu vähemmällä aiheeseen perehtymisellä.

Lomakehaastattelun vastakohta on teemahaastattelu, jossa haastateltava ryhmä on usein pieni, kuten alle kymmenen henkilöä. Tarkkojen kysymysten sijaan voidaan keskustella aiheeseen liittyvistä teemoista. Tämä vaihtoehto vaatii haastattelijalta perehtymistä aiheeseen, mutta myös tulokset antavat syvällisempää tietoa. Diplomityössä suoritetaan ensin kvantitatiivinen analyysi varaston numeerisesta aineistosta, ja näiden tulosten perusteella haastattelujen aineistoa rajataan niihin osiin, joilla materiaalivirta on tehotonta. Ennen haastatteluja selvitetään mahdollisia epäkohtia tavoitteiden mukaisesti, ja haastateltavilla oletetaan olevan riittävästi tietoa aiheesta (luku 1.2). Haastatteluihin valmistellaan etukäteen kysymyslista, joten siltä osin haastattelut noudattavat lomakehaastattelun mallia (Liite 4, Liite 5). Kuitenkin jokaisen haastateltavan kanssa keskustellaan henkilökohtaisesti, ja lisäkysymyksiä esitetään tilanteen mukaan, joten haastatteluilla on myös teemahaastattelun piirteitä. Haastateltavat henkilöt, haastattelujen päivämäärät ja kesto on listattu liitteeseen 7.

1.4 Raportin rakenne

Kuva 2 esittelee tarkemmin tutkimuksen rakenteen. Johdannon jälkeen vuorossa on teoriaosuus. Se on jaettu toiseen ja kolmanteen päälukuun, joita merkataan kuvassa harmaalla laatikolla. Teoriaosuus on ainoastaan kirjallisuuskatsaus, eikä siinä käydä läpi empiiristä materiaalia. Toisessa luvussa esitellään materiaalivirran ja varaston ohjauksen perusasioita, joita hyödynnetään erityisesti luvussa 4. Luvussa 3 esitellään kirjallisuuden esimerkkien avulla samankaltaista ennusteeseen perustuvaa materiaalisuunnittelua, jota kohdeyrityskin käyttää. Sen jälkeen kerrotaan ABC-XYZ-analyysityökalusta, jolla varaston numeerista materiaalia voi luokitella ja tulkita (Nallusamy et al, 2016). Tutkittavana on laskukaavoja, joiden avulla etsitään myöhemmin vastauksia luvussa 1.2 esitettyihin kysymyksiin. Jotkin laskukaavoista antavat yleistietoa varaston nykyisestä tilanteesta, mutta osa analysoi varastoa yksityiskohtaisemmin.

Luvun 4 yritysanalyysiin kuuluu katsaus yrityksen prosesseihin, joilla on vaikutusta materiaalivirran sujuvuuteen. Vaikka esimerkiksi sisälogistiikan ja tuotannon sujuvuutta ei tarkemmin analysoida, esitellään ne siitä huolimatta lyhyesti, koska toimittajan ja varaston välinen materiaalivirta vaikuttaa merkittävästi esimerkiksi tuotannon ja sisälogistiikan toimintaan. Muita tässä esiteltäviä prosesseja ovat JIT-osien tilaaminen. Osiossa selvitetään, mihin tietoihin tilaaminen perustuu, ja miten toimittajat saavat tiedon siitä, minkä verran ja mitä osia tulisi tulevaisuudessa toimittaa. Kun taustalla olevat prosessit tunnetaan, on myöhemmin helpompi ymmärtää varaston nykytilaa. Prosessit voivat asettaa tiettyjä rajoitteita toiminnalle, jolloin esimerkiksi joillakin osilla on hyväksyttävä korkeampaa varaston arvoa, tai hitaampaa kiertonopeutta. Yritysesittelyssä havaitut mahdolliset haasteet esitellään luvun 4 loppupuolella erillisessä kappaleessaan.



Kuva 2, Raportin rakenne

Luvussa 5 käsitellään kvantitatiivisen tutkimuksen materiaalia, joka koostuu toiminnanohjausjärjestelmistä saatavasta varaston numeerisesta historiatiedosta (Rebs et al 2016). Luvun 5 tavoitteena on selvittää, miten tehokkaasti JIT-osien materiaalivirta ja varastointi on toiminut, sekä laskea erilaisia varaston tunnuslukuja teoriaosuutta hyödyntäen. Painotus on varaston kiertonopeudessa ja varaston sitomassa pääomassa (luku

1.2). Luvussa etsitään lisätutkimusta tarvitsevat osanimikkeet, sekä lasketaan niiden varastonohjauksen keskeiset parametrit luvun 1.3 menetelmien avulla.

Tämän jälkeen luvussa 6 kvantitatiivisen tutkimuksen tuloksia tutkitaan kvalitatiivisilla menetelmillä. Tämä sisältää työntekijöiden haastatteluja, ja niistä tehtyjä päätelmiä. Luku 6 painottuu niiden taustalla olevien syiden havaitsemiseen, jotka aiheuttavat haasteita materiaalivirrassa. Aineistoa tutkitaan osakohtaisesti, ja yleisimmät syyt taulukoidaan, sekä niiden keskinäisiä suhteita arvioidaan. Haasteet luokitellaan sen mukaisesti, johtuvatko ne ulkoisista sidosryhmistä vai yrityksen omasta toiminnasta.

Luku 7 sisältää tutkimustulokset. Luvussa esitellään, mitkä taustalla olevat syyt vaikuttavat materiaalivirran nykytilaan, ja pohditaan niiden vaikutuksia. Syyt on jaoteltu ulkoisiin ja sisäisiin, ja ne perustuvat diplomityön aikaisempiin päätelmiin. Lisäksi luvussa on pohdittu kehitysehdotuksia tulevaisuuden varalle, ja koottu yhteen diplomityön aikana havaitut yksittäiset kehitysideat. Viimeisessä luvussa vastataan lyhyesti tutkimuskysymyksiin. Siinä ei enää tehdä uusia päätelmiä, vaan sen tarkoituksena on olla lyhyt yhteenveto diplomityöstä.

2 MATERIAALIVIRRRAN ANALYSOINTI JA SEURANTA

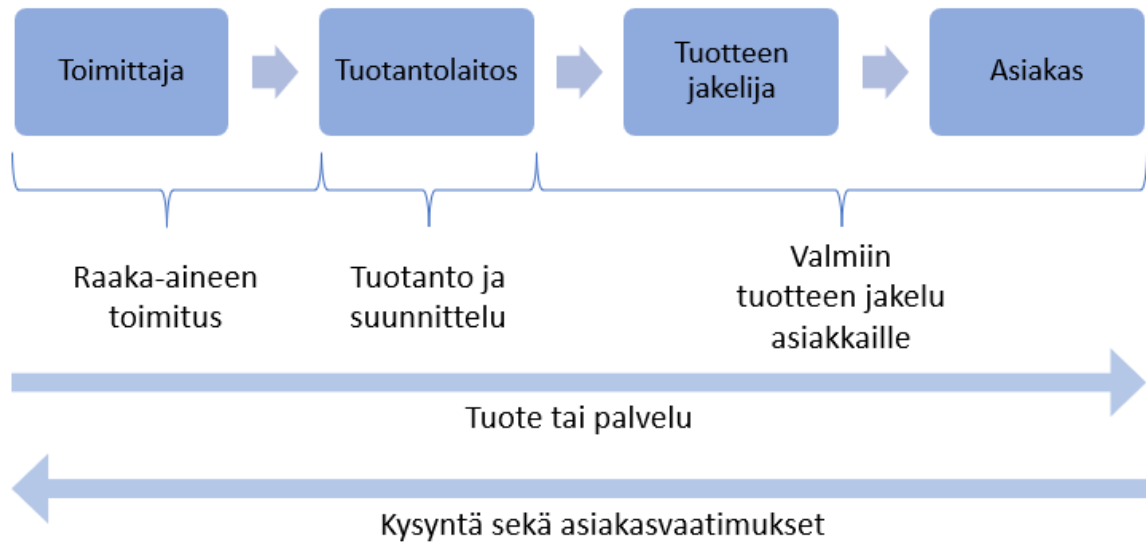
Luvun 2 tavoitteena on esitellä materiaalin hallinnan perusteita ja työkaluja, joita tutkimuksessa käytetään kohdeyrityksen materiaalivirran analysointiin ja mittaamiseen. Tässä luvussa ei vielä esitellä varsinaisia työssä käytettäviä laskukaavoja. Tarkoituksena on läpikäydä materiaalivirran analysoinnin ja seurannan perustietoja autoteollisuuden näkökulmasta. Aiheena on myös materiaalivirran osa-alueet ja diplomityöhön liittyvä taustatieto. Tietolähteinä käytetään muun muassa aiheesta kirjoitettuja oppikirjoja, mutta pääpaino on tieteellisissä artikkeleissa.

2.1 Materiaalivirran hallinnan perusteet

Arnoldin et al (2008) kirjoittamassa kirjassa materiaalin hallinnan kerrotaan sisältävän kaikki toiminnot, jotka tarvitaan, kun jokin tuote tai raaka-aine kulkeutuu toimittajalta asiakkaalle. Pelkkä raaka-aineen fyysinen kulkeutuminen toimittajalta tuotantolaitokseen on vain yksi osa kokonaisuutta, sillä prosessi on vaatinut paljon etukäteistoimia, kuten suunnittelua, ja hallintaa, tarpeiden ennustamista, tuotannon suunnittelun seuraamista, ja mahdollisten tiedossa olevien poikkeustilanteiden huomioimista. Carlsson & Nilsson (2017) määrittelevät tehokkaalle materiaalivirrälle kaksi tavoitetta, jotka ovat resurssien tehokas käyttö, ja mahdollisimman hyvän palvelun tarjoaminen asiakkaalle. Usein nämä kaksi tavoitetta ovat keskenään ristiriidassa, ja tällöin onkin löydettävä mahdollisimman hyvä kompromissiratkaisu. Esimerkiksi suuret valmiiden tuotteiden varastot johtavat todennäköisesti pienempään toimitusaikaan, mutta lisäävät varastointikustannuksia.

Kuva 3 (Arnold et al, 2008) esittää koko materiaalivirtauksen prosessin. Kuten kuvasta havaitaan, virtauksia on kahdenlaisia, joista toinen on fyysisten materiaalien tai palveluiden kulkeutuminen toimitusketjua pitkin loppukäyttäjälle. Tämän lisäksi tarvitaan informaatiota, joka kulkeutuu kuvassa päinvastaiseen suuntaan. Asiakkaat luovat tuotteelle tai palvelulle kysyntää, joka ohjaa tuotteiden valmistusta ja raaka-aineiden sekä kuljetusliikkeiden palvelujen tarvetta. Scanian moottoreiden valmistusta käsittelevä Carlssonin ja Nilssonin (2017) tutkimus erottelee myös sisäisen ja ulkoisen materiaalivirran, joista ulkoiseen kuuluvat muun muassa raaka-aineiden kuljetuksen tuotantoon, sekä lopputuotteen

kuljettamisen asiakkaalle. Sisäinen materiaalivirta voi olla esimerkiksi osien kuljettamista yrityksen omasta varastosta tuotantolinjalle.



Kuva 3, Materiaalivirtauksen prosesseja

Myös informaation kulku jaetaan sisäiseen ja ulkoiseen. Sisäistä tiedonkulkua voi olla esimerkiksi tuotannon raaka-ainetarpeiden raportointi sisäiseen logistiikkaan, ja ulkoinen raaka-ainetilausten tiedottamista toimittajille. Childerhouse et al (2003) mainitsevat autoteollisuutta käsittelevässä tutkimuksessaan ulkoisen informaatiovirran esimerkeiksi muun muassa kysynnän ennustamisen, kriittisistä varastotasosta varoittamisen sekä toimittajan, että tehtaan osalta.

Heidän mielestään informaation puute johtaa helposti panikointiin, harkitsemattomiin päätöksiin, sekä tarpeettomiin kuluihin (Childerhouse et al, 2003.) Oliveiran et al (2019) mukaan auton rakentaminen vaatii paljon raaka-aineita, joten epäselvä tiedonkulku materiaalivirran suunnittelussa aiheuttaa todennäköisesti sekaannuksia tuotannossa. Materiaalit ovat usein erikoislaatuja, joka johtaa suureen määrään toimittajia. Tämän takia autotehdas vaatii hyvin tehokkaan tiedonkulun sekä sisäisesti, että ulkoisille toimijoille, jotta tehdas pysyy toiminnassa. Usein käsiteltävää tietoa on paljon. Tämä johtuu suuren osamäärän lisäksi myös autoteollisuudessa yleisesti vallitsevasta Just-in-time (JIT) ajattelusta, joka tarkoittaa muun muassa tehokasta varastonkäyttöä, sekä imuohjautuvaa tuotantoa, jossa suurten varastojen ylläpitoa vältetään (Oliveira et al, 2019). Tässä

yhteydessä JIT tarkoittaa eri asiaa kuin kohdeyrityksessä, eikä sitä pidä sekoittaa JIT-osiin. Yritys kuitenkin kertoo myös pyrkivänsä imuohjaukseen, ja onkin hieman epäselvää, mistä JIT-osien nimitys on peräisin, koska imuohjaus toteutuu selkeämmin JIS-osien kohdalla.

On mahdollista, että tuotantoa tekevä yritys on ulkoistanut joitain toimintoja sidosryhmille, kuten raaka-aineiden kuljetuksen. Razzague et al (1998) mainitsevat ulkoistamisen eduiksi muun muassa kustannusten vähentymisen, ja tehokkaamman materiaalivirran saavuttamisen. On varmasti parempi vaihtoehto ostaa kuljetuspalvelut, kuin ylläpitää itse kallista kuljetuskalustoa, ja vaadittavia järjestelmiä. Etuina voi olla joustavuus ja kapasiteetti. Jos yrityksen kuljetuksen tarve muuttuu nopeasti esimerkiksi nopeasti kasvavan kysynnän myötä, voi lisäpalveluiden ostaminen kuljetusliikkeeltä olla huomattavasti kustannustehokkaampaa, kuin yllättävä uuden kuljetuskaluston ja muiden tarvittavien resurssien hankinta yrityksen omaan käyttöön.

Tuotannon ja varastoinnin joustavuus on myös Razzaguen et al (1998) mainitsema tärkeä ominaisuus, joka kannustaa materiaalin kuljetuksen ulkoistamiseen. Ulkoistaminen tuo myös riskejä, jotka voivat liittyä yritykselle epäedullisiin sopimusehtoihin, sekä globaaliin kuljetuskapasiteetin puutteeseen. Tämä voi olla vaarana erityisesti silloin, mikäli yrityksen taloudellinen merkitys on pieni kuljetusliikkeelle. Silloin kuljetuskapasiteettia voidaan ohjata suurempien asiakkaiden tarpeisiin. Stojanović & Aas (2015) päättelivät, että kuljetuksen ulkoistaminen päinvastoin auttaa jakamaan riskejä kuljetusliikkeen kanssa tai jopa välttämään niitä. Kyse onkin varmasti siitä, millä tavoin ulkoistamista harkitseva yritys riskejä arvioi. Mikäli kaikki logistiikka hoidetaan itse, riskinä on, että logistiikan ylläpitokustannukset kasvavat liian suuriksi, mutta ainakin tiedonkulku, ja kuljetusten ennustettavuuden pitäisi olla hyvällä tasolla verrattuna siihen, että kaikki kuljetuspalvelut ostettaisiin muualta.

2.2 Materiaalivirran tehokkuuden arviointi

Materiaalivirran seurannasta on monenlaista hyötyä. Se voi auttaa ennustamaan tulevaisuuden tarpeita, vapauttaa varastointi- tai henkilöstöresursseja, motivoida työntekijöitä, ja parantaa työilmapiiriä (Arnold et al, 2008.) Seurantamenetelmät voivat olla sekä kvantitatiivisia, että kvalitatiivisia. Rebsin et al (2016) mukaan kvalitatiivinen tutkimus soveltuu hyvin jonkin teorian luomiseen, ja kvantitatiivinen puolestaan kyseisen teorian kokeilemiseen käytännössä. Toisin sanoen molemmat tutkimussuuntaukset ovat tärkeitä kokonaisuuden kannalta. Mikäli saatavilla on riittävästi numeerista aineistoa, kuten materiaalivirran historiatietoja, on myös mahdollista selvittää ensin materiaalivirran nykytila kvantitatiivisen tutkimuksen avulla, ja sen jälkeen syventää ymmärrystä keräämällä osapuolten kokemuksia laskelmia hyödyntäen. Diplomityössä käytetään jälkimmäistä vaihtoehtoa, joten empiiristen tutkimusmenetelmien järjestys on eri kuin artikkelissa (Rebs et al, 2016)

Hines & Rich (1997), ja Andrade et al (2016) käsittelevät tutkimuksissaan yrityksen prosesseja, ja erityisesti toimitusketjua. Yhtenä ajatuksena on tunnistaa yrityksen prosessit, ja määrittää, millaista arvoa ne tuovat asiakkaalle. Hinesin & Richin (1997) mukaan yrityksen prosessit voidaan jakaa kolmeen osioon (kuva 4). Prosesseista voidaan havaita tarpeettomia toimintoja, kuten huonosta tiedonkulusta johtuva viivästyminen esimerkiksi trailerin purkamisessa, tai toimittajan ja tehtaan välisessä sähköpostiliikenteessä, tai tarpeettoman suurien varastojen ylläpito. Myös vanhojen, käytöstä poistettujen osien varastointi voi olla tarpeetonta. Lisäksi on olemassa arvoa tuottamattomia, mutta välttämättömiä toimintoja, kuten pitkät kuljetusmatkat, ja esimerkiksi varmuusvarastointi, jolla varaudutaan osapuutteisiin (Radasanu, 2016). Suoraan arvoa tuottavia toimintoja autoteollisuudessa ovat esimerkiksi osien, ja autojen valmistus.

Arvoa tuottamaton	Arvoa tuottamaton mutta välttämätön	Arvoa tuottava
<ul style="list-style-type: none"> - Tarpeeton odottaminen. - Liian suuret varastot. - Trailerin sisällön tarkastaminen kahteen kertaan. - Turhien osien varastointi. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pitkät kävelymatkat varastolla. - varmuusvarastot. - Trailerin purkaminen. - Pakkausten purkaminen. - Erilaisten ongelmien, ja vikojen ratkaiseminen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Osien valmistus. - Auton korin maalaaminen. - Auton rakentaminen.

Kuva 4, Autoteollisuuden prosesseja

Kappaleessa 2.1 esitelly varastoinnin tason, ja kysynnän suhde tarjoaa mahdollisuuden materiaalivirran tehokkuuden arviointiin. Suuret varastot tuottavat lisäarvoa asiakkaalle, koska tuotteen saatavuuden pitäisi olla parempi. Jossain vaiheessa varasto voi olla niin suuri, että sen kasvattaminen ei enää palvele asiakasta samassa suhteessa. Jos varasto on tarpeettoman iso kysyntään nähden, seurauksena on ainoastaan materiaalivirran tehostumisen kasvu, ja yrityksen liikevoittoprosentin huonontuminen (Nasution, 2020). Tämä voi johtua esimerkiksi kasvaneista varastointikustannuksista, mutta myös varaston kiertonopeuden huonontumisesta, joka vaikuttaa heikentävästi yrityksen tuloksenteokkykyyn (Rao & Rao, 2009). Nämä säännöt pätevät sekä raaka-aineiden toimittamiseen tehtaaseen, sekä valmiiden tuotteiden toimittamiseen loppukäyttäjälle. Suuret varastot eivät ole välttämättä yrityksen tietoinen valinta, vaan voi olla myös mahdollista, että varaston tasoa ei mitata säännöllisesti, tai mitattavia osanimikkeitä on liikaa suhteessa mittausresursseihin. Tällainen tilanne voi johtaa huonoon varaston kiertonopeuteen, joka on yksi tämän tutkimuksen keskeisistä aiheista (luku 1.2). Varaston kiertonopeutta esitellään tarkemmin lähdeluettelosta löytyvässä artikkelissa (Nasution, 2020).

Varaston kiertonopeutta, ja siihen vaikuttavia tekijöitä voidaan selvittää kvantitatiivisella tutkimuksella. Sen lisäksi on kuitenkin ymmärrettävä taustalla olevat syyt, jotka ovat johtaneet tilanteeseen, joten myös kvalitatiivista tutkimusta tarvitaan. Voi olla mahdollista, että lukujen taustalla on tekijöitä, joita ei voida selvittää ainoastaan numeerisen aineiston avulla. Esimerkiksi Arnold et al (2008) kuvaamien informaatiovirtojen tehokkuuden arviointi voi olla haastavaa, koska informaatio kulkee järjestelmien lisäksi myös ihmisten välillä. Esimerkiksi sähköpostin ja puhelimen välityksellä. Childerhousen et al (2003)

kokemusten mukaan autoteollisuudessa on havaittu heikkoa tiedonkulkua. Informaatio voi olla esimerkiksi vanhentunutta, tai sitä ei jaeta tarpeeksi. Tämän takia materiaalivirran tehokkuuden arvioinnissa tarvitaan tutkimusta, joka ottaa huomioon myös informaation merkityksen.

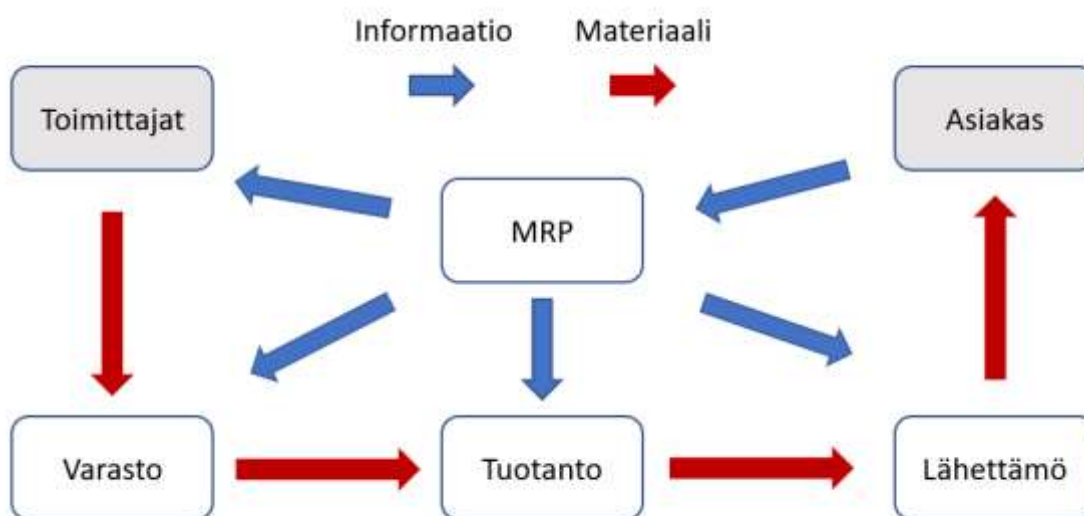
2.3 Analysoinnin työkalut

Luvussa 4 esitellään yrityksen prosesseja, ja luvussa 6 tehdään empiiriseen materiaaliin perustuva analyysi siitä osasta yrityksen materiaalivirtaa, jonka on havaittu kaipaavan kehittämistä. Luvuissa hyödynnetään kahta kirjallisuudesta löytyvää työkalua, joiden avulla tutkittavia kokonaisuuksia voidaan koota yhteen.

Arvovirtakaavio

Yrityksen materiaalivirran ymmärtämisessä voidaan hyödyntää arvovirtakaaviota, joka tarjoaa myös visuaalisen esitystavan prosessista. Arvovirtakaavio antaa diplomityön rajausta laajemman kuvan yrityksen toiminnasta. Sen käyttö on kuitenkin perusteltua kokonaiskuvan saamiseksi. Lisäksi Fathurohmanin, et al. (2021) tutkimus osoittaa, että arvovirtakaaviota voidaan hyödyntää autoteollisuuden tutkimuksissa. Autojen valmistuksen tärkeänä mittarina voidaan pitää asiakastytyväisyyttä, joka voi esimerkiksi tarkoittaa loppukäyttäjää, mutta myös autotilauksia tekevää konsernia, jos kyseessä on alihankinnalla valmistettu auto. (Fathurohman et al 2021).

Arvovirtakaavio on toimivaksi havaittu, kansainvälisesti käytetty työkalu, jota käytetään usein kehitysprojektien apuna, ja jolla tähdätään jatkuvaan toiminnan kehittämiseen (Kuhlang et al. 2011). Erityisesti autoteollisuudessa sitä on käytetty onnistuneesti vähentämään prosessin läpimenoaikaa (Fathurohman et al 2021). Koko materiaalivirran läpimenoaikaan vaikuttaa oleellisesti aikaisemmin mainittu varaston kiertoaika, koska nopeasti kiertävät osat asennetaan tehokkaammin autoon. Otimin ja Groverin (2006) mukaan arvovirtakaavion hyödyntäminen on auttanut vähentämään prosessien pullonkauloja, ja tarpeetonta odottamista.



Kuva 5, Arvovirtakaavio

Arvovirtakaaviossa on tarkoitus eritellä yrityksen prosessit, ja kuvata niiden yhteyttä toisiinsa. Prosessit jaetaan informaatio, sekä materiaalivirtoihin (Chen ja Meng, 2010.) Kuva 5 esittelee arvovirtakaavion perusmallin Chenin ja Mengin (2010) Toyotan autotehdasta käsittelevää tutkimusta hyödyntäen. On kuitenkin huomioitava, että kyseessä on esimerkki, ja usein arvovirtakaavio voi olla eri yhtiöillä yksilöllinen. Esimerkissä punaiset nuolet kuvaavat materiaalin, ja siniset informaation liikettä. Keskellä kuvaa on MRP, joka sisältää muun muassa tuotannosuunnittelun, varaston hallinnan sekä ostotilaukset (Nallusamy et al, 2017). Lisäksi arvovirtakaavion voidaan sisällyttää prosesseihin keskimäärin kuluva aika, jolloin voidaan arvioida muun muassa koko prosessin läpimenoaikaa. Kehitysprojektin jälkeen voidaan arvovirtakaaviota päivittää, ja havaita mahdollisia parannuksia. Arvovirtakaavion muuttuminen vaatii kuitenkin merkittäviä muutoksia prosesseissa, tai prosesseihin kuluvien aikojen mittaamista, eikä tällainen sisälly diplomyön tavoitteisiin.

Suorituskykymatriisi

Tutkimuksen tarkoituksena ei ole luoda monipuolista mittaristoa, jolla materiaalivirran tehokkuutta voitaisiin tulevaisuudessa arvioida. Empiirisen materiaalin analysoinnin avuksi koostetaan kuitenkin taulukko, jonka rakentamisessa sovelletaan suorituskykymatriisiä. Rantasen & Holtarin (1999) mukaan suorituskykymatriisin etuna on se, että sitä voi käyttää monipuolisesti joko suurempien kokonaisuuksien, tai jonkin tietyn liiketoiminnan osan

suorituskyvyn arviointiin. Matriisin laatijan tehtävänä on valita tarvittava määrä mitattavia osa-alueita, jotka ottavat kokonaisuuteen kantaa mahdollisimman monipuolisesti (Rantanen & Holtari). Jos tutkimuksen kohteena olisi esimerkiksi autotehtaan tuotanto, tarkastelun kohteena voivat olla työtaturmat, osapuutteet ja asennusvirheestä johtuva osan rikkoutuminen. Erityisesti silloin, jos saatavilla on pitkän aikavälin historiatietoa, tai mittauksia on tehty aikaisemmin, voidaan osa-alueille määrittää mittarit. Jos tutkimuksen kohteena olisi esimerkiksi autotehtaan tuotanto, tarkastelun kohteena voivat olla työtaturmat, osapuutteet ja asennusvirheestä johtuva osan rikkoutuminen.

Artikkelin mukaan mittareille voidaan luoda pisteytysjärjestelmä, joka kuvaa sitä, miten hyvin osa-alueessa on onnistuttu (Rantanen & Holtari, 1999). Pisteytyksestä on apua erityisesti silloin, jos mittausyksiköt poikkeavat toisistaan. Esimerkiksi liikevaihtoa ja työtaturmien määrää on hankalaa mitata ilman pisteytystä. Jos puolestaan mitataan asennusvirheiden määrää kokoonpanon eri vaiheissa, pisteytystä ei välttämättä tarvita. Tavoitteiden mukaisesti diplomityössä analysoidaan varaston historiatietoja, ja pyritään löytämään numeerisesta aineistosta ne osat, joita halutaan tutkia lisää. Haastattelujen avulla taulukkoon kerätään keskeisimmät riskitekijät, jotka ovat vaikuttaneet materiaalivirtaan. Lisäksi selvitetään, kuinka monen osan kohdalla riskit ovat toteutuneet. Koska taulukossa mitataan ainoastaan tapauksia, tuloksia ei pisteytetä. Riskien painoarvoa on tutkittava osakohtaisesti, eikä tämän takia yleistä kaikille osille pätevää painotusta tehdä. Suorituskykymatriisin esimerkkiä voi halutessaan käydä katsomassa Rantasen & Holtarin (1999) artikkelista.

3 VARASTON OHJAAMINEN

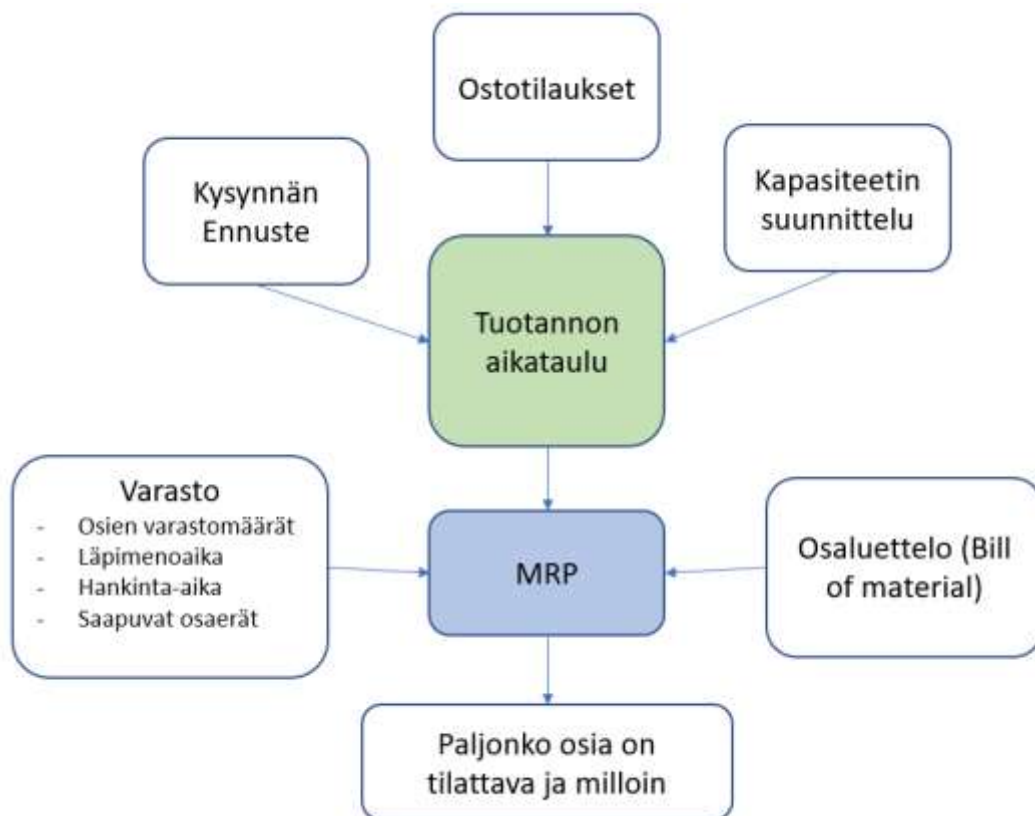
Seuraavissa kappaleissa käydään läpi menetelmiä, joilla voidaan analysoida varaston numeerista aineistoa kvantitatiivisen tutkimuksen menetelmillä. Kokonaisuuteen kuuluu myös osanimikkeiden luokitteluun soveltuva työkalu nimeltään ABC-XYZ-analyysi, jolla erotellaan ne osat, jotka tarvitsevat eniten lisätutkimuksia luvun 1.2 tavoitteiden mukaisesti. Suuri osa luvusta 3 käsittelee laskukaavoja, joita tässä tutkimuksessa käytetään. Laskelmat antavat tietoa varaston nykytilanteesta, ja ne liittyvät usein varastonohjauksen perusasioihin. Laskuihin vaadittavat tiedot ovat useimmiten melko yksinkertaisia, ja helposti saatavilla yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä. Esimerkkeinä voidaan mainita kiertovarasto (luku 3.3).

Osaa tiedoista ei tarvitse laskea itse, vaan ne on mahdollista saada yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä, kuten varaston kiertonopeus, ja varaston osakohtainen arvo. Yhteistä näille on se, että ne eivät vaadi kovinkaan monimutkaisia laskelmia. Luvussa 3.3 käydään läpi varastonohjauksen parametreja, ja luvussa 3.4 keskitytään enemmän varaston tehokkuuteen. Laskelmien tavoitteena on ohjata diplomityön jatkotutkimusta oikeaan suuntaan, ja antaa alustavia vastauksia ensimmäiseen ja toiseen tutkimuskysymykseen (luku 1.2). Vaikka valmiit tulokset olisi mahdollista hakea suoraan toiminnanohjausjärjestelmästä, perustellaan laskentaperiaatteet siitä huolimatta kirjallisuuskatsauksen avulla.

3.1 Materiaalitarvelaskenta

Tässä kappaleessa esitellään materiaalitarvelaskentaa. Kyseinen prosessi vaikuttaa merkittävästi osien materiaalivirtaan toimittajan ja varaston välillä. Materiaalitarvelaskennan (MRP) tavoitteena on arvioida materiaalitarvetta, ja suunnitella materiaalin toimitukset niin, että se vastaa kysyntään (Lasya & Handayati, 2015). Tavoitteet ovat samankaltaisia, kuin aikaisemmin esiteltyssä imuohjauksessa. Nykyisin MRP tapahtuu yleensä automaattisesti tietokoneohjelmistolla. Materiaalitarvelaskennan tarkoitus on myös arvioida varaston tilauseriä, jotta ne vastaisivat kysyntään. Dinesh, et al (2014) esittelevät tutkimuksessaan materiaalitarvelaskennan soveltuvuutta autoteollisuuteen. Esimerkiksi yhtiön Optipro ERP Manufacturing (2021) verkkosivuilta löytyy tietoa yhtiön tarjoamastaan

MRP-ohjelmistosta. Kuvassa 6 on materiaalitarvelaskennan prosessi mukailten Dineshin et al (2014) tutkimusta. Materiaalitarvelaskenta pyrkii löytämään vastauksen siihen, mitä osia tuotantoon tarvitaan, milloin niitä tarvitaan, sekä kuinka suuri määrä. Liitteestä nähdään, että tuotannon aikataululla, ja tuotannosuunnittelulla on suuri merkitys materiaalivirran sujuvuuteen, ja erityisesti kysynnän ennustaminen on suuressa roolissa. Osaluettelo (Bill of material) ilmoittaa sen, mitä JIT-osia autoon on asennettava.



Kuva 6, Materiaalitarvelaskenta

Inderfurthin (2009) mukaan autoteollisuuden käytössä perinteiset materiaalitarvelaskennan järjestelmät kärsivät myös useista heikkouksista. Hän mainitsee epävarman kysynnän, jonka huomioiminen on havaittu haastavaksi. Toinen heikkous on hänen mukaansa täydennyserien suunnittelun vaikeus, joka varmasti johtuu osittain kysynnän vaihtelusta. Artikkelin havainnot ovat linjassa tämän tutkimuksen taustakeskustelujen kanssa (luku 1.2). Koska kohdeyrityksen materiaalitarvelaskenta perustuu ennusteeseen, ja yhdeksi varaston tehottomuuden syyksi epäillään vääriä tilauseräkokoja, voisi tämän osa-alueen analysointi ja parantaminen tehostaa varaston toimintaa.



Kuva 7, Materiaalitarvelaskennan prosesseja

Kun tuotannon aikataulus on selvillä, materiaalitarvelaskenta selvittää osanumerot, joita valmistettavaan autoon tarvitaan, sekä kartoittaa varaston tilannetta. Kuva 7 (Dinesh et al, 2014) on esimerkki MRP-prosessin vaiheista. Myös diplomityön kohdeyrityksessä materiaalitarvelaskennan onnistuminen on tärkeää. Jos osien kysyntäennusteet ovat epätarkat, tai ne eivät ole ajantasaiset, se voi artikkelin mukaan johtaa liian suuriin tilausmääriin ja varastointikapasiteettia menee hukkaan (Dinesh et al, 2014). Varaston tunteminen on kriittistä koko MRP prosessin kannalta. MRP on tärkeä myös ERP-järjestelmien kannalta, jotta esimerkiksi työvoimaa osataan kanavoida oikein (Hyoung-Gon et al, 2007). Henkilöstöressurssien tutkiminen ei kuulu tutkimuksen tavoitteisiin, mutta silti on syytä mainita, että henkilöstön vaihtuvuus tai osaavien työntekijöiden puute voi vaikuttaa varaston operatiiviseen toimintaan ja sitä kautta esimerkiksi varaston kiertonopeuteen.

3.2 ABC-XYZ analyysin kirjallisuuskatsaus

Materiaalivirran analysointi vaatii sen, että varastosta on löydettävä ne osat, joiden varaston kiertonopeus on huono, ja jotka sitovat pääomaa. Osien luokittelu varaston historiatietojen ja oikeiden kriteerien avulla helpottaa haasteita aiheuttavien osien löytämistä, ja diplomityön resurssien suuntaamista oikeisiin asioihin. Osanimikkeitä on suuri määrä, ja autoteollisuuden ääriesimerkkinä polttoainetyypin ohjetarran valmistus, varastointi, ja kuljetuskustannukset ovat erilaiset kuin taka-akselilla. Materiaalivirrassa mahdollisesti ilmenevät ongelmat aiheuttavat yritykselle erityyppiset kustannukset ja lisätyön riippuen siitä, onko varastossa 50 kappaletta ylimääräisiä tarroja, vai taka-akseleita.

Tätä haastetta varten on kehitetty ABC-XYZ analyysi, ja sen tarkoitus on luokitella osat erilaisiin kategorioihin niiden ominaisuuksien perusteella. Aihetta käsittelevässä artikkelissa mainitaan, että autoteollisuudessa automallit uusiutuvat ja vaihtuvat jatkuvasti (Shmueli et al, 2019.) Lisäksi teknologia kehittyy, ja usein käy niin, että vanhojen automallien osien kysyntä hiipuu. Myös Nallusamy, et al (2017) painottavat artikkelissaan samoja asioita ja

suosittelevat erityisesti ABC-analyysin hyödyntämistä autoteollisuudessa. ABC-XYZ-analyysin etuna on se, että luokittelemalla osat, niille voidaan soveltaa erilaisia varastonohjausmenetelmiä. Eri ominaisuuksia omaavilla osilla voi olla esimerkiksi yksilöllisiä tarpeita varmuusvarastolle.

Yleinen ja melko helposti ymmärrettävä ABC-analyysin sovellus on luokitella yrityksen käyttämät osat A-, B- ja C-kategorioihin niiden vuosittaisen kulutuksen perusteella (Nallusamy et al, 2017). Kulutus voi tarkoittaa kysynnän määrää valuutassa, mutta materiaalivirran tehokkuutta arvioidessa sopivampi kriteeri on varaston kiertonopeus. Nallysamyn et al (2017) tutkimuksessa on kuitenkin tutkittu valuutassa laskettua kulutusta, ja heidän mallissaan A-luokkaan on sijoitettu sellaiset osat, jotka kattavat 70–80 prosenttia vuotuisen kulutuksen arvosta. Heidän mukaansa on tyypillistä, että A-luokan kategoriaan sijoittuu melko vähän osanimikkeitä, vain noin 10–20 prosenttia yrityksen kaikista osista.

B-kategoria sisältää osat, joiden arvo kokonaiskulutuksesta on keskitasoa. Tämän luokan arvo on Nallusamyn et al (2017) mukaan usein noin 15–25 prosenttia koko yhtiön osien kokonaisarvosta. Kuitenkin B-kategorian osanimikkeiden lukumäärä on hieman suurempi A-kategoriaan verrattuna, eli noin 30 prosenttia. C-kategoria puolestaan kattaa kaikki loput osat, joiden arvo kokonaisvarastosta on hyvin pieni. Näiden osien arvo suhteessa koko varastoon arvioidaan usein olevan noin 5 prosenttia. Kuitenkin osanimikkeiden lukumäärä kattaa usein puolet kaikista osista (Nallusamy et al, 2017). Edellä mainitut luvut perustuvat tutkimustietoon, ja ovat suuntaa antavia keskiarvoja. Yksittäisen yhtiön tilanne voi olla hyvinkin poikkeava. Kuitenkin tuloksista voi päätellä, että suhteessa kokonaiskulutukseen kalliita osanimikkeitä ei ole kovinkaan paljon, ja sitä vastoin halpoja osia on runsaasti.

Taulukko 1, ABC-analyysi

Kategoria	%-osuus 180 osanimikkeestä	%-osuus varaston kokonaisarvosta
A	10/180 = 6 %	75 %
B	22/180 = 12 %	20 %
C	148/180 = 82 %	5 %

Taulukko 1 esittää yhden mahdollisen esimerkin tehtaan materiaalivirrasta. Esimerkissä tehtaan tuotannossa käytetään 180 erilaista osanimikettä, jotka on jaoteltu kuvan mukaisella tavalla. ABC-analyysiä voidaan hyödyntää esimerkiksi Just-in-time-menetelmää soveltaessa, jonka tavoitteena on se, että osia olisi varastossa vain silloin, kun niitä todella tarvitaan. Menetelmään kuuluu usein tilaustiheyden muokkaaminen, jolla voidaan vaikuttaa varastojen arvoon, sekä tilauseräkokoihin, ja yksi esimerkki ABC-analyysin hyödyntämisestä on tilata A-osia useammin, kuten esimerkiksi kerran viikossa, ja C osia harvemmin, eli kerran kuukaudessa.

ABC-analyysin yksi ominaisuus on se, että luokittelu perustuu täysin historiatietoihin. Lisäksi ABC-analyysi tarkastelee tilannetta melko yksipuolisesti, koska joillain osilla voi olla perustellusta syystä suuret varastot. Tämän takia ABC-analyysin avuksi voidaan tehdä myös XYZ-analyysi, joka täydentää edellisen analyysin tietoja. XYZ-analyysi voi luokitella samat osat esimerkiksi kysynnän tai varaston kiertonopeuden mukaan, tai se voi perustua ennusteeseen, jolloin ABC-analyysin historiatietoja voidaan verrata tulevaisuuden näkymiin. XYZ-analyysin tutkimusalue kannattaa valita kulloisenkin tarpeen mukaan. Swastomo, et al tutkivat vuonna 2020 ilmestyneessä tutkimuksessaan indonesialaista yritystä, joka keskittyy Peugeotin autoihin ja varaosiin. Tutkimuksen tavoitteena on kartoittaa auton osien ylivarastointia, joka oli myös yksi tämän tutkimuksen tavoitteista.

Heidän näkemyksensä ABC-analyysistä on hyvin samankaltainen kuin Nallusamyn et al (2017) artikkelissa (taulukko 1). Lisäksi he hyödyntävät XYZ-analyysia, joka voi olla toimiva silloin, kun osien tai tuotteiden kysyntä vaihtelee merkittävästi, ja kaikkien osien kysyntä ei ole samankaltaista. XYZ-analyysissä osat jaotellaan X-, Y-, ja Z-kategorioihin. X-kategoriaan luokitellaan osat, joiden kysyntä on jatkuvaa, helposti ennustettavaa, sekä kysynnänvaihtelu on suurta. Z-kategorian osien kysyntä on puolestaan hyvin epäsäännöllistä, eli osia saatetaan tarvita välillä hyvinkin suuria määriä, ja ajoittain kysyntää ei ole juuri ollenkaan. Y-kategorian osat sijoittuvat ominaisuuksiltaan näiden väliin.

Alla olevassa taulukossa (Swastomo et al, 2020) on ABC-XYZ-analyysi matriisin muodossa, jossa kuvataan, millaisia ominaisuuksia yrityksen materiaalivirtaan kuuluvilla osilla voi olla (taulukko 2). On kuitenkin otettava huomioon, että analyysin tekeminen vaatii paljon luotettavaa tilastotietoa yrityksen materiaalivirrasta. Kuitenkin jonkinlaista suuntaa

antavaa analyysia on varmasti mahdollista tehdä myös tämän tutkimuksen kohteena olevasta yrityksestä.

Taulukko 2, ABC-XYZ-analyysi

Kysynnän ennustettavuus	Suhteellinen varastoinnin arvo		
	A	B	C
X	Korkea arvo, korkea ennustettavuus	Keskittason arvo, Korkea ennustettavuus	Matala arvo, korkea ennustettavuus
Y	Korkea arvo, keskittason ennustettavuus	Keskittason arvo, keskittason ennustettavuus	Matala arvo, keskittason ennustettavuus
Z	Korkea arvo, matala ennustettavuus	Keskittason arvo, matala ennustettavuus	Matala arvo, matala ennustettavuus

Taulukosta voitaisiin mainita vielä se, että X-luokan osilla kysyntä on jatkuvaa, ja Z-luokan osilla erittäin epäsäännöllistä (taulukko 2). Swastomo et al (2020), tutkivat työssään auton varaosien myyntiin keskittyvää yritystä, jonka varastontarve on todennäköisesti kuitenkin erilainen, kuin autoja valmistavalla yrityksellä. On mahdollista, että Peugeotin valmistamassa autossa on esimerkiksi jotain yleisiä vikoja, jotka luovat suurempaa kysyntää tietyille varaosille. Autotehtaalla tällaista ongelmaa ei pitäisi olla, ellei jollain osalla ole poikkeuksellisen paljon laatuvirheitä jo valmistusvaiheessa. Auton rakentamisessa osien kysyntä voi olla hieman helpommin ennustettavissa, koska jokaiseen autoon tarvitaan ennalta määrätyt osat.

3.3 Varaston ohjausparametrit

Seuraavissa tekstikappaleissa esitellään keinoja, joilla materiaalivirtaa voidaan analysoida varaston numeerisen aineiston avulla. Menetelmät ovat siis lähellä kvantitatiivista tutkimusta. Tavoitteena on laskea, millaisia varastomäärät ovat, onko kapasiteetti käytetty tehokkaasti, ja mitä erilaiset tunnusluvut voisivat kertoa tämänhetkisestä tilanteesta. Alla oleva luettelo listaa yleisimpiä varaston ohjausparametrejä, ja lyhenteiden englanninkieliset selitykset voi tarvittaessa tarkastaa lähdeaineistosta (Hopp, 2003). Varsinaisia suorituskyvyn tunnuslukuja esitellään luvussa 3.4 mutta suorituskykyä voidaan myös arvioida varastonohjausparametreista varsinkin, jos taustalla on esimerkiksi ABC-XYZ-analyysillä tehty osaluokittelu. Kubasakova et al (2015) mukaan analyysin avulla suunnitellaan varaston strategiaa, joka tarkoittaa vaikkapa täydennyserien vaikutusta varastotasoihin.

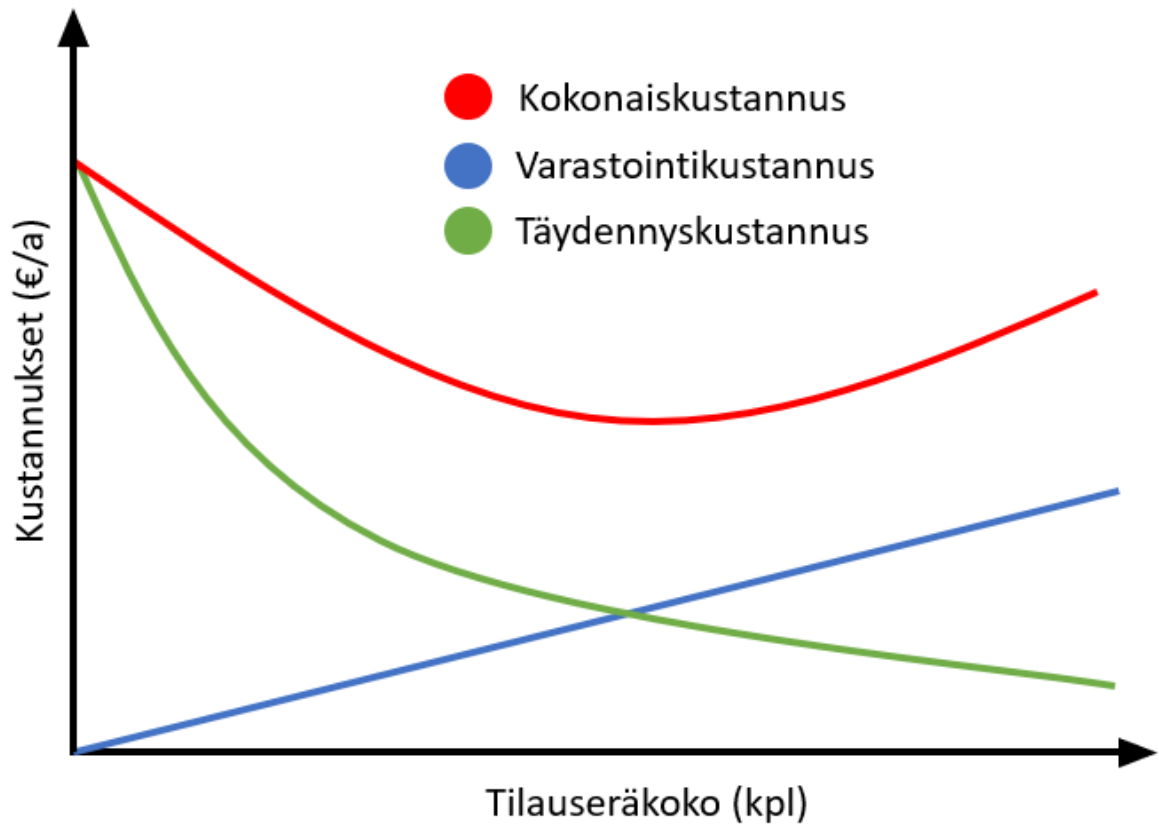
Yleisiä ohjausparametrejä:

- Täydennyserä (Q)
- Kiertovarasto (CS)
- Varmuusvarasto (SS)
- Tavoitepalveluaste (SL)
- Tilauspiste (OP)

Täydennyseräkoko (Q) ja kiertovarasto (CS)

Täydennyserällä (Q) tarkoitetaan sitä osamäärää, jonka toimittaja lähettää varastoon yhdellä kertaa. Täydennyseräkoko on esimerkiksi se määrä osia, joka mahtuu yhteen rekan perävaunuun, mutta erä voi olla myös pienempi. Tällöinen tilanne on esimerkiksi silloin, jos toimittajalta hankitaan useampia osanimikkeitä, ja vajaiden perävaunujen kuljettamista halutaan välttää. Hoppin (2003) mukaan täydennyserää suunniteltaessa olisi otettava huomioon, että se kattaisi sekä ennakoitun kysynnän ja varmuusvaraston. Lisäksi on olemassa taloudellinen täydennyseräkoko (EOQ), joka ottaa ennusteen tai toteutuneen kysynnän lisäksi huomioon myös täydennys-, sekä varastonpitokustannuksen osaa kohti (Hopp, 2003).

Kumar (2016) kertoo artikkelissaan, että täydennyksen kustannuksissa olisi otettava huomioon esimerkiksi, tilaajan, ostajan, vastaanoton, ja muiden prosessiin osallistuvien työntekijöiden palkat, sekä kuljetuskustannukset. Kuva 8 esittelee tilauseräkoon vaikutusta varastoinnin ja täydennyksen kustannuksiin (Addo, 2020). Taloudellinen tilauseräkoko olisi sellainen, jossa kokonaiskustannukset olisivat mahdollisimman alhaiset. Se voi olla kuvan mukaisesti lähellä varastointi- ja täydennyskustannusten kuvaajien leikkauskohtaa, jolloin edellä mainitut kustannukset olisivat samansuuruiset (Addo, 2020).



Kuva 8, Tilauseräkkö ja kustannukset

Taloudellista täydennyseräkköä on haastavaa laskea. Suurissa varastoissa erilaisia osia on paljon, ja osien sekä varastointipaikkojen ominaisuudet vaihtelevat merkittävästi. Tällaisessa tilanteessa on vaikeaa laskea luotettavasti yhden osan varastointikustannuksia sekä kaikkia täydennykseen vaikuttavia kuluja. Hopp (2003) esittää, että tätä tietoa voi myös arvioida. Esimerkiksi jokin tietty prosenttiosuus osan hankintakustannuksesta on lähellä totuutta. Yrityksen kanssa käydyissä palavereissa on tullut ilmi, että yhden täydennyserän kustannusta on hankala selvittää luotettavasti johtuen siitä, että sama toimittaja voi myydä useampaa osanimikettä. Toimittaja siis täyttää kuljetuksessa käytettävät trailerit mahdollisimman taloudellisesti, ja lähetettävät osamäärät vaihtelevat ennustevaihteluiden takia. Tästä johtuen täydennyserän kustannus ei ole vakio, vaan se muuttuu jatkuvasti. Hoppin (2003) kaavan taloudelliselle täydennyseräköölle voi käydä halutessa katsomassa hänen kirjastaan, mutta tässä tutkimuksessa sitä ei käytetä edellä mainittujen haasteiden vuoksi. Täydennyseräkustannusten selvittäminen ja seuraaminen veisi liikaa aikaa muilta tutkimuksen tavoitteilta.

Mikäli tilauserä on todella suuri kysyntään nähden, varastoon toimitetaan kerralla suuri määrä tavaraa, jota kulutetaan useita päiviä tai jopa viikkoja. Tällöinen tilanne johtaa siihen, että materiaali on keskimäärin pidempään varastossa sitomassa pääomaa. Mikäli materiaalia tilattaisiin useammin pienempiä erä, varastossa olisi vähemmän varastoitavaa materiaalia. Jos kuljetuskustannukset ovat erittäin suuret, varastointi on halpaa, sekä varaston kapasiteetti on suuri, voi olla taloudellisempaa tilata kerralla suurempi määrä. Tässä työssä on tarkoitus tutkia yrityksen nykyisiä tilauseräkokoja, ja selvittää, miten eri ABC-XYZ-analyysin osat jakautuvat keskimääräiseen tilauseräkoko suhteutettuna.

Täydennyserän kokoa voi rajoittaa jokin standardi, jota ei voi muokata, kuten esimerkiksi pahvilaatikon tilavuus johon toimittaja pakkaa osat. Vaikka taloudellinen tilauserä koko tiedettäisiin, voi yritys päätyä tilaamaan suurempia määriä materiaalia, mikäli ennuste ilmoittaa suuremmasta materiaalitilanteesta, tai tiedossa on jokin yllättävä osapuutteen riski. Täydennyserä ei siis pysy vakiona, ja se vaikeuttaa esimerkiksi laskennallisen kiertovaraston määrittämistä. Toimittajalle on edullisempaa lähettää suuria osapakkauksia, jonka lisäksi myös autoteollisuuden ympäristötavoitteet voivat kannustaa tekemään suurempia pakkauksia, ja vähentämään tällä tavoin pakkausmateriaalista syntyvää jätettä (White et al, 2015). Tämä kuitenkin lisää tarpeetonta varastointia, ja huonontaa varaston läpimenoaikaa, koska tuotetta päädytään tilaamaan kerralla todellista tarvetta suurempi määrä. Kiertovarasto (CS) puolestaan on yksi varastohallinnan peruskäsitteistä. Mikäli varastoa täydentyy tietyllä osanimikkeellä esimerkiksi kerran viikossa, tulisi kiertovaraston täyttää tämän ajanjakson kysyntä. Sekä kiertovarasto, että täydennyserä koko määräytyvät kysynnän mukaan. Kiertovarasto voidaan laskea jakamalla täydennyserä kahdella (Kaava 1, Hopp, 2003).

$$CS = \frac{Q}{2} \quad (1)$$

Palveluaste (SL) ja Varmuusvarasto (SS)

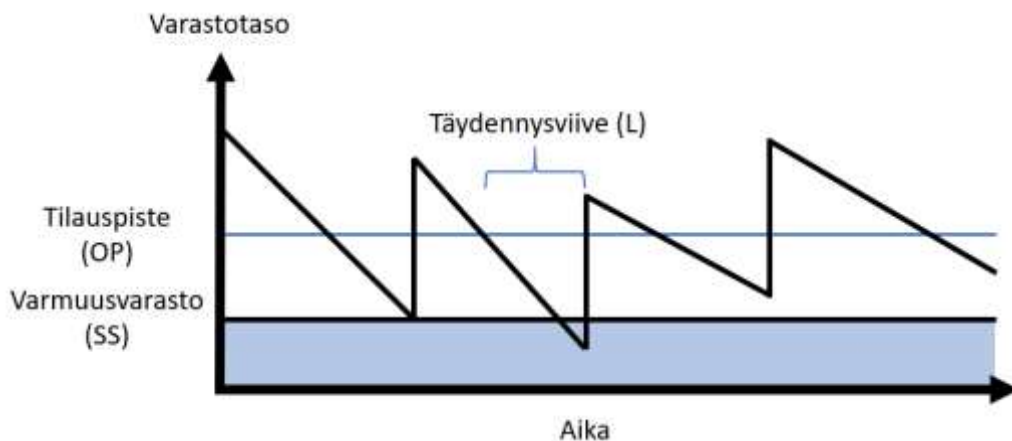
Palveluasteella (SL) tarkoitetaan todennäköisyyttä, ettei varasto pääse loppumaan yhden täydennysvälin aikana, ja myyntiä ei menetetä (kaava 2). Korkea palveluaste on autotehtaan tavoittelema tilanne, mutta samalla on huomioitava, että mikäli palveluaste on korkea, se vaatii erittäin suuret varastot, joka puolestaan lisää varastointikustannuksia. Lisäksi korkeat varastot voivat myös hidastaa tavaran kiertoa, ja aiheuttaa esimerkiksi varaston pilaantumista (Radasanu, 2016). Palveluaste voidaan määrittää jokaiselle osalle erikseen, jolloin se voi vaihdella esimerkiksi osan kysynnän tai saatavuuden mukaisesti.

Palveluaste ei voi olla myöskään matala, vaan Radasanun (2016) mukaan sen pitää olla riittävän hyvä kattaakseen keskimääräisen kysynnän sekä osien toimitusajat. Autotehtaalla palveluaste voidaan laskea jakamalla ajallaan toimitettujen osatilausten määrä tuotannon kysynnällä, mutta se on mahdollista myös laskea toimitetuille autotilauksille. Palveluasteen laskeminen autotilauksille on todennäköisesti helpompaa, koska näitä tietoja on helpommin saatavilla. Autotilausten palveluasteesta ei ole kuitenkaan suurta hyötyä varaston nykytilan tarkemmassa analysoinnissa, koska autotilausten tutkimisella voidaan ainoastaan arvioida koko varaston palveluastetta. Jos palveluaste haluttaisiin tietää osakohtaisesti, olisi käytössä oltava historiatietoa siitä, mitkä osat aiheuttavat ongelmia autotilausten toimittamisessa. Radasanun (2016) mukaan ABC-analyysia voidaan hyödyntää palveluasteen määrittämisessä. Mikäli A-kategorian osat ovat kriittisempiä kuin B- tai C-osat, A-osille kuuluisi määrittää korkeampi tavoitepalveluaste.

Autotehtaalla tällainen jaottelu sopii huonommin, koska jokainen osa on yhtä tärkeä autoa rakentaessa. ja yhden ruuvien puuttuminen on yhtä suuri ongelma kuin minkä tahansa muunkin osan. Autoja voidaan valmistaa tämän diplomityön kohdeyrityksessä myös osapuutteellisenä, jos puuttuva osa on pieni, ja helppo jälkiasentaa myöhemmin. Tähän perustuvaa tärkeysjärjestystä osien palveluasteelle ei kuitenkaan haluta tehdä johtuen siitä, että valmiin auton toimitus viivästyisi joka tapauksessa (Materiaalisuunnittelija, 2021). Kaava 2 kertoo, miten palveluaste (SL) määräytyy (Radasanu, 2016.) Kaavassa luku A tarkoittaa osien määrää, jonka yritys onnistuu toimittamaan aikataulussa. Luku D kuvaa kokonaiskysyntää.

$$SL = \frac{A}{D} \quad (2)$$

Varmuusvaraston (SS) tarkoitus on estää varaston loppuminen. Radasanun (2016) mukaan on yleistä, että materiaalivirrassa esiintyy erilaisia poikkeamia, kuten toimitusvaikeuksia, jotka voivat johtua ulkoisista tekijöistä, kuten toimittajan tuotantovaikeuksista tai kuljetusongelmista, jotka johtavat toimituspäivän viivästymiseen. Lisäksi ongelmia tulee sisäisistä toiminnoista, esimerkiksi tuotantoennusteesta, ja sen myötä epätarkasta materiaalityövelaskennasta. Varmuusvarastoa voidaan käyttää yhdessä tilauspistemethodään perustuvan varastonohjauksen kanssa, jossa uusi osatilaus lähetetään toimittajalle joka kerta, kun varaston taso menee tietyn, ennalta määritetyn hälytysrajan alapuolelle. Tilauspistemethodä on otettu mukaan tähän kappaleeseen havainnollistamaan varmuusvaraston toimintaa, eikä sitä ole tarkoitus soveltaa kohdeyritykseen. Kuva 9 näyttää varmuusvaraston toiminnan tilauspistemethodän kanssa (Radasanu, 2016).



Kuva 9, Tilauspistemethodä

Kuvasta 9 nähdään, kuinka varastotason saavuttaessa tilauspisteen (OP) lähetetään uusi osatilaus toimittajalle. Täydennysviiveen (L) jälkeen varasto täydentyy uudella osatilauksella. Huomioitavaa on se, että täydennyserä on aina samansuuruinen. Kuvasta huomaa hyvin varmuusvaraston merkityksen. Jos kysyntä on poikkeuksellisen suurta, voi varastotaso hetkellisesti painua varmuusvaraston alapuolelle, mutta sen ei ole tarkoitus olla

säännöllistä. Tarvittaessa tilauspisteitä ja varmuusvaraston tasoja on kyettävä muokkaamaan. Mikäli oletetaan, että kysyntä noudattaa normaalijakaumaa, voidaan varmuusvarasto laskea kaavalla 4, (Radasanu, 2016).

Kaavassa 4 oletetaan, että kysyntä noudattaa normaalijakaumaa. Luku Z tarkoittaa varmuuskerrointa, joka haetaan normaalijakauman taulukosta palveluasteen mukaisesti tai määritetään esimerkiksi Excelistä löytävällä laskukaavalla, jolloin varmuusvarastot voidaan määrittää myös isommille nimikemäärille eikä jokaista varmuuskerrointa tarvitse etsiä erikseen. Luku σ puolestaan tarkoittaa kysynnän keskihajontaa valitulla ajanjaksolla, ja L kertoo täydennysajan pituuden (Radasanu, 2016). Kysynnän keskihajonnan laskeminen vaatii osakohtaista kysyntätietoa pitkältä ajalta, ja autoteollisuudessa tämä voi olla haasteellista selvittää, koska automallit vaihtuvat usein (Shmueli et al, 2019).

$$\sigma = \sqrt{X_D} \quad (3)$$

Esimerkiksi kuukausikohtaisen keskihajonnan laskemiseen tarvitaan kuukausikysynnän historiatietoa mahdollisimman pitkältä ajalta, jotta tuloksista tulee luotettavia. On hankala päättää, milloin tietoa on riittävästi, ja tulosten luotettavuutta on arvioitava tapauskohtaisesti. Jos käytössä on esimerkiksi vain puolen vuoden kysyntätiedot, voi yhden kuukauden poikkeuksellisen suuri, tai vastaavasti pieni kysyntä vääristää keskihajontaa, ja sen myötä varmuusvaraston laskennan tuloksia. Kaava 3 kertoo, kuinka keskihajonta lasketaan, mutta tässä työssä kyseinen arvo on hankittu Excelin laskentatoiminnon avulla.

$$SS = Z\sigma_D\sqrt{L} \quad (4)$$

Myös kohdeyrityksessä hankintatoimi tekee jatkuvasti päätöksiä uusien osien hankinnasta, ja vanhoja osia vastaavasti poistuu. Tällaiset osat voidaan kuitenkin tutkia erikseen, tai jättää kokonaan pois käsittelystä. Niille on mahdollista kopioida keskihajonnan tiedot osilta, joilla on samankaltaisia ominaisuuksia. Tämä todennäköisesti vaatisi melko paljon työtä, eikä

tulosten luotettavuudesta voitaisi olla varmoja. Diplomityön aineistosta on jätetty pois ne osat, jotka ovat poistuneet käytöstä.

3.4 Varaston suorituskyky

Edellisissä kappaleissa esiteltiin ohjausparametrejä, joiden mukaan varaston on tarkoitus toimia. Varaston ohjaaminen perustuu pitkälti ennusteisiin, toteutuneeseen kysyntään, ja materiaalitarvelaskentaan. Lisäksi esimerkiksi varaston ja tuotannon kapasiteetit, sekä tuotteen ominaisuudet vaikuttavat varaston ohjausparametrien suunnitteluun. Liiketoimintaan vaikuttaa moni tekijä, ja liiketoimintaympäristö muuttuu koko ajan. Tämä herättää teollisuuden yrityksissä huolta kapasiteetin riittävydestä, ja sen takia toimintaa on seurattava ja mitattava erilaisilla menetelmillä (Shmueli et al, 2019). Seuraavissa kappaleissa esitellään erilaisia tunnuslukuja, joilla varaston suorituskykyä analysoidaan. Tunnusluvut on listattu alla olevaan luetteloon.

Suorituskyvyn tunnusluvut:

- Keskivarastotaso (I)
- Varaston kiertonopeus (ITO)
- Varaston riitto (DOS)
- Toteutunut palveluaste (SL)

Keskivarastotaso (I) ja varaston kiertonopeus (ITO)

Hoppin (2003) mukaan normaalissa tilanteessa keskivarastotaso tarkoittaa kiertovarastoa, johon lisätään varmuusvarasto. Kaavassa keskivarastotason symboli on I (kaava 5). Varmuusvaraston ja kiertovaraston laskemisessa on otettu huomioon mahdollisten poikkeustilanteiden vaikutus. Tämä on todennäköisin nimikkeiden määrä, joka yrityksen on kyettävä varastoimaan. Koska kiertovarasto on täydennyseräkokoa jaettuna kahdella, keskivarastotaso on pienempi, jos täydennyseräkokoa pienennetään (kaava 1, Hopp, 2003).

Kumarin (2016) mukaan valitun täydennyseräkoon ja varastotason välillä on yhteys, ja täydennyseräkokoa muokkaamalla on mahdollista vaikuttaa varastotasoihin. Mikäli kysyntä pysyy vakiona, ainoa keino pienentää täydennyseräkokoa on toimitusten lisääminen, jolloin

yhdessä kuljetuksessa tuodaan pienempi erä osanimikkeitä yrityksen varastoon. Tässä on mietittävä, onko kuljetusten lisääminen varastointikustannuksia kalliimpaa. Jos kysyntä lisääntyy väliaikaisesti, voi olla edullisempaa lisätä hieman kuljetuksia, kuin rakentaa uusia varastotiloja

$$I = CS + SS \quad (5)$$

Varaston kiertonopeus (ITO) mittaa sitä, kuinka monta kertaa yritys myy varastonsa tutkittavana ajanjaksona (Madhusudhana & Prahlada, 2009). Heidän mukaansa korkea varaston kiertonopeus tarkoittaa sitä, että yritys toimii tehokkaasti. Tuotantolaitoksessa se ei siis vain tarkoita sitä, että osanimikkeitä ei pidetä pitkiä aikoja varastossa, vaan se kertoo myös siitä, että yrityksen markkinointi ja tuotanto on hyvin hoidettua, koska raaka-aineille ja tuotteille on kysyntää. Usein varaston kiertonopeutta mitataan vuositasolla, mutta myös muun tarkasteluvälin käyttäminen on mahdollista. Mikäli varaston kiertonopeuden arvoksi vuositasolla saadaan 12, se tarkoittaa sitä, että varasto kulutetaan kerran kuukaudessa (Madhusudhana & Prahlada, 2009).

Hidas varaston kiertonopeus tarkoittaa sitä, että raaka-aineet tai valmiit tuotteet sitovat pidempään yrityksen pääomaa, ja niistä saatava liikevaihto viivästyy. Lisäksi osakohtainen varastointikustannus kasvaa. Tunnusluku liittyy läheisesti materiaalivirtaan, ja varaston läpimenoaikaan (Oliveira et al, 2019). Varaston kiertonopeutta laskettaessa on päätettävä, mitä ajanjaksoa halutaan tarkastella. Sen jälkeen on jaettava kyseisen ajanjakson kokonaiskysyntä keskimääräisellä varastotasolla, kuten kaava 6 esittää (Madhusudhana & Prahlada, 2009). Laskelma on esitetty kahdessa muodossa, mutta lopputulos on molemmissa sama (kaavat 6 ja 7)

$$ITO = \frac{D \left(\frac{kpl}{kk} \right)}{I \left(\frac{kpl}{kk} \right)} \quad (6)$$

$$ITO = \frac{D \left(\frac{\text{€}}{kk} \right)}{I \left(\frac{\text{€}}{kk} \right)} \quad (7)$$

Varaston kiertonopeutta mitataan kappalemäärissä, mutta lisäksi myös valuutassa. Jos halutaan laskea varaston kiertonopeus jokaiselle osanimikkeelle erikseen, voidaan käyttää kappalemääriä, mutta laskettaessa koko yrityksen varastoa on järkevämpää käyttää mittarina rahayksikköä. Esimerkiksi autoteollisuudessa on käytössä varastointiominaisuuksiltaan hyvin erilaisia osia, ja kappalemäärät eivät anna kovinkaan käyttökelpoisia tuloksia.

Varaston riitto (DOS)

Jos kysyntä on riittävän tasaista, ja jonkinlaisia ennusteita on saatavilla, voidaan varastolle arvioida riittoa (DOS), joka tarkoittaa sitä, miten pitkään varasto täyttää kysynnän tarvetta. Arnold et al (2008) esittelee yksinkertaisen kaavan, jolla varaston riitto lasketaan (kaavat 8 ja 9). Kaavalle on ominaista se, että riittoa voidaan laskea eri aikamääreissä, esimerkiksi kuukausi, viikko, tai päiväkohtaista. Mikäli kysyntä vaihtelee voimakkaasti, voi varaston riiton arvioiminen useiksi kuukausiksi eteenpäin olla tarpeetonta, varsinkin jos varastoa täydennetään jatkuvasti. Arnoldin et al (2008) mukaan riiton laskeminen on kuitenkin varaston kiertonopeuden ohella tärkeä, yrityksen myyntiä analysoiva tunnusluku. Kohdeyrityksen materiaalisuunnittelussa riittoa tarkastellaan yleensä päivissä, ja tämä voikin olla paras vaihtoehto erityisesti operatiivisessa toiminnassa.

$$DOS = \frac{I \left(\frac{kpl}{kk} \right)}{D \left(\frac{kpl}{kk} \right)} \quad (8)$$

$$DOS = \frac{I \left(\frac{\text{€}}{kk} \right)}{D \left(\frac{\text{€}}{kk} \right)} \quad (9)$$

Varaston riitto on useimmiten operatiivinen tunnusluku erityisesti autoteollisuudessa, koska Just-In-Time-ajattelun mukaan suuria varastoja ei haluta pitää (Matson & Matson, 2007). Tästä johtuu, että lukua seurataan jatkuvasti, ja esimerkiksi ERP-järjestelmät saattavat tuottaa sen automaattisesti. Kuten kaavassa kerrotaan, varaston riitto lasketaan historiallisen keskimääräisen kysynnän perusteella (kaava 8). Lisäksi on arvioitava, miten hyödyllinen tämä tieto on tulevaisuuden kannalta. Esimerkiksi tämän diplomityön kirjoitushetkellä vaikuttava puolijohdepula aiheuttaa suurta epävarmuutta autojen valmistuksessa, joten varaston riiton päivittäinen seuraaminen on tärkeää näiden osien kohdalla (BBC News, 2021).

Edellä esitelty tunnuslukujen luettelo mainitsee vielä viimeisenä toteutuneen palveluasteen. Kuten Radasanu (2016) toteaa, alussa asetetun tavoitteellisen palveluasteen toteutumista on seurattava, jotta nähdään mihin suuntaan yrityksen varastonhallinta on menossa. Tämä on oleellista erityisesti silloin, jos yrityksessä on toteutettu jonkinlainen kehitysprojekti materiaalivirran tehostamiseen liittyen. Toki myös projektin alkuvaiheessa voi olla tarpeellista laskea nykyinen palveluaste historiatiedoista, jotta osataan asettaa tarvittaessa jokin realistinen tavoite.

4 KOHDEYRITYKSEN NYKYTILA

Materiaalivirran nykytilanteen, siihen vaikuttavien tekijöiden, ja taustalla olevien syiden tutkiminen ja havaitseminen on helpompaa, jos yrityksen toiminta tunnetaan yleisellä tasolla. Seuraavissa kappaleissa esitellään, miten kohdeyrityksen materiaalivirta toimii, ja mitkä asiat vaikuttavat materiaalivirtaan ja sen sujuvuuteen. Toimintaa kuvaillaan prosessien kautta, perustuen edellisissä kappaleissa esiteltyihin menetelmiin ja työkaluihin.

4.1 Yrityksen liiketoimintaympäristö

Kohdeyrityksellä on pitkät perinteet autojen valmistuksessa, mutta viime vuosina autojen ohella liiketoimintaa on laajennettu myös muihin tuotteisiin. Yrityksen emoyhtiö keskittyy autonvalmistus- ja suunnittelupalveluihin, sekä akunvalmistukseen. Lisäksi yhtiöön kuuluu tytäryhtiöitä, joiden toiminta on enimmäkseen suunnittelupalvelujen tuottamista. Varsinainen emoyhtiön tuotanto tapahtuu Suomessa, mutta tytäryhtiöistä suurin osa sijaitsee Suomen ulkopuolella. Valtaosa liikevaihdosta saadaan toistaiseksi autojen valmistuksesta. Yrityksellä ei ole omaa automerkkiä, eikä se kuulu minkään tietyn automerkin konserniin. Toiminta-ajatus on olla itsenäinen autotehdas, joka valmistaa autoja alihankintasopimuksella.

Kohdeyrityksen keskeistä liiketoimintaa on se, että autoja valmistetaan yhdelle tai useammalle asiakkaalle, jotka ovat pääsääntöisesti autoteollisuuden suuryrityksiä. Toiminnan luonteeseen kuuluu, että sopimukset ovat pitkiä, ja sekä yritys, että asiakas ovat sitoutuneet useiden vuosien yhteistyöhön. Sopimusvalmistuksella on materiaalivirran, ja yleisesti liiketoiminnan sujuvuuden kannalta sekä huonoja, että hyviä puolia. Kuten Oliveira et al (2019) artikkelissaan kertoo, henkilöauto rakentuu hyvin erikoislaatusista osista, ja tuotteen laadun on oltava lähestulkoon virheetöntä. Tästä johtuu se, että kohdeyrityksen tapauksessa asiakas määrittää usein hyvin tarkkaan sen, miltä toimittajilta osanimikkeitä on tilattava, eikä yritykselle jää juurikaan liikkumavaraa. Esimerkkinä voidaan ajatella jotain tavanomaista mutteria, joita olisi äkillisen osapuutteen sattuessa saatavilla myös kotimaisista rautakaupoista, mutta asiakas vaatii, että ne tilataan ennakkoon sovitulta toimittajalta, joka sijaitsee ulkomailla

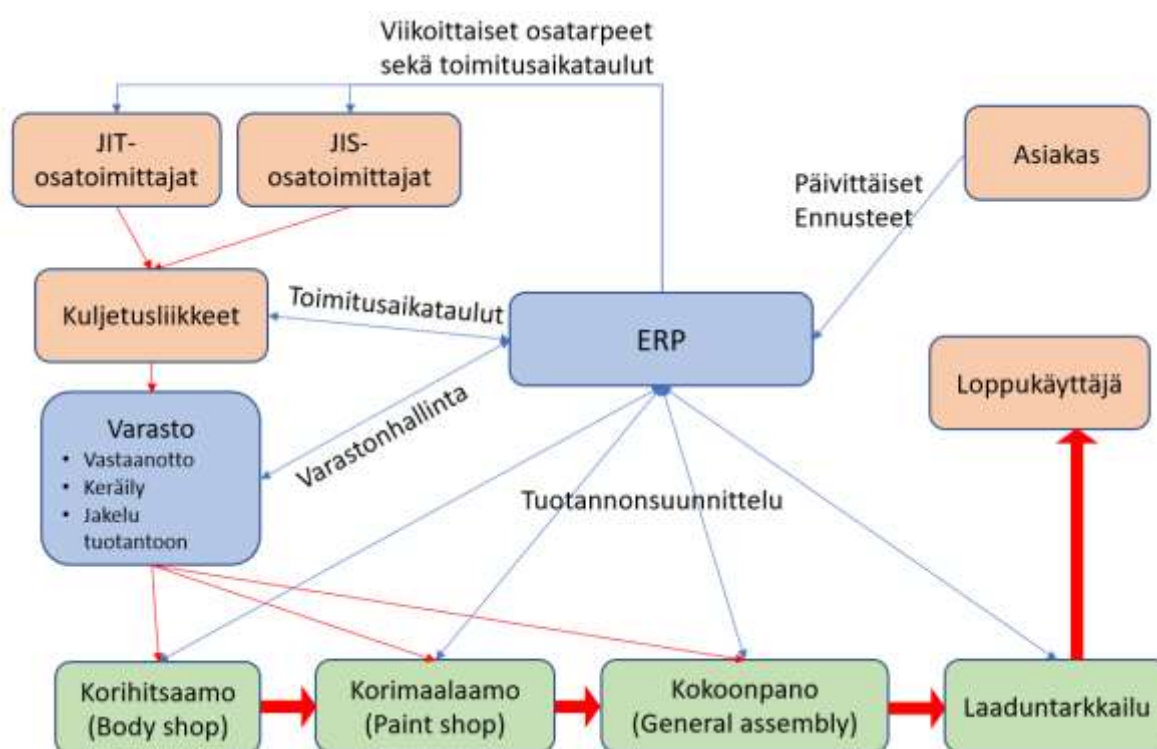
Tämä voi johtaa siihen, että toimittajien osatehtaat eivät usein ole sijainniltaan parhailla alueilla, tai mahdollisia muita ongelmia materiaalivirran sujuvuuteen ilmenee. Lisäksi alihankinnalla tapahtuva autojen valmistus tarkoittaa sitä, että asiakas vaikuttaa autojen valmistusmääriin, ja pahimmassa tapauksessa tuotannon muutokset voivat tapahtua hyvinkin nopealla varoitusajalla. Tämä vähentää yrityksen mahdollisuuksia reagoida osatarpeiden muutoksiin, ja vaatii paljon joustavuutta. Kuten aikaisemmin mainittiin, nykyisessä puolijohdetilanteessa autojen valmistusmäärät voivat muuttua nopeasti (BBC News, 2021).

Autojen sopimusvalmistuksessa on kuitenkin materiaalivirran kannalta myös paljon hyötyä. Yrityksen asiakkaalla on kokemusta autojen valmistuksessa, ja tällä hetkellä päätuotteena oleva automerkki on arvostettu. Tulevaisuuden kysyntää pidetään lupaavana yrityksessä vallitsevan ilmapiirin perusteella. Tämä tuo yrityksen tuotteille kilpailuetua ja ennustettavuutta kilpaillulla markkinoilla. Esimerkiksi Jain & Graig (2007) painottavat kilpailuettujen merkitystä autoteollisuudessa. Heidän mukaansa merkkiuskollisuuden merkitys on vähenemässä, ja kilpailun kasvaessa hinnalla on entistä suurempi merkitys uuden auton valinnassa. Suuri asiakas on siis tärkeä tekijä kohdeyrityksen tuotteiden kysynnän kannalta, koska todennäköisesti tuotteilla on myös kilpailukykyinen hinta. Merkittäväällä asiakkaalla on luultavasti enemmän ammattitaitoa ja kokemusta toimittajien valitsemisessa, ja toimitusketjut ovat sujuvia ja toimittajien kanssa tehdyt hankintasopimukset edullisia. Autojen sopimusvalmistus on melko harvinaista, ja tämän takia aiheesta on haastava löytää akateemista tutkimustietoa.

4.2 Yrityksen prosessit ja arvovirtakaavio

Kuva 10 esittelee arvovirtakaavion muodossa yksinkertaistettuna kohdeyrityksen keskeisimmät prosessit, jotka liittyvät materiaalivirtaan, ja tämän tutkimuksen aihepiiriin. Siniset nuolet kuvaavat informaation kulkua, punaiset ohuet nuolet osanimikkeiden liikettä. Paksut punaiset nuolet esittävät auton kulkeutumista tuotannon alkupäästä loppukäyttäjälle. Tiedot on hankittu keskustelemalla yrityksen työntekijöiden, kuten kuljetuksen vastuuhenkilöiden, materiaalisuunnittelijoiden ja varaston esimiesten kanssa, sekä muista

yrityksen koulutusmateriaaleista (Materiaalisuunnittelija, 2021, Tuotantopäällikkö 2021, Logistiikkainsinööri 2021, Perehdytysmateriaali, 2017).



Kuva 10, Kohdeyrityksen arvovirtakaavio

Arvovirtakaaviossa erotellaan ulkoiset sidosryhmät, tuotanto, sekä varaston toiminta omiksi ryhmikseen, ja ne on eroteltu eri värein. Asiakkaalla ei tarkoiteta kuluttajaa, joka lopulta ostaa auton, vaan koska kohdeyrityksen liiketoiminnassa on kyse autojen sopimusvalmistuksesta, asiakas tarkoittaa tässä tapauksessa eurooppalaista autonvalmistukseen keskittynyttä yritystä. Arvovirtakaaviossa kuvattu loppukäyttäjä puolestaan voi tarkoittaa ketä tahansa ihmistä tai yritystä, joka lopulta käyttää autoa. Arvovirtakaavion keskellä oleva ERP kuvaa yrityksen järjestelmiä, jotka vastaavat kaikesta sidosryhmien ja tuotannon välisestä tiedonkulusta. Se sisältää myös materiaaliarvelaskennan (kuva 5).

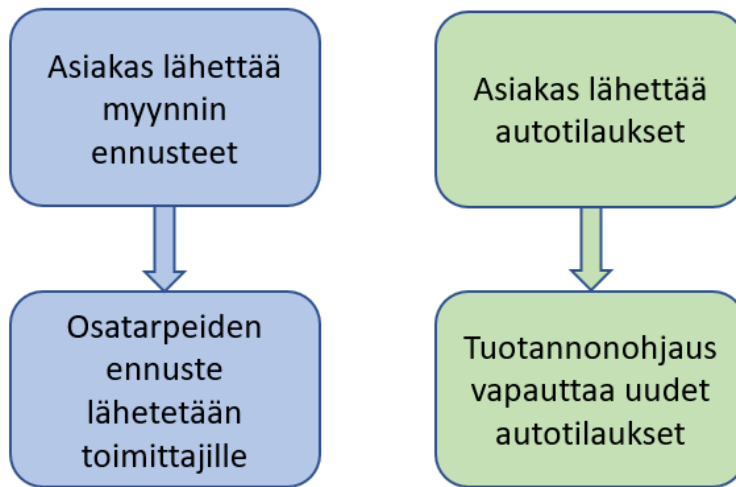
JIT-, ja JIS-osien toimittajat on jaettu erikseen, koska osatyyppien materiaalivirta on toisistaan poikkeava. Myös JIS-osat puretaan varastotiloihin, ja ne kulkeutuvat tuotantoon useimmiten 1–3 päivän kuluessa vastaanotosta. ERP vastaanottaa tietoja kaikilta arvovirtakaavion sisäisiltä ja ulkoisilta sidosryhmiltä. Esimerkiksi poikkeustilanteet tai

muutokset voivat olla tällaisia tilanteita. Arvovirtakaavioon ei ole merkitty erikseen prosesseihin kuluvia aikoja, eikä niiden selvittäminen kuulu diplomityön tavoitteisiin. Poikkeuksena on osien toimitusaika toimittajalta kohdeyrityksen varastoon, ja sitä tutkitaan diplomityön kvalitatiivisessa osiossa. Mikäli osapuutteita ei ole, yritys valmistaa useita satoja autoja päivässä, joten arvovirtakaaviossa esiintyvä tuotannon prosessi on tehokas, eikä yhden auton valmistamiseen kulu kovinkaan kauan. Toki koneiden rikkoutuminen ja huollot voivat viivästyttää tuotantoa materiaalivirran logististen haasteiden lisäksi.

4.3 Ennusteet ja osien tilaaminen

Yrityksen tuotantoprosessi alkaa siitä, kun yritys saa asiakkaaltaan myynnin ennusteet, joihin pohjautuen osatarpeita voidaan alkaa suunnittelemaan. Ennusteet tulevat yleensä kerran viikossa, mutta yritys voi myös tarvittaessa pyytää lisäennusteita. Tämän jälkeen MRP luo osatarpeet, joiden mukaan materiaalivirtaa voidaan ruveta suunnittelemaan. Arvioidut osatarpeet voivat muuttua, jonka jälkeen yrityksen materiaalivirran suunnittelua on päivitettävä. Asiakas myös lähettää yritykselle uudet autotilaukset, jonka jälkeen tuotannonohjaus vapauttaa ne, eli toisin sanoen lisää ne tuotannon suunnitelmaan (Perehdytysmateriaali, 2017)

JIS- ja JIT-osien tilausmenetelmissä on hieman eroa. JIS-osien tarpeet ovat toimittajien nähtävissä heti autotilausten vapautusten jälkeen. JIS-tilaukset siis lähtevät toimittajille automaattisesti, eikä materiaalisuunnittelijoiden tarvitse lähettää niitä erikseen. JIT-osien tarpeet puolestaan lähetetään toimittajille manuaalisesti, ja yrityksessä puhutaan usein osien plaanauksesta, tai call-offien lähettämisestä. JIT-osien tilaamisessa materiaalisuunnittelijan tehtävänä on lähinnä tarkistaa, että MRP on suunnitellut osatarpeet oikein, eikä suunniteltu varaston taso menisi missään vaiheessa varmuusvaraston alapuolelle tai ainakaan loppuisi kokonaan. JIS-osissa mittarina on se, että jokainen osanumero on tehtaalla tuotannon käytettävissä, ennen kuin kyseisen osan auto on nousemassa tuotantolinjalle. JIT-osissa materiaalisuunnittelu seuraa päivittäin varaston riittoa, ja tarve-ennusteita, ja tavoitteena on huolehtia, että varaston saldo riittää täyttämään päivän osatarpeen.



Kuva 11, Informaation kulku

Kuvassa esitellään informaation kulkua osien tilausprosessissa (kuva 11). Vasemmalla olevat ennusteet ja niihin reagointi on valmistautumista varsinaisiin autotilauksiin, jolloin varmistetaan siitä, milloin osien on viimeistään oltava tuotannon käytettävissä. Vasemmalla oleva prosessi koskee sekä JIT-, että JIS-osia, koska molemmissa tapauksissa toimittajien on osattava valmistautua tuleviin osatilauksiin, ja tilattava esimerkiksi oikeat määrät raaka-aineita, ja komponentteja.

4.4 Osien kuljetus ja vastaanotto

Osien valmistumisen jälkeen kuljetusliikkeet toimittavat osat yrityksen varastoon. Kuljetusten järjestäminen on toimittajan ja kuljetusliikkeiden vastuulla yrityksen osatilausten mukaisesti. Kuljetusten on oltava oikea-aikaisia, sekä osamäärien on oltava sovittuja. Toimittajat sijaitsevat pääsääntöisesti Euroopan maissa, mutta joitakin osia tuodaan myös Euroopan ulkopuolelta. Toimitusajat vaihtelevat paljon, mutta usein toimitusaika on muutamasta päivästä kahteen viikkoon. Kuljetusmuotoja on muutamia erilaisia, mutta Itä-Euroopassa valmistetut osat kuljetetaan useimmiten autoilla, ja Saksassa puolestaan käytetään paljon junia. Kohdeyrityksen kuljetuksesta vastaava henkilökunta suunnittelee purkusuunnitelmat, joiden mukaan osat puretaan yrityksen varastoon. He myös päivittävät kuljetusaikoja, sekä kuljetuskalentereja (Logistiikkainsinööri, 2021).

Yrityksen järjestelmä laskee purkus suunnitelmat, mutta mikäli jokin osa on yllättäen kriittinen esimerkiksi inventointivirheen takia, ja havaitaan, että sitä on tulossa lisää trailerissa, kyseinen traileri voidaan asettaa purkus suunnitelmassa manuaalisesti etusijalle. Mikäli toimittajat lähettävät osia yli yrityksen varastointikapasiteetin, trailereita voidaan varastoida joko yrityksen parkkipaikoille, tai kaupungin satamaan. Tämä on kuitenkin väliaikainen ratkaisu, jota halutaan välttää. Diplomityön kirjoitushetkellä tilanne on se, että varaston kapasiteetti on liian, pieni, ja purkua odottavien trailerien suuri määrä on yksi syy varaston tilanteen analysointitarpeelle. Osien toimituksessa voi esiintyä myös poikkeustilanteita. Tällaisessa tilanteessa kohdeyrityksen tai toimittajan on usein tilattava erikoisrahti, joka mahdollistaa osien kulkeutumisen normaalia nopeammin ja joustavammin, mutta kalliimmalla hinnalla.

Erikoisrahdit voidaan kuljettaa joko lentorahtina, tai maanteitse. Normaalit osakuljetukset on jaettu kolmen kuljetusliikkeen kesken, ja jokaiselle on annettu oma vastuualue. Erikoisrahdeista vastaa kaksi erillistä kuljetusliikettä. Kuljetusliikkeiden suuri määrä on yrityksen strateginen valinta ja riskin hajauttamista. Tällä pyritään muun muassa vähentämään riippuvuutta yksittäisestä yhteistyökumppanista, luomaan hintakilpailua, sekä muun muassa varmistamaan kuljetuskapasiteetin riittävyys. Haittapuolina on kuitenkin eri kuljetusyhtiöiden toisistaan poikkeavat toimintatavat, joista yksi esimerkki on kuljetusten raportoinnin eroavaisuudet.

Ongelma	Erikoisrahdin maksuvastuu
Ennusteen epätarkkuus	Asiakas
Varaston inventointiero	Autotehdas
Osan rikkoutuminen sisälogistiikassa tai kokoonpanossa	Autotehdas
Osan laatuongelma	Toimittaja
Kuljetuskaluston rikkoutuminen tai muu kuljetusliikkeestä johtuva viivästyminen	Kuljetusliike

Kuva 12, Mahdollisia syitä erikoisrahdille

Kuva 12 listaa muutamia melko yleisiä poikkeustilanteita ja ongelmia, jotka voivat johtaa siihen, että osia on kuljetettava erikoisrahdilla tuotantokatkosten välttämiseksi. Maksuvastuu jaetaan sen mukaan, mikä sidosryhmä aiheuttaa ongelman. Kuvasta ei kuitenkaan näe, että

yksittäisen osan laatuongelmasta, tai rikkoutumisesta johtuva erikoisrahti koskee lähinnä JIS-osia. Yhden JIT-osan rikkoutuminen harvoin aiheuttaa tuotantokatkosta ja mikäli varaston taso on näin kriittinen, ongelmaan olisi pitänyt puuttua jo aiemmin. JIS-osat ovat puolestaan autokohtaisia, joten rikkoutuneen osan tilalle on tilattava uudestaan samanlainen osa. Useimmiten tällaiset korvausosat myös kuljetetaan erikoisrahtina, ja yleensä kulkuvälineenä on lentokone. Syynä tähän on se, että autotilauksen myöhästyminen on suurempi riski kuin erikoisrahdistä aiheutuva lisäkustannus. Kuljetukseen liittyvissä ongelmissa korostuu sujuvan tiedonvaihdon tärkeys, jotta vältetään Childerhouse et al, (2003) kuvaamat ongelmat. Mikäli esimerkiksi kuljetusliikkeen nouto on viivästymässä kuljetuskaluston puutteen takia, olisi siitä hyvä ilmoittaa ajoissa yritykselle.

Osien kuljetukseen ja vastaanottoon sisältyy myös pakkausosasto, jonka tehtäviin kuuluu osapakkausten, sekä niiden koon suunnittelu. Varsinkin kalliimpien ja monimutkaisempien osien kuljetus tapahtuu erillisissä, kyseiselle osalle suunnitellussa telineessä, jotka eivät ole kertakäyttöisiä. Tästä johtuen tyhjät telineet on lähetettävä takaisin toimittajalle uudelleenkäytettäväksi, ja pakkaussuunnittelun tehtävä on huolehtia tästä osa-alueesta. Mikäli tämä prosessi ei toimi riittävän hyvin, osat joudutaan laittamaan väliaikaisesti, usein pahvista valmistettuihin pakkauksiin, joka lisää osien rikkoutumisen riskejä (Tuotantopäällikkö, 2021). Lisäksi yrityksessä toimii huolintaosasto, joka vastaa muun muassa lähtevien ja saapuvien osalähetysten kirjaamisesta yrityksen järjestelmiin, ja tullaamisesta.

4.5 Varaston prosessit

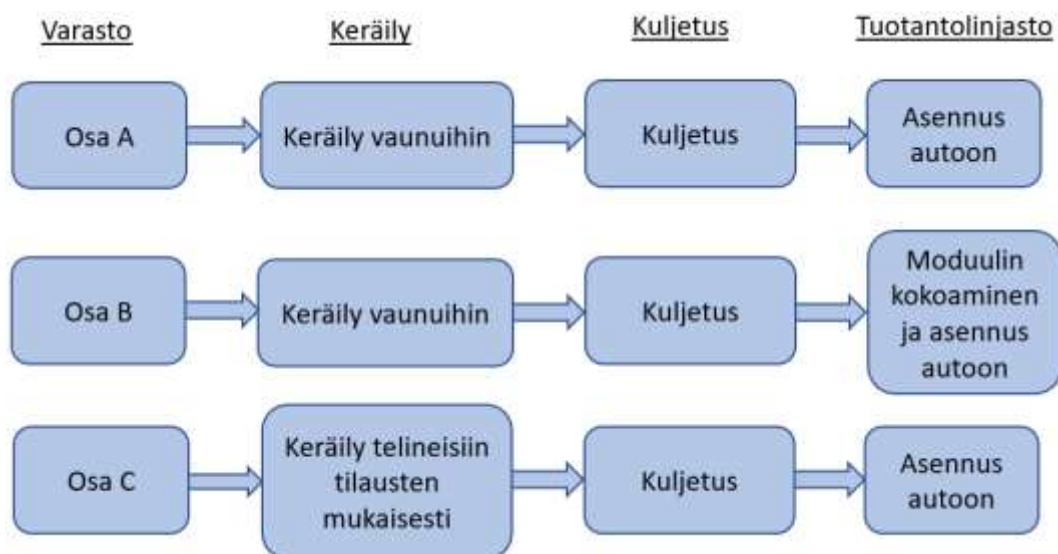
Kohdeyrityksen varasto jakautuu muutamaankin prosessiin, jotka yhdessä huolehtivat siitä, miten materiaalivirta kulkeutuu toimittajan lähettämästä trailerista tuotannon linjastoille. Seuraavien kappaleiden kohdeyritystä koskevat tiedot on kerätty suurelta osin diplomityöhön liittyneen varaston esittelykierroksen aikana, ja esittelijänä oli kohdeyrityksen sisäisestä logistiikasta vastaava tuotantopäällikkö (2021). Ramaanin, et al (2012) mukaan tyypilliseen varaston prosessiin kuuluvat muun muassa vastaanotto, sisäinen varaston täydennys vastaanotosta varastopaikalle, sekä tuotannon tilausten kerääminen. Toimittajilta saapuvien osalähetysten käsittelystä huolehtii varaston vastaanotto (kuva 10).

Yrityksellä on käytössä lastausalue, johon trailerit tuodaan purkusuunnitelman mukaisesti. Osat puretaan ensin vastaanottoalueelle, josta ne siirretään varsinaisille varastopaikoilleen.

Osan fyysisistä ja tuotannollisista ominaisuuksista riippuen se voidaan varastoida joko lattialle tähän tarkoitukseen varattuun tilaan, hyllyvarastoon, tai varastointimenetelmänä voi olla automatisoitu Mini-load, jota käsitellään esimerkiksi Vasilin, et al, (2008) tutkimuksessa. Suurimmat, ja painavimmat osat, kuten esimerkiksi moottorit tai vaihdelaatikot varastoidaan pääsääntöisesti lattiavarastoon, ja kaikista pienimmät, kuten erilaiset liittimet, nippusiteet tai ruuvit säilytetään automaattivarastossa. Loput osat sijoitetaan hyllyvarastoon. Usein JIS-osat ovat suurikokoisia ja painavampia, joten ne ovat lattiavarastossa. Tämän tutkimuksen kannalta kiinnostavampia ovatkin hyllyvarastot, sekä automaattivarasto, koska niissä säilytetään usein JIT-ohjautuvia osia.

Kun osat on sijoitettu lopullisille varastointipaikoilleen, ne on jaettava tuotannon työpisteille tuotannon tarpeen mukaan. Tätä materiaalivirran vaihetta nimitetään jakeluksi, ja erilaisia jakeluvaihtoehtoja on muutamia (kuva 13). Osat voidaan kuljettaa tuotantoon vaunujakeluna, jolloin trukit lastaavat trukkilavoilla olevat tavarat vaunuihin, jotka vedetään tarkoitusta varten kehitetyllä ajoneuvolla kokoonpanolinjastolle. Osat voivat olla toimittajan pakkaamissa trukkilavoissa, joten varaston työntekijöiden ei tarvitse erikseen purkaa niitä. Kuvassa osat A, ja B keräillään tällä tavoin (kuva 13).

Jotkut osat, kuten esimerkiksi auton helmat, varastotyöntekijät keräävät erityisiin telineisiin tuotannon tilausten mukaisesti, jotka viedään tuotantolinjastolle. Menetelmässä etuna on se, että osat ovat telineessä tuotannon mukaisessa järjestyksessä, jolloin asentajien on helppo valita osa asennettavaksi suoraan telineestä. Haittapuolena on kuitenkin ylimääräisen työntekijän tarve. Tällaista menetelmää käytetään usein muun muassa sellaisissa osissa, jotka ovat hieman keskimääräistä isompia ja monimutkaisempia, ja niillä voi olla tietty autotilauksen mukainen värikoodi, kuten juuri edellä mainitussa helmassa.



Kuva 13, Osajakelu tuotantoon

Kuvassa osan C prosessi kuvaa edellä esiteltyä tilannetta (kuva 13). Esimerkiksi tietynkokoinen ruuvi sopii jokaiseen autoon riippumatta auton väristä, mutta mustaa helmaa ei voi laittaa valkoiseen autoon, vaikka osien mittasuhteet olisivat muuten samanlaiset. Jotkut tämänkaltaisista osista ovat JIS-osia, mutta yrityksellä on myös JIT-osia, joissa on värikoodi. Jotkut osat laitetaan suoraan autoon siinä kunnossa, kuin ne tulevat toimittajalta, mutta on myös osia, jotka kootaan moduuleiksi ennen autoon asentamista. Tällaisia osia ovat esimerkiksi etupuskurit, joiden jakelua kuvaa osan B prosessi (kuva 13).

4.6 Tuotantolinjaston prosessit

Arvovirtakaaviossa kuvataan karkeasti tuotannon prosessit (kuva 10). Tuotannon suunnittelusta vastaa yrityksessä oma työryhmänsä, ja heidän tehtävänsä on suunnitella päivittäinen auton valmistusprosessi asiakkaan antamien ennusteiden mukaisesti (Perehdytysmateriaali, 2017). Yrityksessä tehdään kahta automallia, jotka ovat fyysisiltä ominaisuuksiltaan, ja esimerkiksi mitoiltaan ja painoiltaan hieman erilaiset, joten tämä on otettava tuotannon suunnittelussa huomioon. Tuotannon alkupäässä on hitsaamo, jossa auton kori hitsataan erillisistä metalliosista. Hitsaus tapahtuu roboteilla, jolla voidaan muun muassa minimoida inhimillisten virheiden määrää, ja automatisoida toimintaa. Autoteollisuus on tärkein teollisten robottien markkina, joten tarjontaa laitteille löytyy. Robotteja käytetään myös muissa tuotannon vaiheissa, kuten maalauksessa, mutta hitsaamo on ehkä tunnetuin käyttökohde (Bartoš et al, 2021). Kun kori on saatu hitsattua valmiiksi, se

kuljetetaan tehtaan sisällä maalaamoon, jossa tapahtuu tarvittava käsittely ennen maalausta, ja maalauksen jälkeen.

Auton rakentaminen vaatii robottien lisäksi myös muita laitteita, kuten nostureita, joiden avulla raskaammat osat asennetaan paikoilleen, sekä auton korin siirtämiseen tarkoitettuja järjestelmiä. Tuotanto tarvitsee tuekseen kunnossapito-osaston, jonka tehtävänä on muun muassa huolehtia laitteiden toimivuudesta. Tehdas vaatii myös säännöllisin väliajoin suoritettavat huoltotoimenpiteet, jolloin tuotanto on keskeytettävä. Yleensä yhtiö toteuttaa kesällä muutaman viikon mittaisen tuotantoseisakin, jolloin laitteet huolletaan. Kunnossapitoa ei olla merkattu arvovirtakaavioon, koska sen merkitys materiaalivirrälle ja tälle tutkimukselle on melko vähäinen. Ainakaan diplomityön kirjoittamisen aikana ei ole puhuttu merkittävistä tuotantokatkoksista, jotka olisivat johtuneet tuotantolaitteiston rikkoontumisesta.

Tuotannossa tapahtuu lisäksi laaduntarkkailua. Esimerkiksi maalaamossa värinmuutokset, tai muut virheet tai puutteet maalipinnassa johtavat korjaustoimenpiteisiin. Maalaamon jälkeen kori kuljetetaan kokoonpanolinjaston alkupäähän, jossa autoa lähdetään kokoamaan lisäämällä siihen vaiheittain tarvittavia osia. Tuotanto on jaettu työpisteisiin, joista jokainen on erikoistunut tietyn osan asentamiseen. Koottava auto liikkuu linjastossa pisteeltä toiselle, ja lopputuloksena on valmis tuote. Tutkimus rajoittuu materiaalivirtaan toimittajalta ja yrityksen varaston välillä, joten tuotantoa tai sen mahdollisia kehityskohteita ei tutkita tämän tarkemmin.

Kokoamisen jälkeen jäljellä on vielä valmiin auton laaduntarkastus, joka on erillinen prosessi verrattuna edellä mainittuun tuotannon jatkuvaan laaduntarkkailuun. Lopputarkistus sisältää muun yleisen kunnon, sekä esimerkiksi vesitiiviyyden tarkastuksen. Jokainen auto myös käynnistetään, ja niillä ajetaan lyhyt testikierros, ennen kuin se todetaan myyntikelpoiseksi. Tämän jälkeen tuote on valmis luovutettavaksi asiakkaalle. Pienelle osalle autoista tehdään myös virallinen katsastus, joka sisältää huomattavasti tarkemman tutkimuksen, ja pidemmän testiajon. Laaduntarkkailussa havaitut mahdolliset viat ja kokoonpanovirheet raportoidaan tuotantoon.

4.7 Havaittuja kehityskohteita

Vastaanoton ja kuljetuspuolen työntekijöiden kanssa käytyjen keskustelujen, sekä arvovirtakaavion avulla löydettiin muutamia kehityskohteita, jotka voivat vaikuttaa varaston toiminnan sujuvuuteen sekä materiaalivirtaan. Ongelmana on se, että joitakin ongelmia on hankala korjata, tai se vaatisi niin suuria muutoksia toimintatavoissa, ettei sellaisiin haluta todennäköisesti ryhtyä. Kielteisiä vaikutuksia on haastavaa laskea tai mitata. Kuitenkin on myös pieniä ongelmia, jotka voisivat olla parannettavissa vähäisillä resursseilla.

Vastaanoton työntekijöiden toimittajasuhteisiin liittyvä haaste on se, että jotkut toimittajista pyrkivät lähettämään kuljetuksia kohdeyrityksen tavoitteiden vastaisesti tai vaihtoehtoisesti toimittaja ei kykene pysymään tavoitteissa. Toimittajat voivat olla halukkaita lähettämään tulevaisuudessa tarvittavia osia liian aikaisin, jolloin Oliveiran, et al (2019) suosittama imuohjausajattelu ei toteudu. Osia joudutaan varastoimaan tarpeettoman kauan yrityksen varastossa ennen käyttöönottoa. Myönteinen puoli asiassa on se, että osien saatavuus on ainakin varmistettu pitemmälle tulevaisuuteen, mutta tutkimuksen aloituspalaverissa on tullut ilmi, että varaston kapasiteetti on rajallinen, joten tällainen toiminta toimittajan puolelta ei ole toivottavaa. Toimittajan motiivina voi olla esimerkiksi varastoinnin ulkoistaminen tutkimuksen kohdeyritykselle, sekä pyrkimys saada maksusuoritukset aikaisemmin.

Mikäli osia tulee liikaa, niitä joudutaan varastoimaan väliaikaisille varastointipaikoille, jotka eivät varsinaisesti edes ole varastoja. Ruuhkautunut vastaanotto voi johtaa siihen, että laatikoita joudutaan pinoamaan ulos, jolloin ne ovat vaarassa kastua sateen vuoksi, tai talvella kärsiä vaurioita kylmyyden ja lämpötilan vaihteluiden takia. Toimittajilla voi olla myös toimitusvaikeuksia, eli osia ei saavu riittävästi. Traileri voi joskus sisältää jonkin verran vääriä osia, tai osat on lastattu satunnaisessa järjestyksessä, eikä esimerkiksi tuotantonumeron mukaan nousevasti. Nämä eivät kuitenkaan välttämättä aiheuta samanlaisia kapasiteettiongelmiä vastaanottoon tai varastoon verrattuna liian suuriin toimitusmääriin, mutta toiminnan suunnitteluun ja tehokkuuteen kylläkin. Voi olla, että purkusuunnitelmia joudutaan päivittämään, mikäli lähetykset eivät saavu ajallaan. Yksi keskusteluissa mainittu haaste on piha-alueen päällysteen epätasaisuus, joka lisää vaaratilanteita raskaiden osalaatikoiden siirtämisessä. Tämä lisää tarvetta tehokkaammalle

vastaanoton suunnittelulle, joka pyrkii minimoimaan trukkiliikennettä. Talvikelit ja kylmyys voivat vaurioittaa ulkoilmaan varastoituja osia, mutta piha-alueella oleva jää on vaaratekijä, joka voi pahimmillaan aiheuttaa henkilövahinkoja.

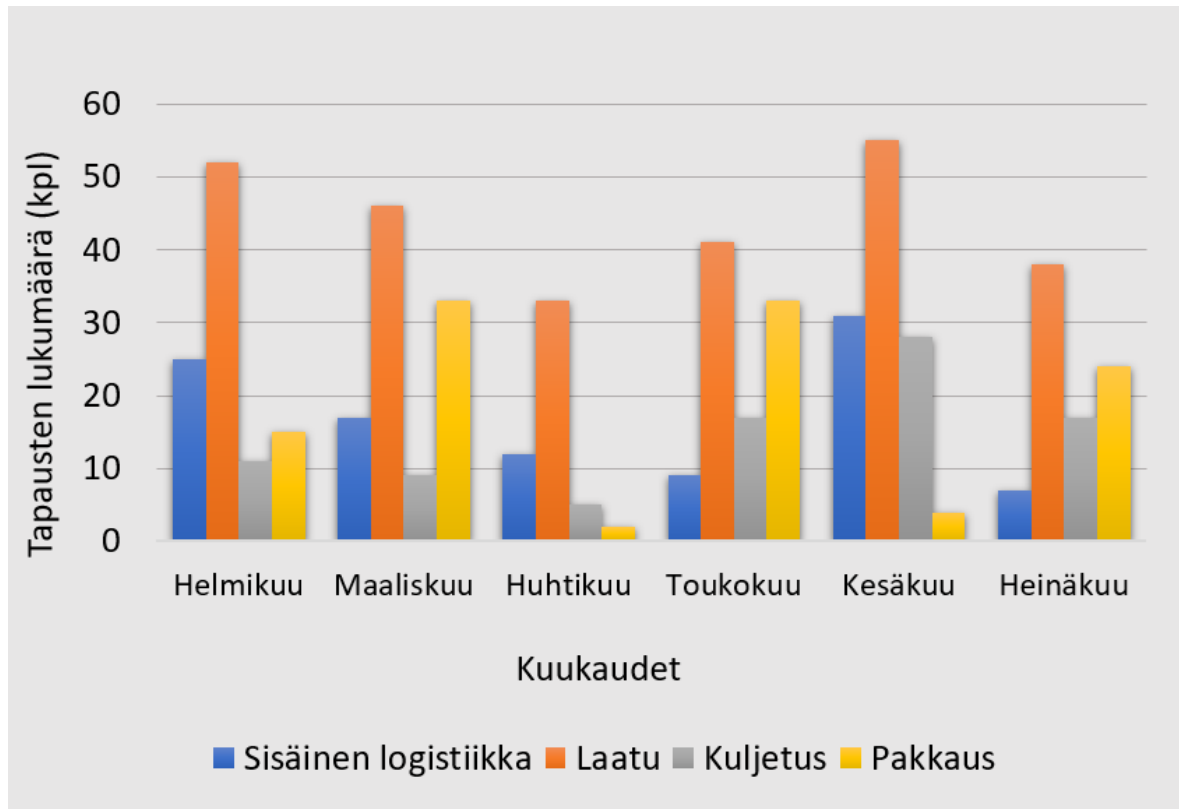
Varaston puolella materiaalivirran sujuvuuteen vaikuttaa kielteisesti suuri työntekijöiden vaihtuvuus ja erityisesti kokemattomat trukkikuljettajat. Mahdolliset vaaratilanteet trukin käsittelyssä voivat johtaa osapakkausten kaatumiseen ja sitä myötä osien vaurioitumiseen. Joissakin halvemmissä JIT-osissa kaatuminen ei välttämättä johda osan hylkäämiseen, mutta erityisesti kalliimmat ja enemmän teknologiaa sisältävät JIS-osat joudutaan usein hylkäämään. JIS-osien korvaustilausprosessi on myös paljon työvoimaa ja resursseja vievä, joten tällaiset tilanteet olisi syytä minimoida. Ongelmaan on kuitenkin mahdollista vastata jatkuvalla työkäytäntöjen kehittämällä sekä henkilökunnan koulutuksella. Kuva 14 listaa muutamia huomioita, joita kohdeyrityksen materiaalivirran ja yleisemmin yrityksen prosessien selvityksessä havaittiin. Kuvassa hyödynnetään Hinesin ja Richin (1997) jaottelua, jonka mukaan prosessit voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan (kuva 4).

Arvoa tuottamaton	Arvoa tuottamaton mutta välttämätön	Arvoa tuottava
<ul style="list-style-type: none"> - Trailereiden sisällön tarkastaminen toimittajan virheen vuoksi - Osien rikkoutumiset väärän varastoinnin tai työvirheiden vuoksi - Puutteellinen tiedonkulku - Ylimääräiset tavaran siirtelyt varastossa 	<ul style="list-style-type: none"> - Osien kuljetukset toimittajalta varastoon - Osien keräily telineisiin ja vaunuihin - Sisälogistiikan kuljetukset - Laaduntarkkailu ja lopputarkastus - Laitteiden kunnossapito 	<ul style="list-style-type: none"> - Korin hitsaus - Korin maalaus - Tuotantolinjaston asennusprosessit - Laajempi lopputarkastus (katsastus)

Kuva 14, Materiaalivirran prosesseja kohdeyrityksessä

Koska JIS-osat on tilattava uudestaan mahdollisten vaurioiden tai laatuvirheiden vuoksi, yrityksessä on korvaustilausprosessille melko kattava dokumentointi, ja yhtä yksityiskohtaista tietoa JIT-osista ei ole helposti saatavilla. Vaikka JIS-osien materiaalivirta ei ole tämän tutkimuksen tärkein osa-alue, molemmat osatyypit käsitellään kuitenkin samassa vastaanotossa, sekä varastossa, ja lisäksi kuljetusliikkeet ovat samat JIT-, ja JIS-

osissa. Tämän takia yrityksen JIS-osista kerätty tieto voi auttaa arvioimaan myös JIT-osien tilannetta.



Kuva 15, JIS-osien korvaustilausten luokittelu

Kuva 15 esittelee JIS-osien korvaustilausten määrät puolen vuoden ajalta. Tiedot on koottu yrityksen järjestelmästä. Vuoden 2021 helmikuuta vanhempaa tietoa ei ole saatavilla, koska yrityksessä vaihdettiin tietojärjestelmä, ja vanhoja korvaustilaukset ei tältä osin siirretty uusiin järjestelmiin. Kuvassa 15 on vuoden 2021 helmikuun ja heinäkuun väliset korvaustilaukset. Kuvassa korvaustilaukset on jaoteltu syyn mukaisesti, eli palkin väri kertoo sen, missä prosessin vaiheessa osa on vioittunut. JIT-osien kannalta laatu-, tai pakkausvirheiden määrä ei ole kovin kiinnostava. Tämä virhe johtuu toimittajasta, ja JIS-, ja JIT-osilla on eri toimittajat. Sen sijaan sisäinen logistiikka, ja kuljetus huolehtii myös JIT-osista.

Kuvasta huomataan, että sisäinen logistiikka ja kuljetus aiheuttavat säännöllisesti osien rikkoutumisia (kuva 15). Yrityksessä oli huhtikuussa 2021 muutaman viikon tuotantokatkos huonon osatilanteen takia, joten se selittää kyseisen ajanjakson pieniä korvaustilausten määriä. Tietoja voivat myös vääristää mahdolliset kesälomat, ja niiden myötä viivästynyt raportointi. Tämän osion johtopäätös kuitenkin on, että yrityksen varastointi, kuljetus, sekä vastaanotto aiheuttaa jossain määrin materiaalin hukkaa, ja sen myötä ongelmia materiaalivirtaan.

5 VARASTON NYKYTILA

Seuraavissa kappaleissa tutkitaan varaston nykytilaa, ja materiaalivirtaa viimeisen vuoden ajalta. Tuloksia käytetään myöhemmin kvalitatiivisen tutkimuksen tukena. Työssä hyödynnetään yrityksen toiminnanohjausjärjestelmiä, ja niistä saatavaa numeerista aineistoa, joka sisältää esimerkiksi varaston osakohtaisia tietoja, tunnuslukuja, ja käytössä olevia varaston ohjausparametreja. Varaston nykytila-analyysi pohjautuu kappaleessa 3 esiteltyyn teoria-aineistoon ja sen soveltamiseen. Varaston aineistoa rajataan aiemmin määritellyllä tavalla, eli tutkimuksen kohteena on JIT-osien varasto, pois lukien osanimikkeet, joiden tilausprosessi poikkeaa tavanomaisesta (luku 4.3).

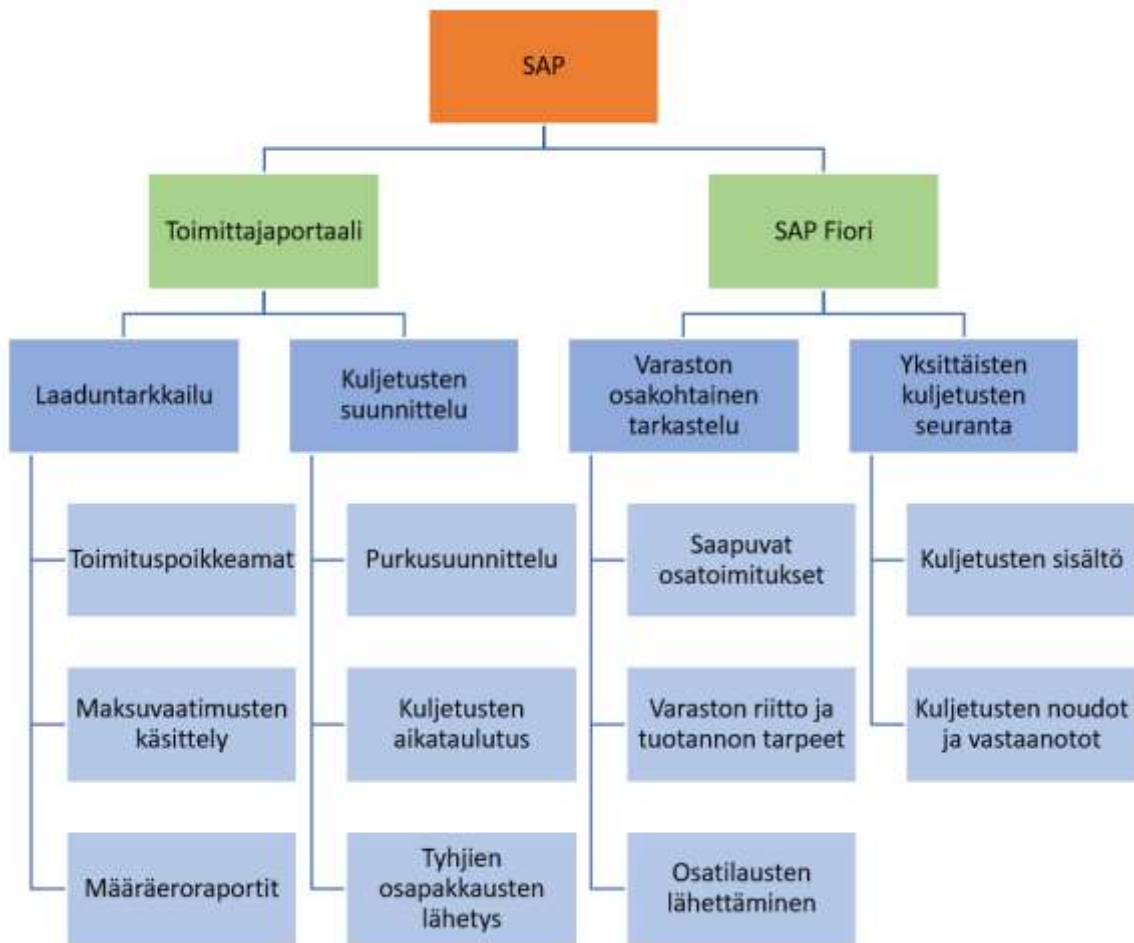
Aineisto siis sisältää ainoastaan kappalemäärissä laskettavat osat. Muun muassa litroissa ja kiloissa ilmoitettavat materiaalit eivät sisälly tutkimukseen. Tällaisia voivat olla maalit, puhdistusaineet ja muut nesteet. Varaston nykytila-analyysi alkaa yrityksen käyttämien tietokonejärjestelmien lyhyellä esittelyllä, jonka jälkeen JIT-osille tehdään ABC-XYZ-analyysi. Lopuksi rajattua JIT-osien varastoa analysoidaan kappaleessa 3 esitetyillä ohjausparametreilla, ja suorituskyvyn mittareilla.

5.1 Yrityksen käyttämät järjestelmät

Tärkeimpänä tutkimusmateriaalin lähteenä ovat yrityksen käyttämät tietokoneohjelmistot, jotka hallinnoivat materiaalivirran kulkua, ja tallentavat historiatietoja. Yrityksessä on useita järjestelmiä, jotka jakavat tietoa keskenään ja joiden avulla eri osastojen henkilöstö kykenee kommunikoimaan sekä sisäisesti, että ulkoisille sidosryhmille. Yrityksen ERP-ohjelmiston toimittaja on saksalainen SAP SE, jonka tarjoama toiminnanohjausjärjestelmä tarjoaa monipuolisen työkalun liiketoiminnan eri osa-alueiden hallinnalle. Ohjelmistoon voi tutustua tarkemmin lähdeluettelossa olevan verkkosivun kautta (SAP, 2021.) SAP voi huolehtia esimerkiksi taloushallinnosta, kirjanpitoon ja tilinpäätökseen liittyvistä asioista, sekä hankintaketjuista. Lisäksi sen avulla voi suunnitella materiaalivirtaa sekä tuotantoa.

Yrityksen käytössä on lisäksi SAP Fiori, mikä on erillinen SAP:n tarjoama sovellus (SAP, 2021). SAP Fiori on suunniteltu erityisesti suuryritysten tarpeisiin, ja se saa tietonsa varsinaisesta SAP-ohjelmistosta. SAP Fiori sisältää käyttäjäystävällisen käyttöliittymän ja useita erilaisia sovelluksia. Sovellukset mahdollistavat yksityiskohtaisen materiaalivirran tarkastelun, ja erilaisten työsuoritusten tekemisen, kuten osien tilaamisen ja kuljetusaikojen, sekä vastaanotettujen trailerien sisällön kirjaamisen ja tarkastuksen. Yritys käyttää SAP Fioria muun muassa JIT-osien tilausten lähettämiseen toimittajille, ja yksittäisten osien tarve-ennusteiden, varaston riiton, sekä kuljetusaikataulujen tarkastamiseen. Se on tarkoitettu operatiiviseen materiaalivirran hallintaan ja yksittäisten osien tarkasteluun, eikä sieltä ole saatavilla varaston laajempaan analysointiin soveltuvia historiatietoja, jotka sisältäisivät varaston ohjausparametrejä tai tunnuslukuja pitemmältä aikaväliltä. ABC-XYZ-analyysiin tarvittavat tiedot on siis haettava muualta.

Yrityksellä on myös erikseen ohjelmisto, jota kutsutaan toimittajaportaaliiksi. Se toimii alustana yrityksen, toimittajien, ja kuljetusliikkeiden välisessä kommunikoinnissa. Toimittajaportaali mahdollistaa esimerkiksi kuljetusten aikataulutuksen, määräraeraporttien, purkusuunnitelmien, sekä toimittajan tai kuljetusliikkeen virheistä johtuvien maksuvaatimusten lähettämisen ja käsittelyn. Toimittajat saattavat muun muassa lähettää virheellisiä määriä osia, joista aiheutuu yritykselle kustannuksia ja tieto tällaisista tapauksista kulkeutuu toimittajaportaalin kautta. Toimittajilla on pääsy kyseiseen portaaliin, ja he voivat esimerkiksi hyväksyä tai hylätä maksuvaatimuksia.



Kuva 16, Materiaalihallinnan ohjelmistot ja informaation kulku

Kuvassa on kaavio yrityksen informaation kulusta, ja materiaalivirran operatiivisesta hallinnoinnista (kuva 16). Toimittajaportaalin ja SAP Fiorin keskeinen ero on se, että toimittajilla sekä kuljetusliikkeillä on rajoitettu pääsy toimittajaportaaliin, ja yritysten välinen tiedonkulku tapahtuu pääosin sen kautta perinteisten viestintäkeinojen, kuten puhelimen ja sähköpostin lisäksi. SAP Fioria puolestaan käyttävät vain yrityksen työntekijät. Toinen ohjelmistojen välinen ero on se, että toimittajaportaali on ensisijaisesti yrityksen kuljetusosaston tarpeisiin tarkoitettu työkalu, ja SAP Fiori palvelee materiaalisuunnittelua.

SAP Fiorin kautta voidaan tarkastella yksittäisten trailereiden tilannetta, ja vastaanoton jälkeen nähdä mitä ne sisältävät. Sinne myös raportoidaan trailereiden noudot ja vastaanotot. Ohjelmiston kautta voi hakea yksittäisiä osia, nähdä niiden tulevaisuuden ennusteiden mukaiset tarpeet päiväkohtaisesti, simuloida osan tämänhetkisen varaston riittoa, ja lähettää uusien JIT-osien ennusteet toimittajille. Sekä toimittajaportaali, että Fiori jakavat tietoa

varsinaisen SAP:n ERP-ohjelmiston kanssa, joka sisältää muun muassa taloushallinnon tietoja, sekä muiden liiketoiminnan osa-alueiden työkaluja, joita Fiorista ei ole saatavilla.

Näiden lisäksi käytössä on erillinen yksityiskohtaiseen osien analysointiin käytetty ohjelmisto, josta käytetään nimitystä Power Bi. Ohjelmisto on mainittu aikaisemmin johdannossa, tutkimuksen menetelmistä kertovassa luvussa 1.3. Power Bi on välttämätön tutkimuksen toteutuksessa, koska sieltä voidaan hakea ajan tasalla oleva lista yrityksen aktiivisista JIT-osista. Power Bi antaa osittain samaa tietoa kuin SAP, mutta saatavilla on ainoastaan tämänhetkinen varaston tilanne, eli sieltä ei löydy historiatietoja varaston käyttäytymisestä. Aktiivisten osien lisäksi Power Bi mahdollistaa JIT-osien varmuusvarastojen, tilauseräkokojen, ja muiden yksityiskohtaisten tietojen laajan listauksen. Näitä tietoja käytetään tutkimuksessa numeerisen aineiston laskemisessa, sekä ne mahdollistavat varaston analysoinnin luvun 3 laskukaavojen avulla.

5.2 Yleiskuva varaston tilanteesta

Liite 1 esittelee kuvaajan varaston arvosta reilun vuoden ajalta. Liite sisältää varaston arvot heinäkuusta 2020 elokuuhun 2021. Se ei ota kantaa yksittäisiin osiin, eikä erottele JIT- tai JIS-osia. Liite 1 erottelee kuitenkin matkalla, ja fyysisesti yrityksen varastossa olevat osat. Tummanpunainen viiva tarkoittaa kaikkia yrityksen omistamia osia, eli se mukailee kahta muuta kuvaajaa. ABC-XYZ-analyysin tarkasteluväliksi otetaan varaston arvot vuoden 2020 heinäkuusta vuoden 2021 kesäkuuhun, joten kuvaaja esittää kyseisen aikavälin varaston muutokset visuaalisessa muodossa (liite 1).

Kuvaajan mukaan varaston arvo on viimeisen vuoden aikana pysynyt enimmäkseen hyvin samankaltaisena, ja varaston arvon kehitys on ollut tasaista (liite 1). Jos kuljetuksessa olevia osia ei oteta huomioon, yrityksen varastossa on ollut vuoden aikana keskimäärin noin 40 miljoonan euron edestä osia. Vuoden 2021 alussa varasto on lähtenyt hieman kasvamaan, joka saattaa johtua esimerkiksi tuotannon lisäämisestä, ja se on osaltaan asettanut haasteita varaston kapasiteetin riittävyydelle. Varaston kapasiteettiongelmiin voitaisiin vastata lisävaraston rakentamisella, mutta mikäli nykyisessä varastossa on huonosti kiertäviä osia, se ei kuitenkaan ratkaisi näiden osien ongelmaa. Lisäksi kuvaaja kertoo, että varaston arvo

on toukokuussa kasvanut, ja jäänyt vuoden 2021 toukokuun, ja heinäkuun väliselle ajalle yhtäjaksoisesti lähes 100 miljoonaan euroon.

Kuvaajassa näkyy useita ajanjaksoja, jolloin varaston arvo on pudonnut merkittävästi (liite 1). Hetkellisesti varaston arvo on pudonnut vuoden 2020 elokuussa, mutta pitempiä pudotuksia näkyy tammikuussa 2021, sekä heinäkuussa 2021. Yrityksessä on yleensä kesän aikana noin kuukauden pituinen tuotantokatkos, jonka aikana muun muassa pidetään kesälomia, sekä suoritetaan tuotantolaitteistolle vuosihuolto. Ajanjakson aikana olleen koronapandemian vuoksi autojen kysyntä, sekä osien saatavuus on koettu ajoittain epävarmaksi, ja tästä johtuen tuotannon katkoksia on ollut myös näistä syistä. Vuoden 2020 elokuun pudotus on melko lyhyt, koska koronapandemian vuoksi yrityksessä oli keväällä 2020 tuotantokatkos, joka ei kuitenkaan kuvaajassa näy. Tämän vuoksi vuoden 2020 kesällä tuotanto ei pysähtynyt yhtä pitkäksi aikaa kuin tavallisesti. Koronapandemian aiheuttamasta epävarmuudesta autoteollisuudelle on kirjoitettu myös mediassa (BBC, 2021)

Heinäkuussa 2021, eli tämän diplomityön kirjoittamisen aikaan, tuotantokatkos oli noin kuukauden mittainen, joka vielä piteni yhdellä viikolla osien toimitusvaikeuksien takia. Tästä syystä ABC-XYZ-analyysin tarkasteluväli on rajattu kesäkuuhun 2021. Vaikka tuotantokatkos kuuluu yrityksen normaaliin toimintaan, se kuitenkin vaikuttaa varaston kiertonopeuksiin, koska varastoa ei kulu ollenkaan, eikä sitä myöskään täydennetä. Tammikuun 2021 tuotantokatkos on kuitenkin lyhyempi ja keskellä tarkasteluväliä, joten kyseinen kuukausi on sisällytetty analyysiin. Huhtikuun 2021 poikkeama kuvaajassa johtuu myös osapuutteista, jolloin tuotanto pysäytettiin muutamaksi viikoksi. Kuvaaja tekee jatkuvasti pientä poikittaisliikettä noin viikon mittaisella syklillä, ja tämä johtuu todennäköisesti viikonlopuista, jolloin trailereita ei pureta yhtä paljon, kuin arkipäivinä, eivätkä myöskään tuotantomäärät ole yhtä suuret.

Liite 2 esittelee kuvaajan, joka erottelee JIT- ja JIS-osien varastojen määrät samalla aikavälillä. Kuvaaja näyttää ainoastaan varastossa olevat osat, eli kuljetuksessa olevat osat on jätetty pois. JIT- ja JIS-osien yhteenlaskettu arvo mukaillee aikaisemmassa kuvaajassa esitettyjä varaston arvoja. Lisäksi havaitaan, että JIT-osien varaston arvo on jatkuvasti noin kymmenkertainen JIS-osiin verrattuna. Kuvaaja todistaa oikeaksi tutkimuksen alussa tehdyn

arvion, että materiaalivirran tutkimuksessa kannattaa keskittyä JIT-osien tilanteeseen, koska ne sitovat pääomaa merkittävästi enemmän.

JIS-osanimikkeitä on hyvin pieni määrä verrattuna JIT-osiin, joka myös osaltaan kuvastaa sitä, että JIS-osien merkitys materiaalivirran sujuvuuteen on hyvin pieni. JIS-osien korvaustilauksmäärät ovat myös pieniä, noin sata tapausta kuukaudessa, kuukaudesta riippuen (kuva 15). Kun ottaa huomioon, että yritys valmistaa päivittäin useita satoja henkilöautoja, kyseisten tilausten kustannukset jäävät kokonaisuuden kannalta hyvin vähäisiksi. JIS-osien määrä ei tuotantoseisakkien aikana laske kovinkaan paljon, ja johtopäätöksenä on, että niitä ei tuotannon aikanaan juurikaan pidetä varastossa (liite 2).

5.3 ABC-XYZ-analyysi

Luvun 1.2 tavoitteiden, ja myös diplomityön nimen mukaisesti tavoitteena on analysoida yrityksen materiaalivirtaa rajausten mukaisesti. ABC-XYZ-analyysillä halutaan selvittää, millaiset varastotasot ovat lähihistoriassa olleet, ja miten tehokkaasti ne ovat liikkuneet. ABC-analyysissä tutkitaan teoriaosuudessa esitellyn taulukon tavoin osanimikkeiden yksilöllisiä varaston arvoja (taulukko 1), ja XYZ-analyysillä varaston kiertonopeutta. Varaston arvo on myös Nallusamyn, et al (2017) artikkelissa ABC-analyysin tutkimuksen kohteena, ja he kokevat varaston arvon keskeiseksi tutkimuskohteeksi. Analyysi olisi ollut myös mahdollista tehdä nimikkeiden kappalemäärien mukaisesti, mutta koska osien hinnat, ja fyysiset ominaisuudet eroavat paljon, on järkevämpää tutkia varaston euromääräisiä arvoja, jolloin saadaan tietää, minkä verran osat sitovat yrityksen rahallista pääomaa. Analyysi ei siis ota kantaa siihen, minkä verran osat vievät fyysisesti tilaa varastossa.

ABC-XYZ-analyysin tietojen hankinta

ABC-XYZ-analyysissä on mukana koko yrityksen JIT-varasto, johon sisältyy yhteensä 5694 erilaista osanimikettä. Näihin osiin sisältyy kuitenkin myös kemikaalit, ja muut osanimikkeet, jotka yritys haluaa rajata tutkimusten ulkopuolelle. Kuten aikaisemmin on mainittu, osille on yhteistä se, että niille ei ole määritetty perinteisiä varastonohjausparametrejä, kuten tilauseräkokoja, koska näiden osien tilausmenetelmä on erilainen, eikä niitä tilata samalla tavoin järjestelmän kautta (luku 1.2). Tämä tarkoittaa sitä,

että vaikka osat olisivatkin aktiivisessa käytössä, ne voidaan tunnistaa ABC-XYZ-analyysin aineistosta Power Bi-työkalun avulla (luku 5.1). Jatkotutkimuksissa nämä osat on poistettu aineistosta tällä menetelmällä.

Osat haluttiin sisällyttää ABC-XYZ-analyysiin muun muassa siitä syystä, että aineistoa voitaisiin tarvittaessa käyttää tulevaisuudessa koko JIT-varaston tutkimukseen. Yrityksen kanssa pidetyissä palavereissa on tullut ilmi, että erityisesti urheiluautojen kattojen valmistukseen käytettäviä JIT-osia, ja niiden tunnuslukuja olisi tarpeen tutkia. Vaikka tähän liiketoiminnan osa-alueeseen sisältyvät osat eivät kuulu tähän diplomityöhön, on ABC-XYZ-analyysia mahdollista käyttää tähän tarkoitukseen tulevaisuudessa. Pois rajattuun osaryhmään kuuluu 305 nimikettä, ja ne jakautuvat melko tasaisesti osaluokittain. Liite 3 esittelee ABC-XYZ-analyysin, josta on rajattu pois edellä mainitut 305 osanimikettä.

Vaikka jotain kallista osaa olisi suuriakin määriä varastossa, se ei kuitenkaan välttämättä ole ongelma, jos osa siirtyy nopeasti tuotantoon, ja päätyy sitä kautta myytäväksi. Tilanne on kuitenkin erilainen, jos yrityksen varastossa on osia, joiden kokonaisarvo on keskimääräistä suurempi ja niiden varaston kiertonopeus on poikkeuksellisen pieni, esimerkiksi alle yksi kuukautta kohti (kaava 7). Tällaiset osat sitovat yrityksen varallisuutta tarpeettoman pitkäksi aikaa. Nasution (2020) kertoo intialaisen autoteollisuuden tutkimuksessaan, että korkea varaston kiertonopeus vaikuttaa suoraan yrityksen liikevaihtoon. Tämä puolestaan johtuu siitä, että varasto saadaan nopeammin jalostettua tuotteeksi, ja sitä myöten liikevaihdoksi. Hitaan kiertonopeuden riskejä voivat olla esimerkiksi asiakkaan osatarpeen muuttuminen, mahdollisten osatoimittajien hinnanalennusten menettäminen, jos varastot ovat jatkuvasti liian suuret. Kyseiseen artikkeliin, ja tutkimuksen tavoitteisiin perustuen XYZ-analyysin kriteeriksi valitaan varaston kiertonopeus.

Kun nämä kaksi kriteeriä yhdistetään ABC-XYZ-analyysiksi, saadaan tietoa, miten suuren arvon omaavat osat kiertävät varastossa, mutta myös siitä, minkä verran yrityksessä on osanimikkeitä, joiden arvo on hyvin pieni. Jos jotain tiettyä osanimikettä on varastossa ainoastaan muutamien eurojen arvosta, ja sen lisäksi sen kiertonopeus on pieni tai jopa nolla, osaa voidaan tutkia tarkemmin. Tilanteeseen voi olla syynä se, että osa on unohtunut varastoon, ja erityisesti autotehtaassa tällainen on mahdollista, koska automallit, ja niiden osat muuttuvat jatkuvasti. Vanhan automallin osaa ei voi enää asentaa uuteen autoon, vaan

osien on vastattava tarkalleen autotilauksen mukaista osaluetteloa (kuva 6). Tällaiset vanhat osat voivat helposti unohtua varastoon, jos varastolle ei tehdä säännöllisesti tutkimusta, tai yrityksellä ei ole erikseen käytäntöjä vanhojen osien etsimiseen.

Diplomityössä ABC-XYZ-analyysin tavoitteena on auttaa selvittämään, ilmeneekö yrityksen varastossa edellä mainittuja ongelmia. Tärkein tavoite oli kuitenkin tutkia, millä osilla on poikkeuksellisen suuret varaston arvot, ja jotka lisäksi kiertävät hitaasti (luku 1.2). Analyysiin tarvittava aineisto saadaan yrityksen SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä. SAP sisältää toiminnon, joka mahdollistaa varaston tietojen tulostamisen Excel-taulukon muodossa. Toiminto laskee varastolle osanimikekohtaisesti useita tunnuslukuja olemassa olevista tiedoista, joten osien kiertonopeuksia ei tarvitse laskea erikseen, vaan ne saa suoraan järjestelmästä. Järjestelmä ei kuitenkaan luokittele niitä mitenkään, joten saatujen tulosten tulkittamiseen tarvitaan lisätutkimusta. SAP on laskenut varaston kiertonopeudet alla olevien kaavojen mukaan (kaava 10, kaava 11). SAP-järjestelmän ilmoittama varaston kiertonopeuden kaava on samanlainen, jonka Madhusudhana & Prahlada, (2009) esittävät tutkimuksessaan.

$$ITO_{SAP} = \frac{D (kk)}{I (kk)} \quad (10)$$

SAP laskee keskimääräisen varastotason hieman eri tavoin, kuin Hopp (2003) esittää (kaava 5). Hoppin (2003) mukaan keskivaraston laskemiseen olisi tiedettävä kiertovarasto, sekä varmuusvarasto. SAP-järjestelmästä saatu analyysi antaa kuitenkin kaikkien osanimikkeiden varmuusvarastoksi nolla euroa, eli SAP ei ole tietoinen osakohtaisista varmuusvarastoista tai ainakaan järjestelmä ei ole niitä laskenut. Tutkimusta varten käytyjen keskusteluiden perusteella yrityksen käyttämät varmuusvarastot eivät perustu mihinkään tiettyyn laskukaavaan, tai tunnuslukuihin, vaan materiaalisuunnittelijat määrittelevät varmuusvarastot oman kokemuksensa pohjalta, eli niitä ei ole laskettu nimikekohtaisesti tavoitepalveluaste, keskihajonta, ja kuljetusaika huomioiden (kaava 4). Varmuusvarasto määritetään kysynnän mukaan, eli yhden päivän varmuusvarasto tarkoittaa sitä osamäärää, joka tarvitaan keskimäärin yhden päivän aikana. Haastatteluissa ei kuitenkaan tullut ilmi se, miltä aikaväliltä kysynnän keskiarvoa mitataan.

Varmuusvarastojen määrittystapa voi johtua esimerkiksi siitä, että osien osakohtaisia kuljetusaikoja ei ole saatavilla ABC-XYZ-analyysissä käytetystä SAP-toiminnosta, vaan ne löytyvät toisesta SAP-transaktiosta toimittajakohtaisesti. Osakohtaiset kuljetusajat olisi siis lisättävä laskuihin manuaalisesti. Lisäksi uusia osia tulee jatkuvasti, joten näiden osien keskihajontaa, tai keskimääräistä kysyntää ei voida määrittää (kaava 4). On tietenkin mahdollista etsiä varastosta ominaisuuksiltaan mahdollisimman samankaltainen osa, ja kopioida sen kysyntä uuden osan laskukaavaan, mutta kuitenkin näin ei järjestelmällisesti tehdä.

$$I_{SAP} = \frac{I_0 + n I_1}{n + 1} \quad (11)$$

Usein käytäntönä on ollut, että uuden osan varmuusvarasto on kopioitu kyseisen toimittajan muiden, jo yrityksen käytössä olevien osien tiedoista. Tämä on toimiva ratkaisu, jos jokainen toimittaja on erikoistunut samantapaisiin osiin. Osakohtaisen kuljetusajan puutteellinen dokumentointi kuitenkin vaikeuttaa varmuusvaraston kaavan käyttämistä (kaava 4). SAP laskee keskimääräisen varastotason yllä olevalla kaavalla (kaava 11). Laskukaavassa lasketaan yhteen varaston alku-, sekä lopputilanne. Luku I_0 tarkoittaa varastotasoa tutkittavan ajankohdan alussa, ja luku I_1 lopussa. Yhden kuukauden varastoa laskiessa luku n saa arvon yksi.

ABC-XYZ-analyysin kokoaminen ja tulkinta

Taulukko 3 esittelee ABC-XYZ-analyysin tulokset, joissa on mukana yrityksen kaikki JIT-osat. Yrityksen varastossa oli vuoden 2021 kesäkuussa 5694 JIT-osanimikettä, joten mikäli tutkimuksen aikavälin alkupuolella varastossa on ollut joitakin, sittemmin varaston saldoilta poistuneita osia, niitä ei otettu analyysiin mukaan. Jo poistuneet osat eivät ole tutkimuksen kannalta mielenkiintoisia, koska ne eivät enää kuluta varaston kapasiteettia. Sekä varaston arvon, että kiertonopeuden tutkimisessa käytettiin kahdentoista kuukauden keskiarvoja. Tämä aikaväli arvioitiin diplomityön aloituspalaverissa riittävän pitkäksi, jotta tulokset olisivat luotettavia. Jotkut osat voivat olla uudempia, eli ne eivät ole olleet vielä käytössä

kokonaista vuotta. Tämä on otettava huomioon jatkotutkimuksissa, mikäli osan luokitus vaikuttaa olevan väärä.

Taulukko 3, ABC-XYZ-analyysin tulos

ABC-XYZ-analyysi Nimikkeitä yhteensä = 5694 kpl		Varaston arvo (€) kumulatiivinen		
		A = 75 %	B = 15 %	C = 10 %
Varaston kiertonopeus kuukaudessa	X: Yli 3	443 kpl	478 kpl	703
	Y: 3 – 1	360 kpl	526 kpl	1949
	Z: Alle 1	57 kpl	116 kpl	1062

Sekä varaston arvossa, että kiertonopeudessa nimikkeet asetettiin järjestyksessä suurimmasta pienimpään, eli A-kategoria muodostuu kaikista suurimman varaston arvon sitovista osista, X-kategoria tehokkaimmin kiertävistä osista, ja niin edelleen. Varaston arvon jakautuminen mukailee Nallusamyn et al (2017) tutkimusta autoteollisuuden tyypillisestä varastosta (taulukko 1), jonka mukaan C-ryhmä kattaa suurimman osan nimikkeistä, ja A-ryhmä pienimmän. Myös muilta osin taulukko 3 näyttää melko realistiselta, eikä siinä ole selkeitä ristiriitoja tai kysymyksiä aiheuttavia lukuarvoja. Voidaan siis tehdä johtopäätös, että yrityksen SAP-järjestelmän tiedot pitävät riittävän hyvin paikkansa, jotta jatkotutkimukset ovat uskottavia.

Suurissa tietomäärissä voi aina olla jotain virheitä, ja jotkin yksittäiset osatiedot ovat voineet jäädä kirjaamatta järjestelmään. Pelkkä ABC-analyysi, joka mittaa ainoastaan varaston arvoa, ei vielä anna kovin tarkkaa tietoa materiaalivirran tehokkuudesta. ABC-XYZ-analyysin avulla voidaan nähdä, että parhaiten imuohjaus toteutuu X-ryhmän osilla, ja huonoiten Z-ryhmällä (Oliveira et al, 2019). Erityisen haastavia ovat AZ-osat, ja tämä ryhmä valitaan kvalitatiivisen tutkimuksen kohteeksi. AZ-osia käsitellään tarkemmin luvuissa 6 ja 7. Perusteluna tälle on se, että korkea varaston arvo ja hidas kiertonopeus ovat huono yhdistelmä. AZ-osien ryhmä kuluttaa varaston kapasiteettia ja sitoo pääomaa

poikkeuksellisen paljon, joten materiaalivirta ei ole tehokasta. Myös BZ- ja CZ-luokka kuluttavat samalla tavoin varaston kapasiteettia kiertämällä hitaasti. Vaikka niiden rahallinen arvo onkin pienempi, ne vievät silti jonkin verran varastopaikkoja. Näiden osanimikkeiden määrä on kuitenkin liian suuri, joten niitä ei ole mahdollista tutkia osakohtaisesti tässä diplomityössä (taulukko 3).

Vaikka A-kategorian osien yhteenlaskettu arvo on reilusti yli puolet varaston kokonaisarvosta, kategoriaan kuuluu ainoastaan 15,1 % kaikista osanimikkeistä (taulukko 4). Tämä vahvistaa olettamusta, että auton rakentamisessa muutamat kalliit, kuten esimerkiksi paljon teknologiaa sisältävät osat, käsittävät suurimman osan auton arvosta. Esimerkkejä A-kategorian osista ovat auton akut ja akun toimintaan liittyvät osat, pakosarjat, tuulilasin pyyhkijän moottorit, sekä renkaat. Vaikuttaa siis siltä, että näitä osia yhdistää se, että ne joko ovat hyvin keskeisiä auton toiminnan kannalta, tai ne sisältävät paljon tekniikkaa. Kyseisten osien korkea varaston arvo ei tarkoita väistämättä sitä, että niiden kierrossa olisi jotain ongelmaa. Se voi olla välttämätön seuraus, jos yksittäisen osan arvo on poikkeuksellisen suuri, ja niitä tarvitaan useimmissa autoissa.

Taulukko 4, ABC-analyysin tulos

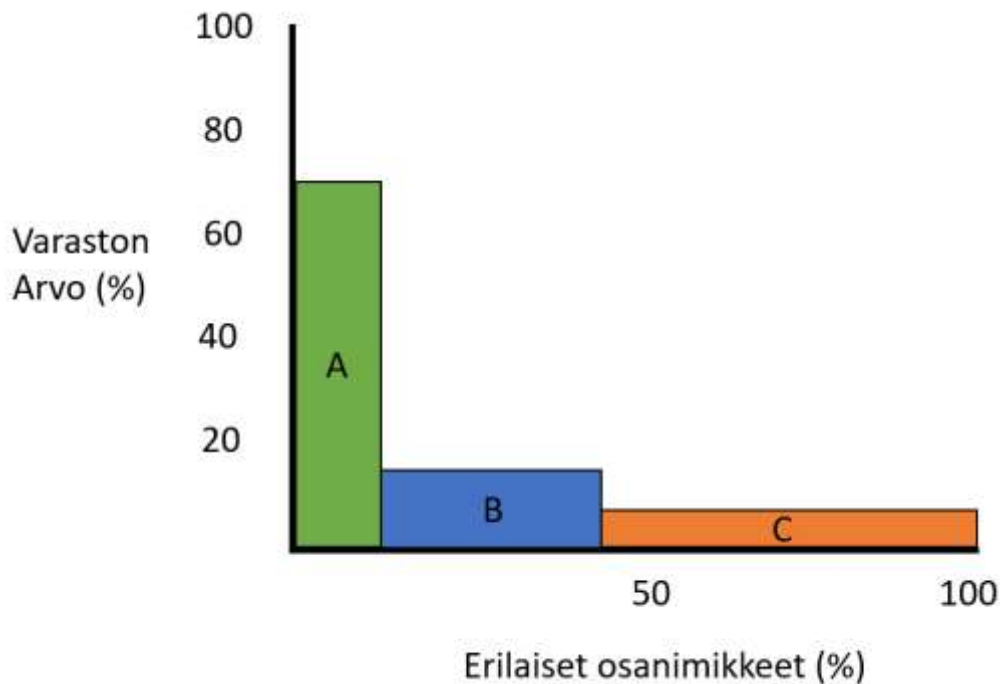
ABC-analyysi		
Kategoria	%-osuus 5694 osanimikkeistä	%-osuus varaston kokonaisarvosta
A	860/5694 = 15 %	75 %
B	1120/5694 = 20 %	15 %
C	3714/5694 = 65 %	10 %

B-ryhmä sisältää osia, joiden varaston arvo on selkeästi pienempi kuin A-ryhmän osilla. B-ryhmä sisältää osanimikkeitä lähes yhtä paljon kuin A-ryhmä, mutta niiden osuus varaston kokonaisarvosta on vain 15 %, joka on huomattavasti vähemmän kuin 75 %. Mikäli A-ryhmä käsittää erityisen kalliit osat, voidaan B-ryhmän olettaa sisältävän hieman halvempia osia, jotka kuitenkin joudutaan varastoimaan hyllyihin. ABC-analyysin mukaan tällaisia osia ovat esimerkiksi auton valaisimet, suojakotelot, jotkut verhoiluosat, sekä suuttimet. Lisäksi monet kaapelit ja letkut, esimerkiksi jarruletku, ovat B-kategorian osia. Pienellä tarkastelulla vaikuttaisikin siltä, että B-kategoria sisältää hieman pienempiä, ja yksinkertaisempia osia.

Yksi havainto on se, että tyypillistä B-ryhmän osaa tarvitaan usein suurempi määrä yhtä autoa kohti, kuin A-ryhmän osaa. Moottoreita tai akkuja tarvitaan yksi jokaiseen autoon, mutta erilaisille nesteille tarkoitettuja letkuja on lukematon määrä.

Vaikka C-kategoria käsittää ainoastaan kymmenesosan varaston arvosta, tähän ryhmään kuuluvien erilaisten osanimikkeiden määrä on kuitenkin ylivoimaisesti suurin. C-kategoriaan kuuluu paljon erilaisia muttereita, pieniä muoviosia, ja tarroja. Vaikuttaakin siltä, että monien C-kategorian osien varastointipaikka on Mini-Load (Tang et al. 2008). Lisäksi näitä kahta pienempää osakategoriaa tutkiessa huomio kiinnittyi siihen, että osakategoriaa ei määritä ainoastaan yksittäisen osan hinta, vaan sekä B-, että C-kategorioissa on esimerkiksi suuttimia. Tämä havainto selittyy todennäköisesti sillä, että joitakin yleisimpiä suuttimia tarvitaan hyvinkin suuria määriä, jolloin osakohtainen suurempi kokonaisvarasto nostaa sen B-kategoriaan.

Harvinaisemmalle suuttimelle saattaa riittää pienempikin varasto, jolloin se on C-kategorian osa. ABC-luokitus siis muodostuu sekä osan volyymista, ja hinnasta. Nämä kaksi asiaa yhdessä määrittävät, miten merkityksellinen osa on varaston arvolle. Varaston arvon, ja osanimikkeiden lukumäärän prosentuaalisia määriä esitellään kuvassa 17. Vastaavanlainen analyysi on Kubasakovan et al (2015) tutkimuksessa, jossa osaluokkien varastojen arvojen suhde erilaisten osanimikkeiden määrään on samankaltainen. Kohdeyrityksen varasto siis vertautuu melko hyvin aikaisempaan akatemiseen tutkimukseen. Kuvan 17 palkkien tarkoitus on havainnollistaa tutkimuksen tuloksia, ja niiden tarkkuus on vain suuntaa antava.



Kuva 17, Varaston arvo ja erilaiset osanimikkeet kohdeyrityksessä

Liite 1 kertoo, että fyysisesti varastossa olevien osien arvo on ollut koko tarkasteluhistorian ajan noin 30–40 miljoonaa euroa. Kuitenkin ABC-analyysin C-kategorian osia tutkittaessa huomaa, että varastosta löytyy yli 300 osanimikettä, joiden osakohtaiset varaston arvot ovat alle sata euroa. Tämä herättää epäilyksiä siitä, ovatko osat enää aktiivisessa käytössä, vai ovatko ne ylijäämää jostain vanhasta automallista, jota ei enää valmisteta. Mikäli näin on, ovat kyseiset osat yritykselle arvottomia, ja vievät vain tarpeetonta varaston tilaa.

On totta, että näiden osien varastoon sitoma pääoma on vähäinen, mutta ne kuitenkin vievät varastointitilaa, ja esimerkiksi automaattivarastossa jokainen osanimike vaatii oman varastointiyksikön, vaikka kyseistä osaa olisi ainoastaan yksi kappale jäljellä. Vertailun vuoksi varastossa on yli 2286 osanimikettä, joiden jokaisen varastoon sitoma pääoma on alle tuhat euroa. Kun varastossa on yhteensä 5694 erilaista osanumeroa, alle tuhat euroa sitovia osanumeroita on noin 40 prosenttia kaikista osista. Kun katsotaan kaikkia nimikkeitä, ja koko varaston arvoa, joka oli kesäkuussa 2021 noin 34 miljoonaa euroa, on keskimäärin yhden osanimikkeen varaston arvo noin 6000 euroa. Alle tuhannen euron osakohtainen varasto on siis reilusti alle keskiarvon, ja onkin mahdollista, että näiden osien kulutus ei ole kovin suurta.

Taulukko 5, XYZ-analyysin tulos

XYZ-analyysi		
Kategoria	%-osuus 5694 Osanimikkeestä	Varaston kiertonopeus
X	1624/5694 = 29 %	Yli 3
Y	2835/5694 = 50 %	3 – 1
Z	1235/5694 = 22 %	Alle 1

Taulukko 5 kertoo, miten varaston kiertonopeus jakautuu osanimikkekohtaisesti. Kun koko JIT-varaston keskimääräiset kuukausikohtaiset kysynät jaetaan keskimääräisellä varastotasolla, saadaan kiertonopeudeksi noin 3 kertaa kuukaudessa (kaava 7). Tämän avulla on siis mahdollista arvioida myös JIT-varaston kiertonopeutta vuositasolla. Esimerkiksi Volkswagen kertoo vuosikatsauksissaan koko konsernin varaston kiertonopeuden, ja vuoden 2020 kiertonopeudeksi on ilmoitettu luku 4.4. Volkswagen ei kuitenkaan avaa tarkemmin, miten tämä tulos on laskettu, ja on epäselvää, mitä kysyntää laskelmassa on käytetty (Volkswagen, 2020). Tästä on siis vaikea tehdä johtopäätöksiä, ja verrata lukua kohdeyrityksen kiertonopeuteen. Myös diplomityössä tutkittu aikaväli poikkeaa vuosikatsauksen aikavälistä. Johtopäätös kuitenkin on, että julkista lähdeaineistoa autoteollisuuden varastonkierronnoista on saatavilla.

Varaston kustannusten, ja yrityksen liiketoiminnan kannalta parhaita osia ovat X-ryhmän osat, koska kyseiset osat saadaan tehokkaammin asennettua myyntikelpoiseen autoon. Analyysissä X-ryhmään on otettu kaikki osanimikkeet, joiden varaston kiertonopeuden keskiarvo viimeisen vuoden aikana on ollut yli 3 keskimääräistä kuukautta kohti. Tällaista varaston kiertonopeutta voidaan pitää todella hyvänä, koska esimerkiksi Wanin et al. (2020) tutkimuksessa esiteltyjen kolmen välipala- ja juomateollisuudessa toimivan logistiikkakeskuksen kiertonopeudet eivät edes yllä tälle tasolle. Kun XYZ-analyysia, ja yrityksen aineistoa tutkii tarkemmin, ilmenee että yrityksessä on 12 osanimikettä, joiden kiertonopeus on yli kymmenen. Lisäksi yrityksessä on 462 osanimikettä, joiden kiertonopeus on yli viisi.

Suurin osa XYZ-analyysin osista on Y-kategoriassa, jossa osien kiertonopeus sijoittuu yhden ja kolmen väliin. Koliasin et al (2011) tutkimus keskittyy Kreikan vähittäiskauppaan, ja tutkimuksen kohteena ovat muun muassa ruokakaupat, vaatteita ja erilaisia tekstiilejä sekä jalkineita myyvät liikkeet. Lisäksi mukana on kodintarvikkeita, sekä sisustukseen ja puutarhanhoitoon liittyvät tuotteet. Artikkelissa tutkitaan muun muassa edellä mainittujen liikkeiden varastojen kiertonopeuksia, ja keskiarvot, sekä mediaanit asettuvat pääsääntöisesti noin kahden ja kolmen väliin. Aikaisemmin mainitussa tutkimuksessa kolmen tarkastelun kohteena olevan jakelukeskuksen keskimääräinen varaston kiertonopeus oli kaksi (Wan, et al 2020). Yrityksen Y-ryhmän osanimikkeiden kiertonopeuden keskiarvo on noin 1,92. Se on lähellä kahta, joten Y-ryhmän kiertonopeus on vielä melko siedettävällä tasolla. Edellä mainitussa keskiarvossa ei olla otettu huomioon varaston arvoa.

Z-ryhmän osien kiertonopeus on alle yksi kuukautta kohti, ja nämä osat aiheuttavat eniten ongelmia yrityksen varastossa. Yksi tutkimuksen taustatekijöistä oli se, että varaston kapasiteetti koetaan pieneksi, ja huonosti kiertävät osat eivät edistä varaston tehokasta käyttöä. Mikäli nimikkeen varaston kiertonopeus on yksi, se kuitenkin vielä liikkuu jossain määrin, ja kyse voi olla harvinaisesta osasta, jota tarvitaan vain joissain automalleissa. Tällaisessa tilanteessa varastoinnin tarve ei pitäisi kuitenkaan olla kovinkaan suuri, jolloin myöskään varaston sitoma kapasiteetti ja pääoma pysyisivät kohtuullisina.

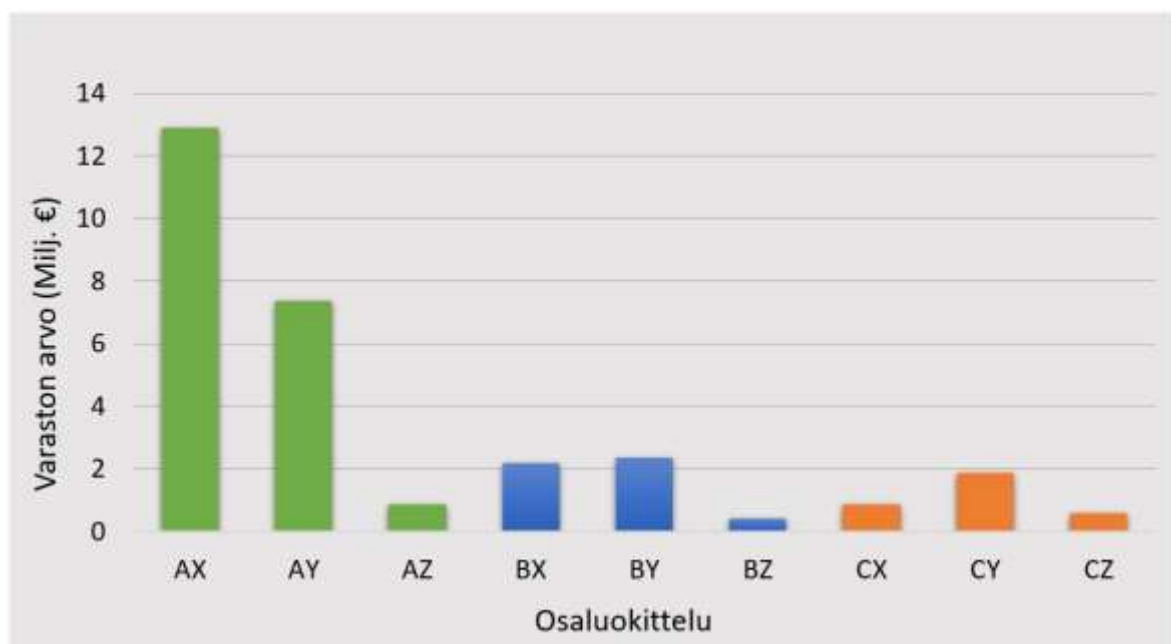
5.4 Kiertovarasto ja varmuusvarasto

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi ABC-XYZ-analyysistä tehtyjä kvantitatiivisia jatkotutkimuksia luvun 3 laskukaavojen ja muun aineiston mukaisesti. Tästä eteenpäin aineistoa on rajattu tutkimustavoitteiden mukaisesti (liite 3). Kaikissa tuloksissa osat luokitellaan ABC-XYZ-analyysin mukaisesti eri osaluokkiin. Tutkimusten huomio on huonon varastonkierron Z-osissa. Tavoitteena on ymmärtää, miksi näillä osilla on huono varastonkierto. Eniten keskitytään kuitenkin AZ-osiin. AZ-osilla on merkittävä kielteinen vaikutus yrityksen materiaalivirtaan, koska ne sitovat paljon pääomaa varastoon. Toinen syy keskittyä AZ-osiin on se, että BZ-, ja CZ-osia on todella suuri määrä, ja niiden osakohtainen tarkastelu veisi liian paljon tutkimuksen resursseja (taulukko 3). Tämän takia BZ-, ja CZ-osia tarkastellaan ensisijaisesti kuvaajien avulla. Näiden osien kokonaisvaikutus yrityksen

materiaalivirtaan ja kannattavuuteen oletetaan melko vähäiseksi, joten niiden tarkka tutkimus on vähemmän tarpeellista.

Merkittävä varmuusvarastojen tutkimista rajoittava tekijä on osien kuljetusaikojen seurannan puute yrityksessä. Kuljetusajat ovat haettavissa yksitellen SAP-ohjelmistosta. Kuljetusajat voivat myös vaihdella, ja usein onkin niin, että mikäli osaa noudetaan useamman kerran viikossa, vaikuttaa viikonloppu joidenkin noutopäivien kuljetusaikoihin. Varmuusvaraston laskemiseksi jokainen osatoimittaja olisi käytävä erikseen läpi, ja laskettava kuljetusaikojen keskiarvot, jotta varmuusvarastoa olisi mahdollista laskea Radasanun (2016) käyttämällä kaavalla.

Radasanu (2016) painottaa kuljetusajan tärkeyttä. Se on otettava laskelmissa huomioon, koska varmuusvaraston on kyettävä arvioimaan kuljetusajan aiheuttamaa viivettä osan täydennyksessä. Kvantitatiivisen analyysin perusteella tutkimukseen sisältyvien JIT-osien toimittajien määrä on kuitenkin noin 700 kappaletta. Jokaisen toimittajan kuljetusajan laskeminen veisi kohtuuttoman paljon aikaa, joten näille osille ei ole laskettu varmuusvarastoa kaavalla 4. AZ-, ja BZ-osien toimittajia on ainoastaan noin 70 kappaletta, ja näiden toimittajien kuljetusaikojen laskeminen on vielä mahdollista. Tässä tutkimuksessa on siis laskettu varmuusvarastot AZ- ja BZ-luokan osille.



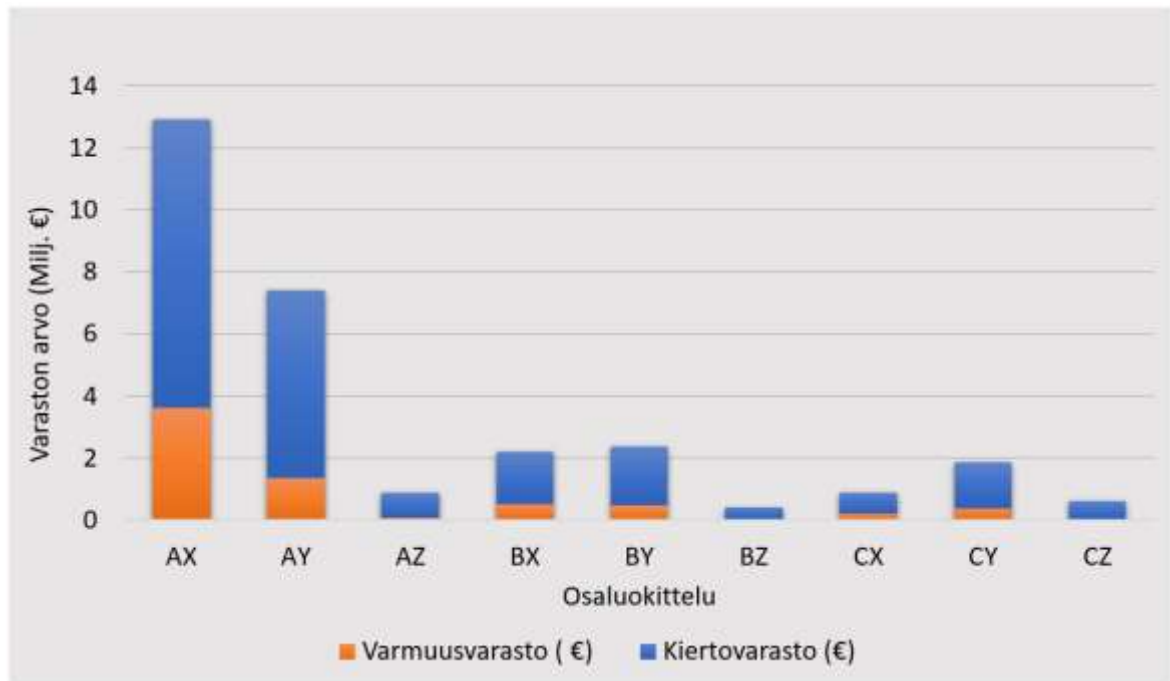
Kuva 18, Varaston arvo

Kuva 18 esittelee keskimääräisen JIT-osien varaston arvon heinäkuun 2020 ja kesäkuun 2021 väliseltä ajalta. Varaston arvo tarkoittaa niitä osia, jotka ovat yrityksen omistuksessa, ja kuuluvat vaihto-omaisuuteen. Mikäli kuljetuksessa olevat osat kuuluvat jo yritykselle, myös ne on laskettu varaston arvoon. SAP-järjestelmästä ei saanut selville, onko varaston arvoon laskettu myös kuljetus- ja täydennyskustannukset, mutta luultavasti kyseessä on ainoastaan ostohinta, eli varaston arvo ei ota huomioon näitä kustannuksia. Kuvasta havaitaan, että AX-, ja AY-osaluokat käsittävät suurimman osan varaston arvosta. Koska ABC-analyysi suoritettiin varaston kumulatiivisesta arvosta, ja osat luokiteltiin laskevassa järjestyksessä, kahden edellä mainitun osaluokan suuri ero muihin osiin verrattuna ei ole kovinkaan yllättävä. Z-osien yhteenlaskettu arvo on yli 6 % varaston kokonaisarvosta, joten niillä on varmasti jonkinlainen vaikutus varaston materiaalivirtaan. Osaluokkien kokonaisarvojen prosenttiosuudet poikkeavat hieman ABC-analyysin määrittelystä, mutta tämä johtuu siitä, että kemikaalit, ja muut rajatut osat on poistettu (taulukko 4). C-luokassa suurin varaston arvo on CY-osilla, ja syynä on luultavasti se, että CY-luokan nimikkeitä on yli kaksinkertainen määrä kahteen muuhun C-luokkaan verrattuna (liite 3).

Kiertovarastojen laskeminen kaavalla 1 on haastavaa, koska osien tilausmäärät perustuvat materiaalityövelaskennan arvioimiin osatarpeisiin asiakkaan lähettämään ennusteeseen perustuen (kuva 6). Kaava 1 sopii hyvin tilauspistejärjestelmään, jossa täydennyserä on määriteltä vakioksi (Hopp, 2003). Kohdeyrityksessä asiakkaan lähettämät ennusteet kuitenkin saattavat muuttua, ja erityisesti AZ-osien tilaushistoriaa tutkiessa voidaan havaita, että tilausmäärät ovat vaihdelleet suuresti. Yrityksen määrittelemiä nykyisiä varmuusvarastoja kuitenkin muutetaan huomattavasti harvemmin.

Varmuusvaraston määrää ei yleensä päivitetä, ellei osan saatavuudessa tai kysynnässä tapahdu suuria muutoksia. Kuva 19 näyttää keskimääräisen varaston arvon jaettuna nykyisiin varmuusvarastoihin ja kiertovarastoihin. Kuvaan on laskettu kaikkien tutkimuksessa olevien JIT-osien kokonaisvarastot, Kiertovarasto on laskettu kaavan 5 avulla, kun tiedossa on ollut nykyiset varmuusvarastot, ja kokonaisvarastot. Kuvasta ei kuitenkaan näe yksityiskohtaisia tietoja, ja voikin olla, että joissakin osanimikkeissä

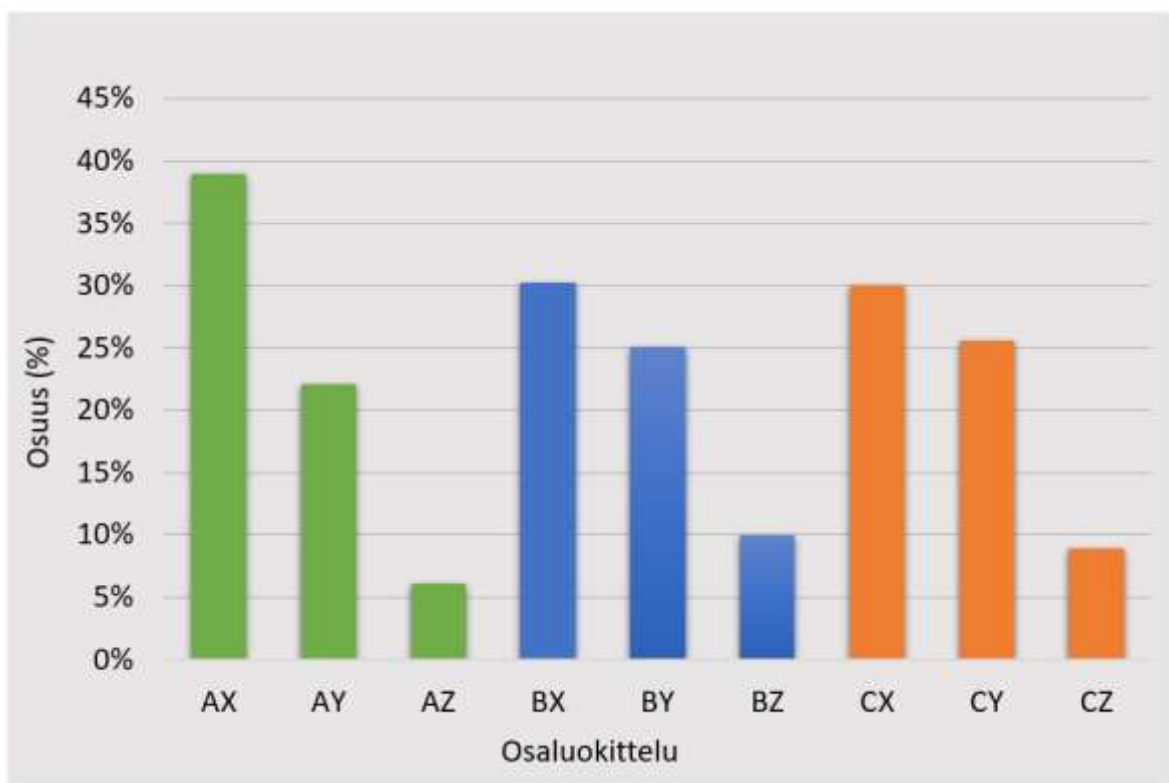
kiertovarastoa ei koskaan kuluteta varmuusvaraston tasalle. Suuri huomio kohdistuu Z-osien pieniin varmuusvarastoihin, joita ei kuvasta edes kunnolla erota (kuva 19).



Kuva 19, Varmuusvaraston osuus keskimääräisestä varastosta

Kuva 20 esittelee osanimikkeiden varmuusvarastojen prosenttiosuudet kokonaisvarastosta. Palkit mukailevat edellisen kuvan tuloksia, mutta kuvasta havaitaan tarkemmin Z-osien pienet varmuusvarastot. Erinomaisen, tai melko hyvän varastonkierron osilla varmuusvarastot ovat vähintään yli 20 prosenttia, joten on todennäköistä, että niiden palveluasteet ovat hyvällä tasolla. Empiirisen aineiston perusteella voidaan siis todeta, että mitä parempi varastonkierto osanimikkeellä on, sitä suurempi on myös varmuusvarasto. Tätä havaintoa tukee Radasanun (2016) tutkimus, sillä hänen mukaansa sopivan kokoinen varmuusvarasto mahdollistaa korkean varastonkierron saavuttamisen. Vaikka yrityksen varmuusvarastoja ei olla laskettu ABC-XYZ-analyysin avulla, vaan jokaiselle osalle yksilöllisesti, kuva 19 näyttää kuitenkin noudattavan Radasanun (2016) määrittelemää sääntöä, jota esitellään teoriaosuudessa luvussa 3.3. Suuremman kysynnän osilla olisi oltava suhteessa isompi varmuusvarasto ja sitä kautta parempi palveluaste.

Çelikin (2013) tutkimuksen mukaan korkean varastonkierron osanimikkeillä on suuremmat tarpeet, mikä johtaa siihen lopputulokseen, että X- ja Y-osien varmuusvarastoja pienentämällä syntyisi riski osapuutteiden syntymiseen. Z-osien varmuusvarastot voivat siis olla riittävät osien kysyntään suhteutettuna, koska todennäköisesti varmuusvarastoja olisi nostettu, mikäli osapuutteita syntyisi usein näiden osien kohdalla. Tämä kuitenkin herättää kysymyksen siitä, miksi Z-osien kiertovarastot ovat näin suuret. Kuvan 19 mukaan kiertovaraston ja varmuusvaraston ero on suurin AZ-osilla. On siis mahdollista, että suurempi varaston arvo yhdistettynä hitaaseen kiertonopeuteen lisää näiden kahden tunnusluvun eroja. Z-osien suurta kiertovarastoa käsitellään lisää kvalitatiivisessa tutkimuksessa, jossa tarkoituksena on haastatella yrityksen henkilökuntaa, jotka vastaavat osien riittävydestä ja materiaalivirran suunnittelusta.

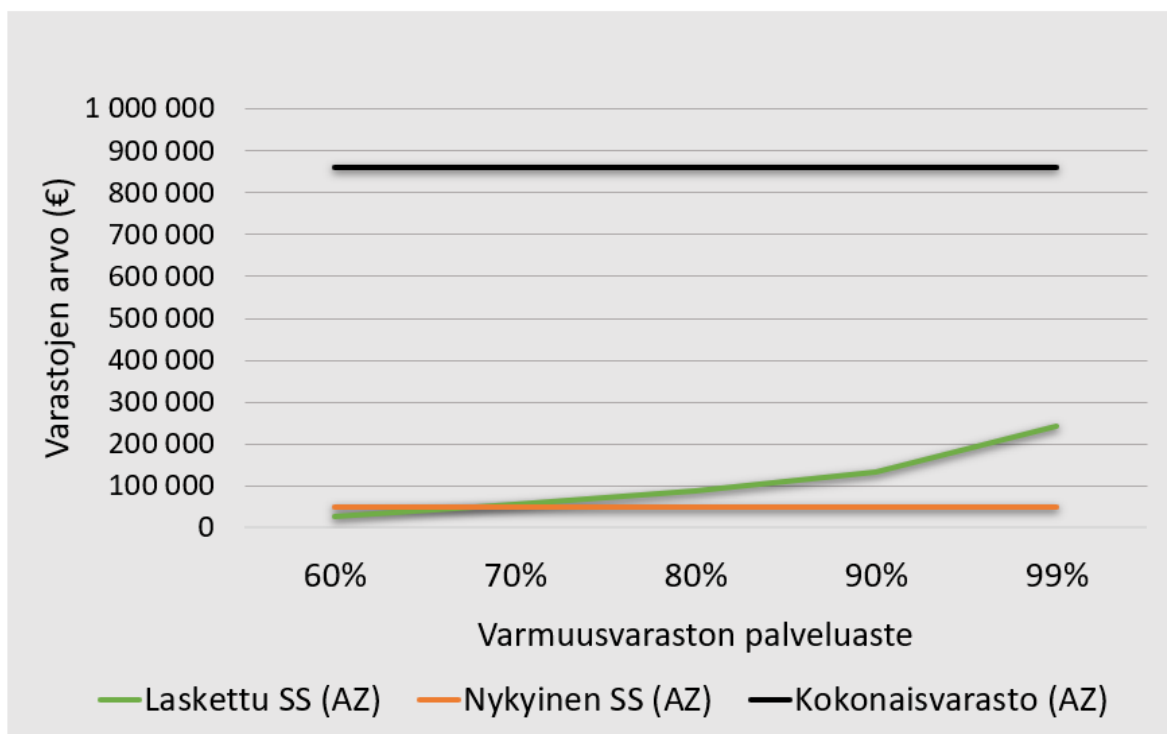


Kuva 20, Varmuusvaraston prosenttiosuus kokonaisvarastosta

Kuten kappaleissa 5.3 ja 5.4 on mainittu, osien keskimääräiset kuljetusajat on tutkimusta varten kerätty ainoastaan AZ- ja BZ-osille. Kuljetusaikojen lisäksi osille on laskettu kysynnän keskihajonnat (kaava 3). Keskihajonta on laskettu Excelin laskukaavalla, ja laskelmaan on otettu mukaan tutkittavan aikavälin kuukausittaiset kysyntätiedot, jotka on haettu SAP-järjestelmästä. Kuvassa 21 on laskettu AZ-osien varmuusvarasto palveluaste

huomioiden. Kuvassa 22 puolestaan on samat laskelmat BZ-osille. Mustat viivat kuvissa tarkoittavat nykyistä kokonaisvarastoa, ja oranssit viivat varmuusvarastoa, joka on käytössä tällä hetkellä.

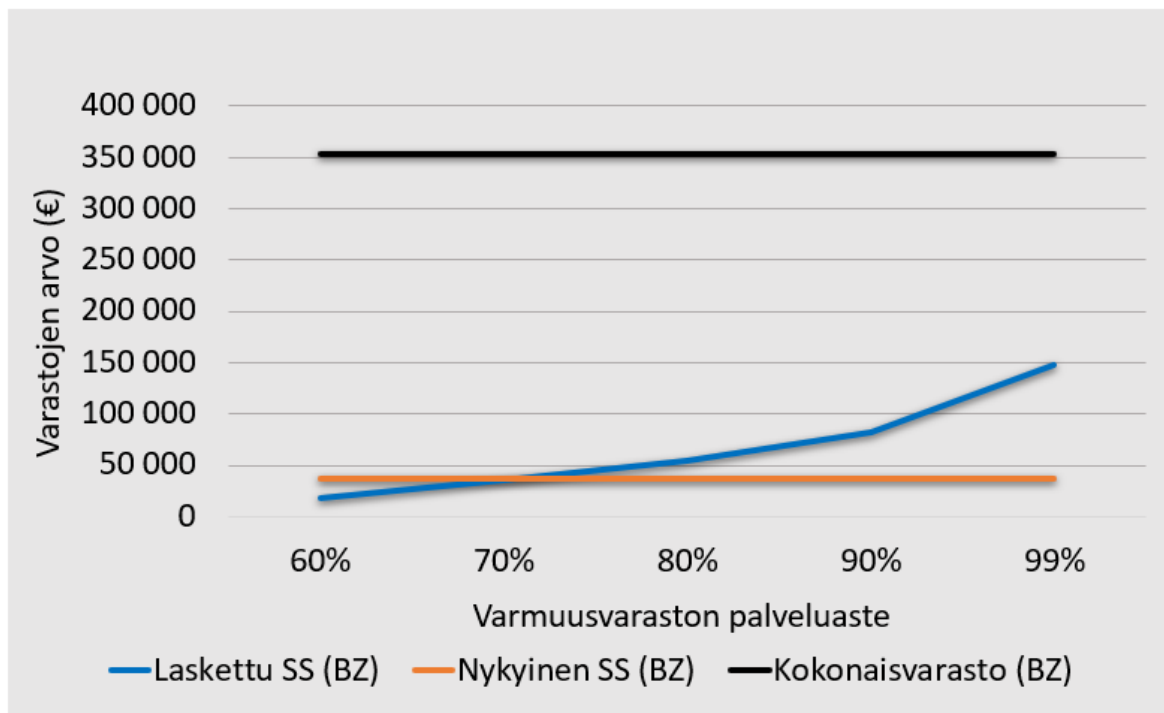
Kuvat näyttävät tutkitun aikavälin keskiarvoja, ja todelliset varaston arvot ovat lukuhetkellä erilaisia. Vihreä sekä sininen viiva ovat kaavalla 4 laskettuja kuvitteellisia varmuusvarastoja, joissa on huomioitu keskihajonnan, palveluasteen, sekä kuljetusajan vaikutus. Kuvien perusteella näyttäisi siltä, että varmuusvarastot asettuvat noin 70 % palveluasteen tasolle. Koska varmuusvarastojen osuus kokonaisvarastosta on alle 10 % molempien osaluokkien kohdalla, suuri kiertovarasto saattaa kuitenkin kumota huonon varmuusvaraston palveluasteen, eikä välitöntä riskiä osapuutteille ole (kuva 20).



Kuva 21, AZ-osien varmuusvarasto

Tilanne voi tarkoittaa sitä, että korkealla kiertovaraston tasolla paikataan alhaisia varmuusvarastoja. Radasanu (2016) suosittelee artikkelissaan korkean kysynnän varmuusvarastolle 96–98 %, keskimääräisen 91–95 %, ja vähäisen kysynnän varmuusvarastolle 85–90 % palveluastetta. Hän ei mainitse artikkelissaan sitä, miten varasto on edellä mainitussa esimerkissä jaoteltu kysynnän perusteella, mutta siitä

huolimatta määrittelystä voidaan päätellä, että varmuusvarastolla olisi hyvä olla vähintään 85 % palveluaste. Erityisesti AZ-osien lukumäärä on melko pieni, 39 erilaista osanimikettä, ja on mahdollista, että muutaman nimikkeen huono varmuusvarasto voi laskea palveluasteen keskiarvoa huomattavan paljon, ja heikentää kuvan 21 tulosten uskottavuutta (liite 3). Tätä asiaa onkin tutkittava tarkemmin haastattelujen avulla, ja käytävä AZ-osien tilannetta tarkemmin läpi osakohtaisesti.



Kuva 22, BZ-osien varmuusvarasto

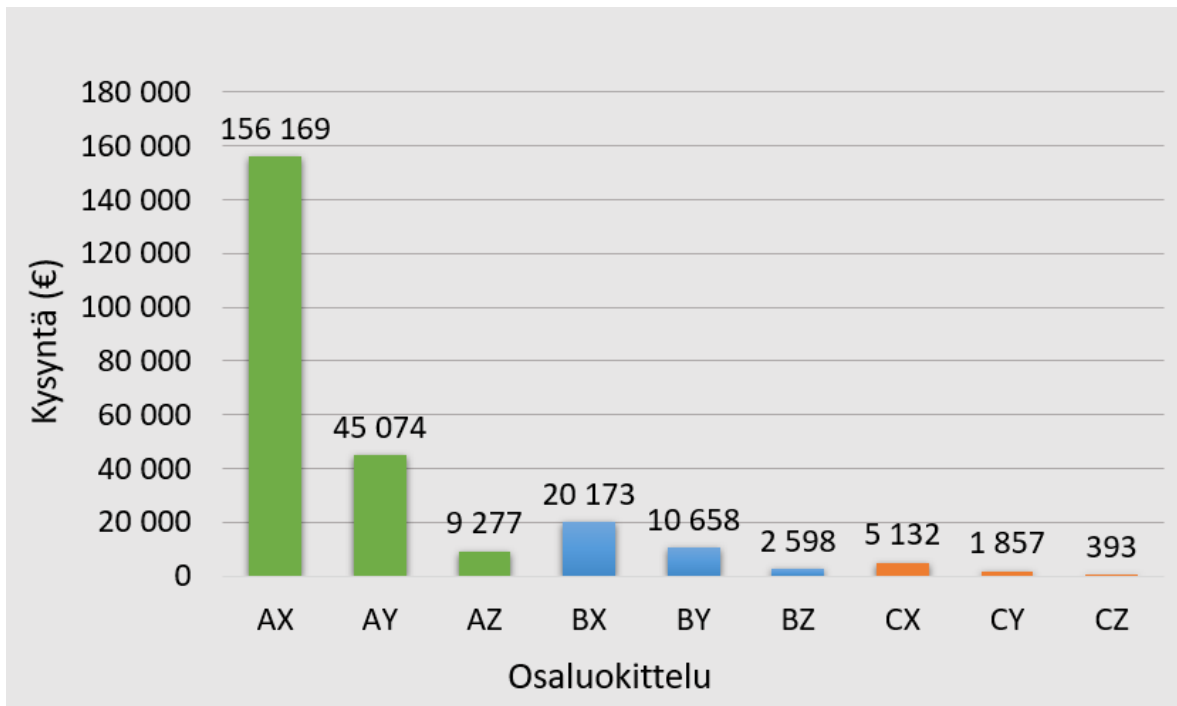
Radasanu (2016) ehdottaa myös sääntöä, jolla varmuusvarastoa voisi arvioida tilanteessa, jossa yrityksellä ei ole riittävästi tietoa materiaalivirrasta varmuusvaraston laskemiseen. Hänen mukaansa varmuusvaraston tulisi olla 10–20 % keskimääräisestä varaston arvosta, eli kuvan 20 osuuksien pitäisi asettua tälle prosenttivalille. Oletettavasti varmuusvaraston olisi hyvä olla lähellä kahtakymmentä prosenttia korkean varastonkierron osilla, ja matalampi niillä nimikkeillä, joilla varastonkierto on hitaampaa. Tämän perusteella kohdeyrityksen kaikkien X- ja Y-osien varmuusvarastot olisivat keskimäärin liian suuria, joka tarkoittaisi sitä, että noin 80 % yrityksen JIT-osilla olisi liian suuret varmuusvarastot, ja lopuilla 20 % puolestaan liian pienet (liite 3).

Diplomityön aloituspalaverissa painotettiin sitä, että palveluasteen olisi oltava lähellä sataa prosenttia. Johtopäätös tästä on se, että yritys on valmis pitämään hyvän palveluasteen, vaikka varmuusvarastot sitoisivatkin huomattavan paljon pääomaa. Näiden kommenttien, sekä kvantitatiivinen analyysin perusteella X- ja Y-osien varmuusvarastojen palveluasteet ovat siis hyväksyttävällä tasolla. X- ja Y-osien varmuusvarastoja ei tutkita tarkemmin haastattelujen avulla. AZ-osien varmuusvarastot ovat eniten alle Radasanun (2016) suosituksen, ja niihin palataan uudelleen kvalitatiivisessa tutkimuksessa.

5.5 Kysyntä ja hankintahinnat

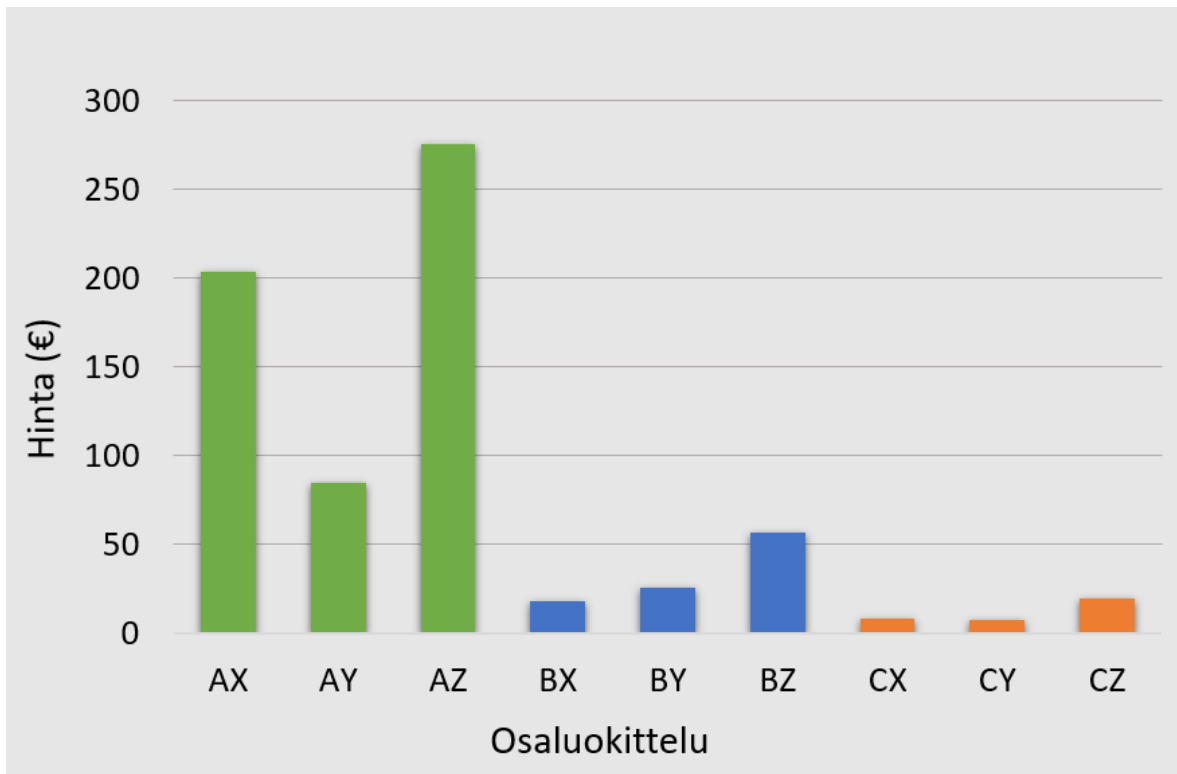
Diplomityöhön liittyvissä palavereissa ja tutkimuksen tavoitteissa on puhuttu tilauseräkokojen merkityksestä varaston kiertonopeuteen ja kokonaisvarastoihin. Tämän takia varaston numeerisessa analyysissä selvitetään osanimikkeiden nykyiset tilauseräkoot. Tutkimuksen tueksi esitetään myös kooste varaston osien kysyntätiedoista. Kysyntä on tutkimuksen tavoitteiden kannalta oleellinen tieto, koska vähäinen kysyntä voi altistaa osanimikkeen huonolle varaston kiertonopeudelle. Tarkoituksena on selvittää, onko alhaisella kysynnällä yhteys hitaaseen varastonkiertoon. Kysynnällä on myös vaikutusta tuotteen tilauseräkokoon, ja se mainitaan myös Kumarin (2016) artikkelissa.

Kuvassa 23 on laskettu jokaiselle ABC-XYZ-analyysin kategorialle keskimääräinen osanimikkeen vuosikysyntä. Tulokset näyttävät uskottavilta, ja tukevat ABC-XYZ-analyysia koska hyvin kiertävillä osilla on omassa ABC-luokassaan poikkeuksetta suurin kysyntä. Kuvaan on merkattu tarkat kysynnän arvot, koska lukuja on muuten hankalaa hahmottaa. Kuvassa on kiinnostavaa se, että AZ-osan kysyntä on keskimäärin huomattavasti alhaisempi kuin BX-osan, vaikka AZ-osien varastojen arvot ovat suurempia. Sama ilmiö havaitaan myös BZ- ja CX-osien välillä. AX-osan kysyntä on ollut poikkeuksellisen suurta, ja tästä voidaan päätellä se, että AX-osat ovat kriittisimpiä tehtaan tuotannon kannalta. Todennäköisesti AX-osan puute aiheuttaa suurempia tuotannonmenetyksiä yritykselle verrattuna muihin osaluokkiin, ja tähän ryhmään kuuluvat osat ovat keskimäärin hyvin yleisiä.



Kuva 23, Keskimääräinen yksittäisen osan kokonaiskysyntä vuodessa

Kuva 24 kertoo sen, että A-luokan osat ovat kalliita verrattuna muihin osaluokkiin. Tämä ei ole yllättävää, koska korkeat yksikköhinnat lisäävät todennäköisyyttä suuriin varaston arvoihin. Korkein keskimääräinen hankintahinta tarkoittaa jokaisessa ABC-luokassa myös huonointa varastonkiertoa. AZ-osissa on kuitenkin otettava huomioon, että kategoriaan kuuluu ainoastaan 39 osanimikettä, joten otanta on melko pieni verrattuna useimpiin muihin osaluokkiin. Tämä saattaa johtaa siihen, että muutama erittäin kallis osa nostaa keskiarvoa suuremmaksi (liite 3).

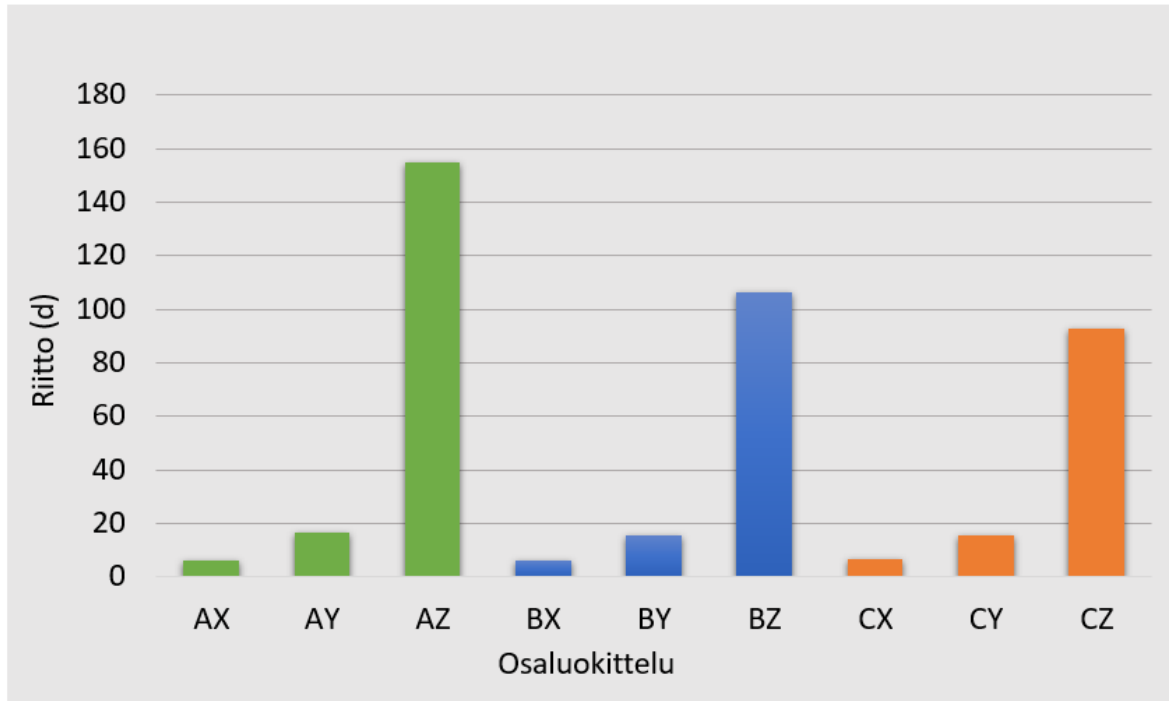


Kuva 24, Keskimääräinen yksittäisen osan hankintahinta

Kuvan 24 perusteella vaikuttaa siltä, että erityisesti C-luokkaan kuuluu paljon pieniä ja halpoja osia, jotka voivat olla esimerkiksi ruuveja, tarroja, ja muita vastaavia osia. A-luokkaan puolestaan todennäköisesti kuuluu valtaosa paljon teknologiaa sisältävistä, ja enemmän osakohtaista varastotilaa vaativista osista. Hankintahinnoista tehdyt päätelmät tukevat muutamaa luvussa 5.3 katsottua esimerkiosaa. Tästä voi päätellä, että erityisesti CX- ja CY-osia varastoidaan paljon automatisoidussa mini-load-varastossa, jota esitellään luvussa 4.5. B- ja A-osat varastoidaan luultavasti useammin hylly- tai lattiavarastoissa. Neljännessä luvussa tehty päätelmä siitä, että hylly- ja lattiavaraston osat ovat diplomityön jatkotutkimuksissa kiinnostavimpia, pitää siis paikkaansa.

Kysyntään ja varaston kiertonopeuteen vaikuttaa merkittävästi myös osan riitto (kuva 25). Laskelmissa on hyödynnetty kaavaa 8, mutta kaavasta poiketen riitto on laskettu päiväkohtaisesti. Tätä perustellaan sillä, että yrityksen materiaalisuunnittelu laskee riiton päivissä. Arnoldin et al (2008) mukaan riitto on varastonkierron ohella tärkeä tunnusluku, joka liittyy läheisesti myyntiin. Varaston kiertonopeus ja riitto kertovatkin samasta asiasta, sillä jos osaa on jatkuvasti varastossa pitkälle tulevaisuuteen, se todennäköisesti myös

kiertää huonosti. Kuvan 25 tuloksista voidaan nähdä, että hyvin kiertävillä osilla on myös pieni riitto.

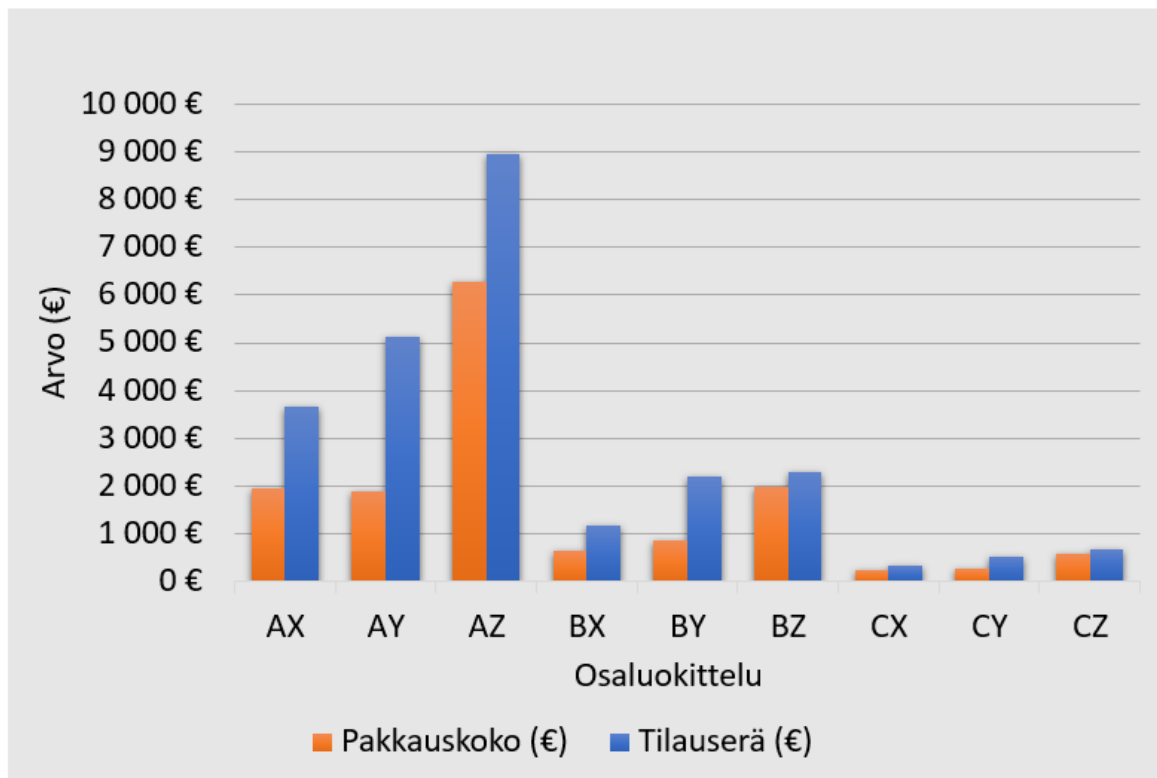


Kuva 25, Keskimääräinen yksittäisen osan riitto

Kun Z-osia tarkastellaan osakohtaisesti tutkimusaineistosta, havaitaan suuria eroja osien välillä, ja tästä johtuen kaikkien Z-osien kohdalla todellinen tilanne ei ole aivan yhtä hälyttävä kuin kuva 25 antaa ymmärtää. Joillakin Z-osilla ei järjestelmässä ole ollenkaan ennustettuja tarpeita, joten riittoa olisi pitkälle tulevaisuuteen. Koska otanta on erityisesti AZ-osilla hyvin pieni, nämä osat vaikuttavat huomattavasti keskiarvoon. Tämä on hyvä ottaa huomioon kuvaa tulkitessa. Tästä huolimatta johtopäätös on, että Z-osilla riitto on yleensä suurempi, kuin X- ja Y-osilla. Kuva siis vahvistaa ABC-XYZ-analyysin tuloksia, ja osoittaa sen, että Z-osien varastot ovat tarpeettoman isoja.

5.6 Tilauserä ja pakkauskoko

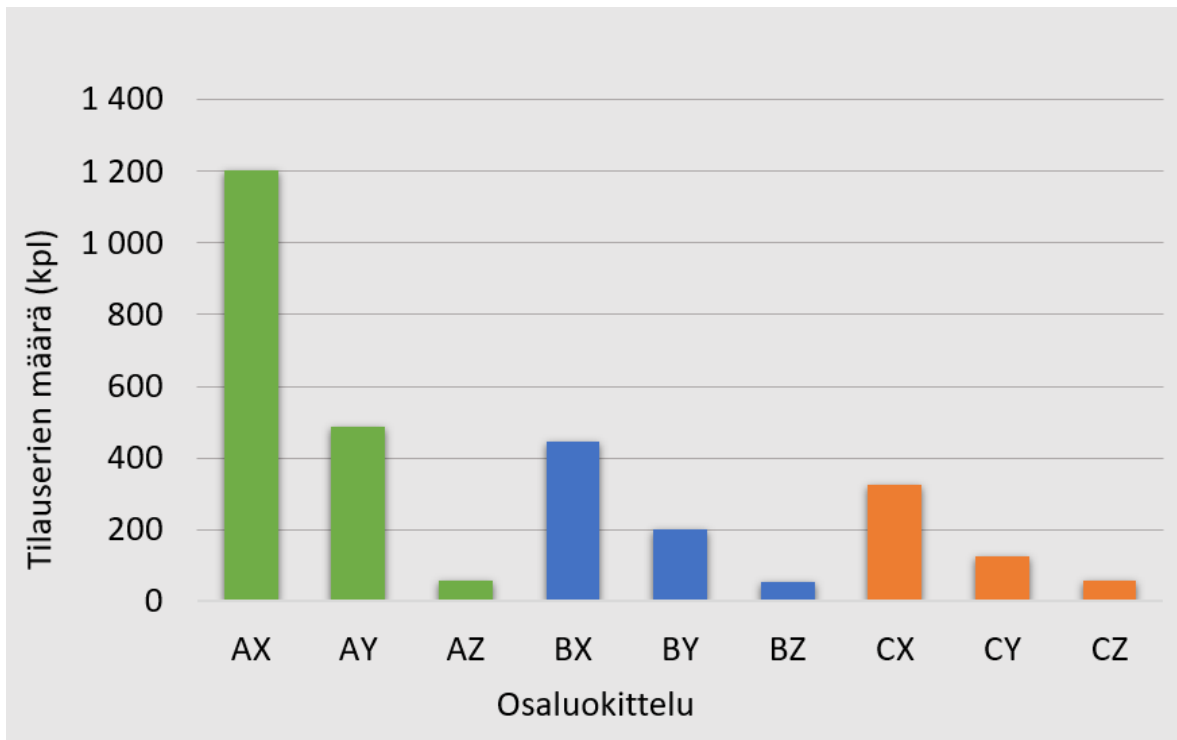
Yrityksen Power Bi-järjestelmästä on mahdollista etsiä osakohtaiset tilauserät. Tilauserien suunnittelua rajoittaa pakkauskoko, joka on jokaiselle osanimikkeelle yksilöllinen. Osien tietoja tutkittaessa vaikuttaisi siltä, että usein pakkauskoko on samalla myös tilauserä, mikä tarkoittaa sitä, että näiden osien tilauseriä voi olla haastavampi muokata, tai ainakin se tarkoittaisi pakkauksen muuttamista. Erityisesti luvussa 4.4 kuvattujen uudelleenkäytettävien telineiden muokkaaminen aiheuttaisi todennäköisesti huomattavat kustannukset ja kuljetusten uudelleenjärjestelyt. Yrityksen käyttämät keskimääräiset täydennyserät ja pakkauskoot osaluokkaa kohti voi nähdä kuvasta 26. Kuvassa kokoja on mitattu rahassa, eli se ei ota kantaa siihen, kuinka suuria täydennyserät ja pakkauskoot olisivat kappalemäärissä. Osien erilaisten ominaisuuksien vuoksi tällainen jaottelu olisi harhaanjohtava. Samasta syystä myös ABC-analyysi mitataan rahassa.



Kuva 26, Tilauserä ja pakkauskoko

Varaston kiertonopeuden ja tilauserän välillä näyttäisi olevan selkeä yhteys. Hitaasti kiertävillä osilla täydennyserän arvo on suurempi, kun vastaavasti pieni tilauserä on yhteistä tehokkaan materiaalivirran osille. Kuten Kumar (2016) kirjoittaa, pieni tilauserä tarkoittaa pienempää varaston arvoa, mutta myös korkeita tilaus- ja kuljetuskustannuksia. Hänen mukaansa se voi myös altistaa osapuutuille. Tilauserän, ja varaston kiertonopeuden yhteys näyttää niin selkeältä materiaalivirran tehokkuuden kannalta, että asiaa kannattaa tutkia lisää. Tärkeä kysymys on se, onko suuri tilauserä huonon kiertonopeuden syy, vai onko se pikemminkin seuraus johtuen muista osan ominaisuuksista. Koska X-osien riitto on keskimäärin alle viikko, on näitä osia tilattava vähintään kerran viikossa tai useammin (kuva 25). Näiden osien kysyntä on myös suurempaa, joten osia todennäköisesti tilataan useammin.

Nallusamyn et al (2017) artikkelissa mainitaan, että autoteollisuudessa tuotantolaitos ei voi määrittää tilauserää vapaasti, vaan tilauserälle asetetaan ulkoisia rajoituksia. Artikkelissa kerrotaan pienimmästä mahdollisesta tilauserästä, joka tarkoittaa pienintä osamäärää, jonka toimittaja suostuu lähettämään. Yhden tilauserän käsittely esimerkiksi toimittajan lähettämössä ja laskutuksessa voi aiheuttaa kiinteitä kuluja, jotka eivät ole suoraan verrannollisia tilauserän kokoon. Tämä voi johtaa siihen, että toimittajan ei ole kannattavaa lähettää liian pieniä tilauseriä. Artikkelin mukaan ABC-analyysiä voi myös käyttää noutopäivien suunnitteluun. A-osia olisi tilattava useammin, esimerkiksi viikoittain, ja C-osia harvemmin (Nallusamy, 2017.) Luultavasti tällainen tilanne on myös kohdeyrityksessä.



Kuva 27, Montako tilauserää tarvitaan täyttämään vuosikysyntä

Kuvassa 27 yhdistetään kysynnän ja nykyisen tilauserän tiedot. Koska jokainen ABC-luokka koostuu keskenään samaa hintaluokkaa olevista osista, on järkevää tutkia jokaista osaluokkaa erikseen (kuva 24). Kuvasta 27 voidaan päätellä se, että huonosti kiertävillä osilla riittää melko pieni määrä tilauseriä, jotta vuoden kysyntä täyttyy. Jos yllä olevaa kuvaa ja Addon (2020) näkemystä tilauseräkoon kustannuksista vertaa, voi päätellä huonon varastonkierron osille matalat täydennyserän kustannukset, mutta puolestaan korkeammat varastointikustannukset (kuva 8). Nopean varastonkierron osilla tilanne on puolestaan päinvastainen.

Kysymys on siis siitä, kumpaa yrityksessä pidetään tärkeämpänä. Onko järkevämpää maksaa enemmän kuljetuksista, mutta säästää varastoinnissa. Todennäköisesti kumpikaan ääripää ei ole hyvä ratkaisu. Suuri täydennysten määrä aiheuttaa lisätyötä kuljetusten toiminnasta vastaaville työntekijöille, joten luultavasti he haluavat säästää kuljetuksissa. Kuvan 8 kustannuksia on hankala laskea tässä diplomityössä osakohtaisesti. Yrityksen prosessien nykytila-analyysin perusteella ennusteet voivat vaihdella, joten tilauserää olisi päivitettävä jatkuvasti (luku 4.3). Myös tämä kuluttaa henkilöstöresursseja ja muita täydentämisen kustannuksia (Kumar, 2016).

6 MATERIAALIVIRRRAN ANALYYSI

Varastotietojen numeerisen tarkastelun, sekä yrityksen prosessien esittelyn myötä saadaan melko kattava yleiskuva yrityksen materiaalivirrasta. SAP-järjestelmästä voisi laskea monia muitakin asioita, jotka kertovat materiaalivirran nykytilasta. Kaikkia mahdollisia näkökulmia ei olla tässä diplomityössä tutkittu, vaan kvantitatiivista tutkimusta on keskitetty niihin osa-alueisiin, joihin on saatavilla riittävästi luotettavaa tietoa, ja jotka edistävät diplomityön tavoitteiden toteutumista. Luvun 5 analyysit kertovat nykytilanteesta, mutta tuloksiin johtaneiden syiden selvittämiseksi kvantitatiivista analyysiä on verrattava myös kvalitatiiviseen aineistoon (Rebs et al, 2016). Tämä on tärkeää, jotta tutkimukseen saadaan monipuolisempia näkökulmia, ja erilaisia riskejä voitaisiin kartoittaa. Seuraavaksi syvennyttään AZ-osien materiaalivirtaan luvussa 5 saatuja tuloksia hyödyntäen.

Luvussa 6.2 kootaan taulukkoon yleisimmät ongelmat, joita AZ-luokan osilla havaittiin, ja analysoidaan ne. Luvuissa 6.3, 6.4, ja 6.5 selvitetään keskeisten sidosryhmien, eli asiakkaan, kuljetuksen, toimittajien sekä kohdeyrityksen vaikutusta AZ-osien materiaalivirtaan. Jokaisessa luvussa eritellään keskeisin sidosryhmään liittyvä haaste ja tutkitaan, mistä se voisi johtua. Tavoitteena on selvittää syy- ja seuraussuhteita. Esimerkiksi jos osalla on poikkeuksellisen pieni kysyntä, se voi johtaa myös muihin ongelmiin. Pitkä toimitusaika voi olla seurausta toimittajan sijainnista, ja vastaavasti aiheuttaa suuria tilauseräkojoja. Kvalitatiivisen tutkimuksen perusteella selviää, että materiaalivirran kehittäminen on haastavaa, koska toimitusketjuun vaikuttaa moni asia. Jos jotain osa-aluetta muokkaa tarkoituksena tehostaa materiaalivirtaa, se voi aiheuttaa haasteita jollain toisella osa-alueella. Luvussa 6 kerrotut yksityiskohdat osien ominaisuuksista ja ongelmista ovat suurelta osin peräisin haastatteluista pois lukien ne tiedot, jotka voidaan havaita kvantitatiivisista tuloksista. (Materiaalisuunnittelija, 2021). Tilauseriä ja pakkauskokoja koskevat kappaleet sisältävät kommentteja pakkaussuunnittelijoilta (Projekti-insinööri, 2021)

6.1 Tutkimusaineiston kokoaminen

Kvalitatiivista aineistoa hankittiin haastatteluiden avulla. Diplomityö on sisältänyt monia keskusteluja eri vastuualueiden työntekijöiden kanssa. Erityisesti luvun 4 aineisto perustuu suurelta osin keskusteluihin. Nämä ovat kuitenkin olleet luonteeltaan epävirallisia, eikä haastateltaville ole esitetty etukäteen mietittyä kysymysrunkoa. Myös luvun 5 aineiston kokoamisessa on hyödynnetty keskusteluja, mutta keskustelut olivat suurelta osin järjestelmien käyttöön liittyviä koulutuksia, sekä tavoitteisiin että tutkimuksen edistymiseen liittyviä kommentteja yrityksen diplomityöohjaajalta, tai muilta työntekijöiltä. Varsinaiset materiaaliivirtaan liittyvät haastattelut käytiin vasta varaston numeerisen analyysin valmistumisen jälkeen. Syy tähän on se, että kysymykset osattaisiin kohdistaa oikein, ja voitaisiin keskittyä tavoitteiden kannalta oleellisiin osanimikkeisiin.

Ensimmäisiksi haastateltaviksi valittiin operatiivisesta materiaaliivirrasta vastaavat materiaalisuunnittelijat (2021). Perusteluna tälle on se, että työntekijällä olisi monipuolisesti kvantitatiiviseen analyysiin liittyvää tietoa. Tutkimukseen haastateltiin kahdeksaa materiaalisuunnittelijaa. Haastattelujen rakennetta kuvataan luvussa 1.3. Haastattelujen päivämäärät ja kestot löytyvät liiteluettelosta (liite 7). Koska tavoitteena oli selvittää materiaaliivirran tehottomuutta, aineistoksi otettiin kaikki 39 AZ-kategorian osaa ja kysymykset liittyivät luvun 5 tuloksiin. Kuten työssä on aikaisemmin todettu, koko JIT-varaston osanimikkeiden määrä on niin suuri, ettei kaikkia osia voida käydä haastatteluissa läpi. Haastateltavien suuren määrän myötä yksittäisiin osiin voitiin keskittyä perusteellisemmin, eikä yhden haastattelun kesto venynyt kohtuuttoman pitkäksi. Analyysin apuna käytettiin SAP Fiori-ohjelmistoa (luku 5.1) Liite 4 sisältää kysymykset, joita käytettiin keskustelujen apuna. Osien materiaaliivirta, ja muut ominaisuudet olivat keskenään erilaisia, joten haastatteluissa keskityttiin kyseistä osaa koskeviin asioihin. Kaikkia haastattelupohjan kysymyksiä ei käyty läpi, jos sille ei ollut tarvetta.

Nykyiset tilauserät ja pakkauskooot ovat nousseet yhdeksi keskeiseksi kysymykseksi tutkimuksen aikana. Valtaosaan luvun 5 aiheista on saatavissa hyvin tietoa yrityksen SAP-järjestelmistä, ja se mitä ei laskelmista suoraan nähdä, selviää materiaalisuunnittelun haastatteluista. Tilauserien ja pakkauskoosten muokkaaminen on kuitenkin osa-alue, joka ei

ole materiaalisuunnittelun vastuulla. Koska näiden haastattelujen, tutkimuksen tavoitteiden, sekä luvun 5.6 tulokset antavat aiheita tutkia myös tätä aihetta tarkemmin, käsitellään diplomityössä myös pakkaussuunnittelun kokemuksia (Projekti-insinööri, 2021). Tutkimuksessa selvitettiin ensin materiaalisuunnittelun mielipide AZ-osan tilauserästä ja pakkauskoosta, ja muutama yksittäinen osa valikoitui tarkempaan tarkasteluun pakkaussuunnittelun kanssa. Tässä haastattelussa oli mukana myös kehitysryhmän työntekijöitä, ja heistä oli suuri apu osien kysyntäennusteiden tutkimisessa ja arvioinnissa. Lisäksi keskusteltiin myös pakkauskokojen ja tilauserien muokkaamisesta yleisellä tasolla. Liite 5 kokoaa aiheet, joita pakkaussuunnittelun haastattelussa käytiin läpi. Liiteluettelosta löytyvät myös pakkaussuunnittelun haastattelun päivämäärä ja kesto (liite 7)

6.2 Materiaalivirran haasteet

Taulukkoon on kerätty yleisiä riskitekijöitä, joiden materiaalisuunnittelun haastattelujen perusteella havaittiin vaikuttavan osanimikkeen materiaalivirtaan heikentävästi (taulukko 6). Taulukon rakentamisessa on sovellettu suorituskykymatriisia, jota esitellään teorialuvussa 2.3. Taulukon ensimmäisessä sarakkeessa kerrotaan sidosryhmä, johon kyseinen ongelma liittyy. Haastatteluissa löydettiin kymmenen toistuvaa ongelmaa, joita haastateltavat arvioivat heikon materiaalivirran syyksi. Kiinnostava havainto on se, että osa taulukossa listatuista haasteista ovat samoja, joita ilmeni tutkimuksen aikaisemmassa vaiheessa (kuva 12.) Kuva 12 listaa mahdollisia syitä erikoisrahdille, ja maksuvastuu mukailee myös alla olevan taulukon luokitusta. Mikäli erikoisrahti on tilattava ennusteen muutoksen takia, maksuvastuu on silloin kuvan 12 mukaisesti asiakas. Taulukon havainnot selitetään tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

Taulukko 6, Havaintoja AZ-osien materiaaliavirrasta

Sidosryhmä	Ongelman kuvaus	Tapausten lukumäärä	%-osuus AZ-osista	Luokitus
Toimittaja ja kuljetus	Pitkä toimitusaika (yli 6 päivää)	19	49 %	2
	Kulkee terminaalin kautta	6	15 %	1
	Noudetaan harvoin	26	67 %	2
Asiakas	Kysyntä loppunut	6	15 %	1
	Pieni kysyntä	18	46 %	1
	Ennusteen muutoksia	9	23 %	1
Yritys	Suuri varmuusvarasto	5	13 %	3
	Suuri tilauserä tai pakkauskoko	13	33 %	2
	Paljon inventointieroja	3	8 %	3
	Järjestelmävirhe osan tilauksessa	3	8 %	3

Kolmannen sarakkeen luvut kertovat, kuinka monessa osanimikkeessä ongelmaa havaittiin. Samalla osalla saattoi esiintyä useampi riskitekijä. Tutkimuksen kohteena oli 39 osanimikettä, ja neljäs sarake kertoo tapauksen esiintyvyyden AZ-osiin suhteutettuna. Tämä muistuttaa Rantasen & Holtarin (1999) suorituskykymatriisin painotusmenetelmää, jossa tavoitteena on selvittää mitattavan asian merkitystä kokonaisuuden kannalta. Taulukon 6 prosenttiosuus siis kertoo sen, miten yleinen ongelma on kyseessä. Se ei kuitenkaan järjestä ongelmia niiden haitallisuuden perusteella.

Tutkimuksessa otetaan huomioon, onko yrityksen mahdollista korjata ongelmaa oman toiminnan muutoksella, tai voiko asiaan vaikuttaa tekemällä yhteistyötä taulukon sidosryhmän kanssa. On myös mahdollista, että kyseessä on kohdeyrityksestä riippumaton asia, johon on vain sopeuduttava. Tällä tavoin ongelmat voidaan jakaa kolmeen luokitukseen, joka on tehty taulukon viidenteen sarakkeeseen. Luokituksella ei ole välttämättä mitään yhteyttä taulukossa olevaan sidosryhmään, vaan se kuvaa ainoastaan sitä, miten kohdeyritys voi vaikuttaa samalla rivillä olevaan ongelmaan (taulukko 6). Sarake muistuttaa osittain SWOT-analyysin luokittelua, jossa etsitään ulkoisia uhkia, ja sisäisiä heikkouksia (Zhikang, 2017).

Luokitus 1

Luokitus 1 tarkoittaa sitä, että yrityksen mahdollisuudet vaikuttaa kyseiseen asiaan ovat vähäiset, tai jopa olemattomat. Lähtökohtaisesti asiakas määrittää autotilausten määrät, joka vaikuttaa osanimikkeiden tarve-ennusteisiin, ja sitä kautta kysyntään. Vaikka tulevaisuuden tuotantomääristä voi yrittää neuvotella, niihin vaikuttaminen on kuitenkin huomattavasti vaikeampaa verrattuna moniin muihin taulukon ongelmiin. Joissain tapauksissa osanimikkeellä havaittiin olevan poikkeuksellisen pieni kysyntä, mutta AZ-osista löytyi myös nimikkeitä, joiden kysyntä on loppunut kokonaan. Terminaalien kautta tapahtuva kuljetus johtuu kuljetusliikkeen toiminnasta. Jotkut yrityksen osista tulevat suoratoimituksina, eli ne kuljetetaan suoraan toimittajalta yrityksen varastoon. Terminaalikuljetuksessa osat kuitenkin käyvät kuljetusliikkeen logistiikkakeskuksessa, jossa ne puretaan, ja lastataan uudelleen toimitettaviksi. Mahdollisesti tähän voitaisiin vaikuttaa ottamalla yhteyttä kuljetusliikkeeseen, mutta lähtökohtaisesti se on kuljetusliikkeen päätäntävallassa.

Luokitus 2

Luokitus 2 sisältää ongelmat, joihin kohdeyrityksellä on huomattavasti paremmat mahdollisuudet puuttua, mutta jotka kuitenkin vaativat yhteistyötä osatoimittajan tai kuljetusliikkeen kanssa. Asioille yhteistä on se, että niiden muokkaaminen vaikuttaa myös sidosryhmien toimintaan. Toimitusajan lyhentäminen johtaa siihen, että kuljetusliikkeen on suunniteltava toimintaansa uudelleen. Yhdessä osanimikkeessä havaittiin, että pitkä kuljetusaika johtui tavaravaunun vaihdosta, joka vaati osien purkamisen ja uudelleenlastaamisen. Tällaisten järjestelyjen muuttaminen on luultavasti mahdotonta, joten tilanteeseen on sopeuduttava. Nämä voivat olla kuljetuksen ulkoistamisen riskejä, joista kerrottiin luvussa 2.1., mutta voi olla, että pitkät kuljetusmatkat Euroopassa vaativat tällaisia järjestelyjä joka tapauksessa (Razzague et al, 1998.) Pitkän toimitusajan luokitus on kuitenkin 2, koska yksittäisiä kuljetuksia on mahdollista nopeuttaa, tai vaihtoehtoisesti voi tilata erikoisrahdin. Ne eivät ole kuitenkaan pysyviä ratkaisuja lisäkustannusten vuoksi.

Tiluserä ja pakkauskoko voisi olla järkevää erottaa kahdeksi itsenäiseksi ongelmakseen. Joskus on kuitenkin vaikeaa arvioida, kumpi on osan kannalta varsinainen haaste, joten taulukossa nämä haasteet on yhdistetty. Pakkaussuunnittelun mukaan tiluserän muokkaamiseen ei tarvitse saada toimittajan suostumusta. Pakkauskokoa yritys ei voi päättää yksin, vaan niiden suunnittelussa on huomioitava myös toimittaja (Projekti-insinööri, 2021). Mikäli pakkauskokoa halutaan vaihtaa, ja tilata kerralla vähemmän osia, on toimittajan sopeutettava toimintaansa uuteen tilanteeseen. Tämän vuoksi pakkauskokoja ei mielellään lähdetä muokkaamaan, elleivät taustalla olevat syyt ole merkittäviä. Näitä syitä ei ole kuitenkaan määritelty, ja tilanteet on arvioitava tapauskohtaisesti. Toimittajan voi olla kannattamatonta valmistaa pieniä tilausmääriä, mutta tämä ei koske välttämättä kaikkia osia.

Joidenkin osien kohdalla noutojen välit ovat pitkiä, ja tällaisia osanimikkeitä löydettiin 26. Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta mitään AZ-osaa ei noudeta useammin kuin kerran viikossa. Tähän riskitekijään on koottu osanimikkeet, joita noudetaan tätäkin harvemmin, tai joissa noutojen vähäisen määrän uskotaan aiheuttavan tehotonta materiaalivirtaa. Noutopäivien lisääminen vaatisi selvitystä kuljetusliikkeen sekä toimittajan kanssa. Jos materiaalivirtaa haluttaisiin tehostaa tällä tavoin, olisi otettava huomioon lisääntyvien kuljetusten aiheuttamat lisäkustannukset.

Luokitus 3

Kolmas luokitus sisältää havainnot, joihin vaikuttaminen on yritykseltä mahdollista. Erityisesti varmuusvaraston muokkaaminen, ja inventoinnin virheiden vähentäminen eivät vaadi yhteistyötä sidosryhmien kanssa. Alimpana listattu järjestelmävirhe havaittiin kolmessa osanimikkeessä, ja ongelma oli kaikilla osilla samanlainen. Virhe johtuu siitä, että yhdestä osasta on muutamaa eri kokoista versiota. Toiminnanohjausjärjestelmä ei tätä kuitenkaan ymmärrä, joten jokaista osatarvetta kohti on tilattava yksi kappale jokaista kokoluokkaa, joista kuitenkin valmiiseen autoon asennetaan ainoastaan yksi. Tämä johtaa siihen, että varastoon tilataan jatkuvasti liikaa osia, eikä tiluseräkokojen muokkaamisella tai muillakaan sopeutustoimenpiteillä ole vaikutusta. Kaikki tämänkaltaiset osat eivät ole kuitenkaan päätyneet AZ-osien listalle, koska niiden osatarpeet ovat kuitenkin olleet hyvät.

Ongelmaksi tämä muodostuu vasta sitten, jos osalla on järjestelmävirheen lisäksi myös pieni kysyntä. Haastatteluissa havaittiin, että yhtä tällaista osaa on jo käytännössä loppumattomat varastot. Mikäli järjestelmävirhettä ei korjata, ainoa ratkaisu on materiaalisuunnittelijan suorittama manuaalinen varastotason seuranta, ja automaattisten tilausten poistaminen järjestelmästä, jos osaa on tulossa liikaa. Kolmella osanimikkeellä esiintyy poikkeuksellisen paljon inventointieroja. Järjestelmässä oleva osamäärä ei siis vastaa todellisuutta. Haastattelujen mukaan ilmiö johtuu useimmiten siitä, että kokoonpanossa hukataan kyseisiä osia poikkeuksellisen paljon. Inventointiero voi johtua myös toimittajasta johtuvista määräraeroista, joissa toimittaja on lastannut virheellisen määrän osia. Näillä kolmella AZ-osalla ongelma johtuu kuitenkin yrityksestä. Tähän syynä on se, että nämä osanimikkeet ovat hyvin pieniä ja halpoja, jonka takia niitä hukataan helposti.

6.3 Asiakkaan vaikutus materiaalivirtaan

Usein toistuva havainto oli se, että asiakkaan toiminta vaikuttaa eniten materiaalivirtaan. Erityisen hankala tilanne on silloin, jos osatarve vähenee voimakkaasti lyhyen ajan sisällä. Tämä johtaa siihen, että osaa tilataan ensin isolla tilauseräkoolla, ja varmuusvarasto on suuri. Kun kysyntä vähenee äkillisesti, varastoon jää paljon ylijäämää, koska varasto on varautunut aikaisempaan, suurempaan kysyntään. Lisäksi tilauseräkokoo on uudessa tilanteessa liian suuri. Pieni kysyntä ja ennusteen muutokset liittyvät siis läheisesti toisiinsa (taulukko 6). Ennusteen muuttuminen pienemmäksi on usein johtanut pysyvään pieneen kysyntään, mutta on myös osia, joilla tarve on aina ollut pieni. Taulukon 6 mukaan kuudella AZ-osalla on kysyntä loppunut kokonaan, eli osa on poistunut käytöstä. Siitä huolimatta osaa on vielä varastossa.

Kysynnän loppuminen

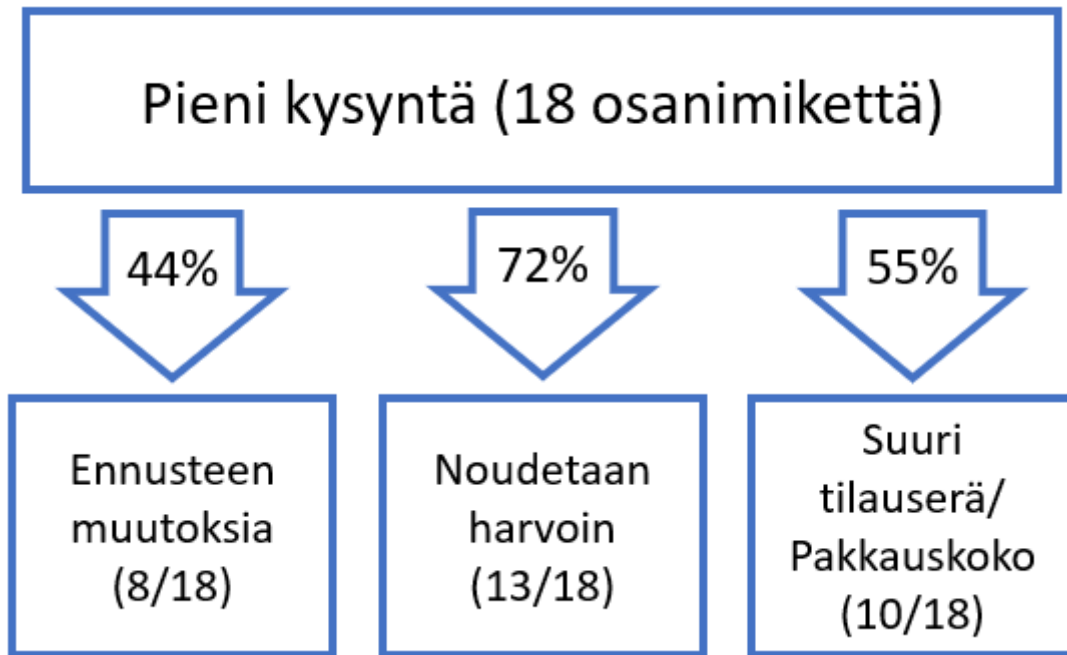
Joissakin tapauksissa osaa halutaan pitää varastossa varmuuden vuoksi siltä varalta, että sitä taas joskus tarvittaisiin. Muutaman osanimikkeen kohdalla varastoa on oltu aikeissa romuttaa ja poistaa varastosta, mutta sitä ei ole vielä ehditty tehdä haastatteluhetkellä. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että kysynnän loppuminen ei ole materiaalivirran tehokkuuden kannalta kovinkaan suuri ongelma, koska materiaalisuunnittelijat olivat näistä osista tietoisia jo ennen haastattelua. Toki yrityksessä voitaisiin arvioida sitä, kannattaako varastoja pitää

varmuuden vuoksi. Osilla, joiden tarpeet olivat loppuneet, keskimääräinen varaston arvo oli kesäkuussa 2021 noin 10 000 euroa, kun kaikilla AZ-osilla vastaava luku oli noin 33 000 euroa. Tästä voidaan päätellä, että mikäli osien tarpeet ovat loppuneet, jäljelle jäävä ylimäärä on laskelman perusteella todennäköisemmin AZ-osien keskiarvoa pienempi. Ongelma ei siis liity AZ-osien suurimpiin varaston arvoihin.

Pienen kysynnän kriteerejä ei ole määritetty erikseen, vaan luokitus perustuu ainoastaan materiaalisuunnittelijan kokemuksiin. Kuitenkin jos osien kysynnän historiatietoja katsotaan varaston numeerisesta analyysistä luvusta 5.5, huomataan että näiden 18 osanimikkeen keskimääräinen päiväkohtainen kysyntä on 3,4 kappaletta. Tämä on erittäin vähän, kun otetaan huomioon, että yritys valmistaa useita satoja autoja päivittäin. Näin ollen kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen aineisto näyttäisivät antavan samankaltaisia tuloksia.

Pieni kysyntä ja muuttuneet ennusteet

Kuvassa 28 käydään tarkemmin läpi niitä osia, joilla osatarve on ollut pieni. Kuva kertoo, mitä muita haasteita kyseisillä osilla on pienen osatarpeen lisäksi ollut. Esimerkiksi 44 prosentilla näistä osanimikkeistä havaittiin myös merkittäviä ennusteiden muutoksia kysyntähistoriassa. Kuva 28 ei oteta kantaa siihen, onko pienen kysynnän osanimikkeellä ollut useampaa alemmassa laatikossa kuvattua ongelmaa, mutta kvantitatiivisesta aineistosta nähdään, että jos osaa noudetaan harvoin, sillä on usein myös iso tilauseräkokoo. Ennusteen muutos on yleensä ollut negatiivinen, eli aikaisemmin ennustettu normaali kysyntä on yhtäkkiä laskenut merkittävästi. Yhdeksästä havaitusta ennusteen muutoksesta kahdeksan on johtanut niin pieneen kysyntään, että se arvioidaan merkittäväksi tehottoman materiaalivirran syyksi (taulukko 6). Kun kysyntä on ollut pieni, se on johtanut 72 prosentissa tapauksista siihen, että materiaalitovelaskenta luo osille tilauksia erittäin harvoin.



Kuva 28, Pieni kysyntä

Kuvassa 28 esitellyllä kahdeksallatoista osanimikkeellä tilausväli on ollut kahdesta viikosta jopa puoleen vuoteen. Kun osia tilataan harvoin, myös noutojen välit ovat sen mukaiset. Jos tilaus tehdään esimerkiksi vain kerran kuukaudessa, joudutaan osaa noutamaan kerralla koko kuukauden tarve. Tilauserä on silloin väistämättä viikko-, tai päivätarpeeseen suhteutettuna suuri, joka tarkoittaa sitä, että varastonkierto on huono, ja osa luokitellaan Z-luokkaan. Suuren tilauserän tai pakkauskoon osia on yhteensä 13 kappaletta AZ-osista, ja kymmenellä niistä on myös pieni kysyntä.

Vaikuttaisi siltä, että tilauseräkoko ei ole merkittävin tehottoman materiaalivirran syy, vaan se on enemmänkin seuraus muista ongelmista. Tätä perustellaan sillä, että pieni kysyntä on asiakkaan ennusteista, ja autotilauksista johtuva ominaisuus, johon yritys ei voi juurikaan vaikuttaa. Yritys siis joutuu sopeutumaan vallitsevaan tilanteeseen sopeuttamalla tilausmenetelmiään. Haastatteluissa keskusteltiin siitä, olisiko yrityksen järkevää pienentää tilauseräänsä ja tilata useammin pienempiä määriä, mutta haastateltavien arvion mukaan tämä johtaisi todennäköisesti siihen, että kuljetuskustannukset kasvaisivat merkittävästi, ja toimittaja ei välttämättä suostuisi tekemään pienempiä tilauksia kiinteiden kustannusten vuoksi (Materiaalisuunnittelija, 2021). Yrityksessä ollaan siis valmiita hyväksymään se, että näillä osilla on tehottomampi varastonkierto. Joillakin osilla liian iso tilauseräkoko vaikuttaa

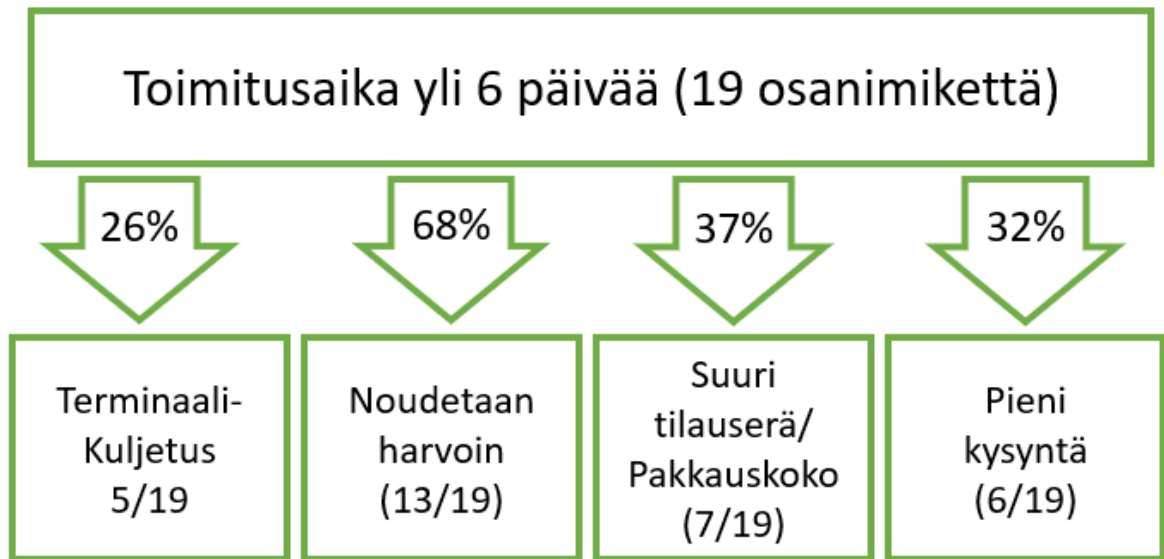
enemmän materiaalivirtaan, ja näillä osilla sitä kannattaisi pienentää. Tilauseriä ja pakkauskokoja käsitellään tarkemmin vielä luvussa 6.5.

6.4 Kuljetuksen ja toimittajien vaikutus materiaalivirtaan

Toimitusajan pituus vaikuttaa erityisesti siihen, miten nopeasti materiaalisuunnittelu kykenee reagoimaan tulevaisuuden osapuutteisiin, tai tuotantomäärien muutoksiin. Jos toimitusaika on pitkä, esimerkiksi inventointierossa syntyvää yllättävää osapuutteen riskiä on vaikeampi paikata. Mikäli osalähetys ei ehtisi tulla ajoissa, joudutaan osia tilaamaan erikoisrahdilla, jos toimittaja kykenee tuottamaan osat ajoissa (kuva 12).

Pitkä toimitusaika

Yritys tavoittelee jokaiselle osanimikkeelle enintään viiden päivän toimitusaikaa. AZ-osien keskimääräinen toimitusaika on seitsemän päivää, joten kaikilla osilla tämä tavoite ei toteudu. Pitkä toimitusaika ei ole kaikkien AZ-osien ongelma, vaan haastattelujen mukaan ehdot täyttää 19 osanimikettä. Haastattelujen jälkeen johtopäätös on se, että pitkä toimitusaika, ja pieni kysyntä eivät liity toisiinsa, eli pieni kysyntä ei lisää pitkän toimitusajan riskiä tai toisinpäin. Tätä havaintoa tukee haastattelujen avulla tehty analyysi pitkän toimitusajan osista, jonka tulokset esitellään alla olevassa kuvassa. (kuva 29). Pitkä toimitusaika arvioidaan merkittävämmäksi toimittajasta ja kuljetusliikkeestä johtuvaksi ongelmaksi, ja sen takia sitä tutkitaan tarkemmin.



Kuva 29, Pitkä toimitusaika

Vain kuudella osanimikkeellä on sekä pitkä toimitusaika, että pieni kysyntä. Tämä havaitaan ylemmän kuvan oikeanpuolimmaisesta laatikosta. Kuvassa 29 oleviin laatikoihin on listattu yleisimpiä tekijöitä, jotka havaittiin näillä yhdeksällätoista osalla pitkän toimitusajan lisäksi. Taulukon 6 mukaan yhteensä kuusi osanimikettä kulkee terminaalin kautta, ja näistä viidellä on lisäksi myös pitkä toimitusaika, kuten yllä olevasta kuvasta havaitaan. Terminaali on siis riskinä sille, että osan saapuminen kestää kauemmin, ja tämä tuli myös haastatteluissa ilmi. Monia kuvan 29 osia myös noudetaan harvoin, mutta tämä ei ole kovin yllättävää siitä syystä, koska tämä koskee suurinta osaa AZ-osista. Pitkällä toimitusajalla ja noutopäivien määrällä ei havaittu yhteyttä. Koska kuvan 29 osista vain kuudella on poikkeuksellisen pieni kysyntä, myöskään tilauseräkoot eivät ole merkittävä ongelma.

Pitkään toimitusaikaan voi olla useita syitä. Toimitusaika ei aina tarkoita pelkästään tavaran kuljettamista toimittajalta yrityksen varastoon joko suoratoimituksena tai terminaalin kautta. Joidenkin osien toimitusaikaa selittää se, että ne toimitetaan ensin alihankkijalle, joka valmistaa niistä varsinaisia osia autotehtaan tuotannon käyttöön. Tämä lisää toimitusaikaa useita päiviä, ja voi hankaloittaa valmistautumista tuotannon muutoksiin. SAP Fiorissa oleva toimitusaika voi olla myös korkeampi, kuin todellinen tilanne. MRP siis varautuu pitkään toimitusaikaan, mutta kuljetus saapuu oikeasti nopeammin. Osat ovat siis varastossa pitempään kuin olisi tarpeellista, ja varaston kierto nopeus hidastuu.

Jäädytysajan pituus

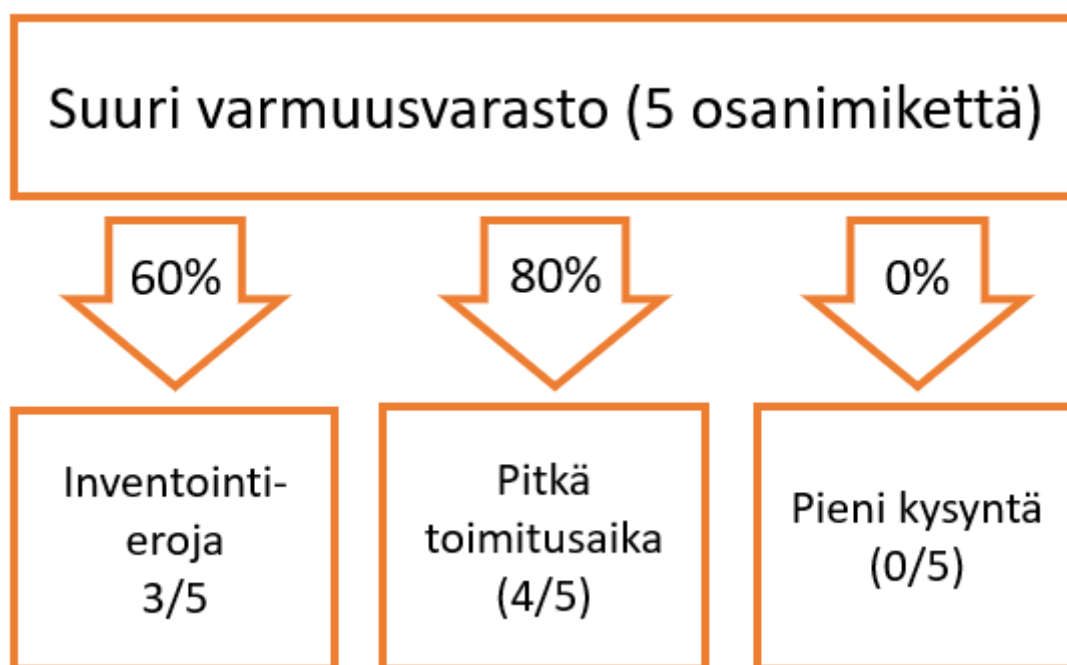
Yrityksen tilausmenettelyihin kuuluu myös tilausten jäädytysaika. Toimittaja joutuu varautumaan tuleviin tilauksiin tilaamalla raaka-aineita, suunnittelemalla tuotantoa, kohdistamalla henkilöresursseja, ja tekemällä muita valmistavia toimenpiteitä. Käytössä on tämän takia jäädytysaika, jonka jälkeen kohdeyritys ei voi enää muokata jo lähetettyjä tilauksia, vaan osamäärät sitoudutaan ottamaan vastaan. Joillakin kuvan 29 osilla oli myös tämän kanssa haasteita Tämä voi johtaa tilanteeseen, jossa osia joudutaan tilaamaan ennusteen, eikä vapautettujen autotilausten perusteella, koska tilauksia ei voida enää muokata. Mikäli ennuste ei pidä paikkaansa, seurauksena voi olla liian suuret tilausmäärät. Asiakkaan toiminta on tällaisessa tilanteessa osittainen syy tehottomalle materiaalivirrälle, mutta varsinainen syy on pitkä jäädytysaika. Pitkä jäädytysaika kuitenkin koski vain alle viittä osaa, eikä sitä arvioida yhtä merkittäväksi, kuin muita taulukon 6 ongelmia.

Toimittajan sijainti

Yksi keskeinen tekijä, joka viivästyttää toimitusta, on toimittajan sijainti. Mikäli osat haetaan Etelä-Euroopasta tai kauempaa, toimituksessa todennäköisemmin myös kestää pidempään. Esimerkiksi osien kuljetus eräältä italialaiselta toimittajalta kestää kymmenen päivää. SAP ei välttämättä aina kerro suoraan sitä, mistä osat todellisuudessa tulevat, vaan tähän asiaan vaaditaan tarkempaa tutkimusta. Yhden osan kohdalla suuri tilauserä oli materiaalisuunnittelijan mukaan välttämätön osatoimittajan sijainnin vuoksi. Osat haetaan kohdeyritykseen Saksasta, mutta todellisuudessa Saksassa sijaitseva toimittaja tilaa osat Etelä-Afrikasta, joka pidentää toimitusaikaa huomattavasti. Tämä johtaa siihen, että muuttuviin ennusteisiin ei voida juurikaan varautua, ja osaa kannattaa tilata kerralla suurempi määrä. Osat myös tulevat lentokoneella, joka rajoittaa tilauseriä rajallisen kuljetuskapasiteetin vuoksi.

6.5 Kohdeyrityksen vaikutus materiaalivirtaan

Kuvassa 30 käsitellään niitä AZ-osia, joilla on havaittu suuria varmuusvarastoja. Luvussa 5.4 selvitettiin rajausten mukaisten JIT-osien varmuusvarastot. Kvalitatiiviseen tutkimukseen otetuilla osilla oli keskimäärin melko pienet varmuusvarastot, ja niiden palveluasteet jäivät kirjallisuuden lähteiden mukaan liian pieniksi (kuva 21, kuva 22). Tämä johtuu siitä, että suurella osalla AZ-osista on edellisten tutkimusten mukaisesti pieni kysyntä, tai kysyntä on lähes olematonta.



Kuva 30, Suuri varmuusvarasto

Tämän takia myös varmuusvarastojen tarve on pieni. AZ-luokassa on myös muutama osanimike, joiden varmuusvarasto on erittäin iso (kuva 30). Vaikuttaa siltä, että isot varmuusvarastot ovat kuitenkin näillä osanimikkeillä perusteltuja. Tältä osin varmuusvarastojen määrittäminen on onnistunut. Arvio suuresta varmuusvarastosta on tullut haastateltavilta. Vaikka kysymyksissä ei suoraan kysytty varmuusvarastoista, ne nousivat kuitenkin keskusteluissa esiin.

Suuret varmuusvarastot ja inventointierot

Luvun 5.4 tulosten perusteella osilla ei oletettu olevan liian suuria varmuusvarastoja, joten haastatteluissa ei etukäteen keskitytty niihin. Aikaisemman tutkimuksen tulokset viittasivat siihen, että suurimmalle osalle AZ-osista yhteistä on se, että niiden kysyntä on melko pientä. Tämä ei ole yllättävää, koska listalle pääsyn kriteerinä on se, että varaston kiertonopeuden on oltava vähemmän, kuin yhden kerran kuukautta kohti. Kuvan 30 osat poikkeavat tästä oletuksesta. Kuvasta nähdään, että yhdelläkään osalla ei ole haastatteluissa havaittu pientä kysyntää. Päinvastoin kysynnän kerrottiin olevan poikkeuksellisen suurta, joten myös varmuusvarastoissa halutaan pitää suurempia määriä osia, jotta osapuutteilta vältyttäisiin.

Kategoriaan kuuluu esimerkiksi hitsaamon osa, jonka tilauserä on 7500 kappaletta, ja hankintahinta 0,04 euroa. Tällaiset osat ovat tyypillisesti hyvin pieniä, ja niitä kuluu suuria määriä kappaleissa mitattuna. Osan hinta ja koko ovat syy sille, että niitä katoaa tuotannossa helposti esimerkiksi hukkaamisen seurauksena. Yksittäisiä kadonneita osia ei poisteta varaston saldoilta, joten saldovirhe kertautuu. Lopulta näin syntyvä inventointiero alkaa näkymään todellista tilannetta suurempina varaston saldoina, joka voi johtaa osapuutteen riskiin. Tämän takia varmuusvarastossa halutaan pitää paljon osia varalla.

Vähäisen kysynnän osilla huono varastonkierto tarkoittaa sitä, että kaavassa 6 esitetyn jakolaskun osoittaja on pieni, kuvan 30 osilla vastaavan laskutoimituksen nimittäjä on suuri, ja kumoo korkean kysynnän vaikutuksen varaston kiertonopeuteen. Suuri varmuusvarasto ei ole välttämättä seurausta inventointierosta, vaan sille havaittiin myös muita riskitekijöitä. Aikaisemmin mainittiin osanimike, joka viedään ensin alihankkijalle, joka kokoaa valmiita, autoon asennettavia moduuleita. Tilanne muistuttaa siis luvussa 4.5 esiteltyä B-kategorian moduuliosaa, mutta tästä poiketen kohdeyritys ei itse kokoa moduuleita, vaan ne tehdään alihankkijalla. Syynä suurille varmuusvarastoille onkin pitkä toimitusaika, joka hankaloittaa ennusteiden muutoksiin varautumista.

Tilauserien ja pakkauskokojen muokkaaminen

Liiteluettelosta löytyy osanimikkeet, joilla on materiaalisuunnittelun mukaan liian iso tilauserä tai pakkauskoko (liite 6). Liitteessä on siis ne 13 osanimikettä, jotka on listattu luvun 6.2 taulukkoon. Osille on laskettu tilauserään ja pakkauskokoihin liittyviä lukuarvoja. Useimmat hankintahinnat on pyöristetty kokonaiseen euromääriin, mutta pakkauskokojen ja tilauserien arvot on laskettu tarkoilla luvuilla. On tärkeää huomata se, että edellisen vuoden kysynnän perusteella ei voi päätellä suoraan kysyntäennustetta. Tämän takia joillakin osilla tulevaisuuden viikkoennuste on erilainen edellisen vuoden kysyntään verrattuna. Kuten luvussa 6.2 mainittiin, tilauserän pienentämistä tai suurentamista ei tarvitse lähtökohtaisesti hyväksyttää toimittajalla. Pakkaussuunnittelun mukaan on kuitenkin mahdollista, että joissain osissa toimittaja olettaa kohdeyrityksen tilaavan vähintään tietyn määrän osia, jolloin sitä pienemmät määrät saattavat herättää kritiikkiä toimittajan suunnalta. Tämä tuskin estää tilauseräkoon muokkaamista, ja on enemmänkin neuvottelukysymys.

Ilmeisesti toimittaja on tottunut johonkin tilauserään, ja olettaa tilattavan määrän olevan vähintään kyseinen minimimäärä. Pakkaussuunnittelun haastattelussa ei mainittu sitä, että toimittajan saattaisi olla kannattamatonta tehdä pienempiä tilauseriä. Diplomityössä riski siis oletetaan pieneksi, eikä se ilmeisesti vaikuta tilauserien suunnitteluun. Pakkaussuunnittelun haastattelun perusteella tilauserän määrää voi siis säätää lähes vapaasti. Pakkauskoon muokkaaminen on huomattavasti isompi haaste, johon vaikuttaa keskustelujen perusteella ainakin kohdeyrityksen ennusteet, kuljetusliikkeen trailerin kapasiteetti, osan, sekä pakkauksen fyysiset ominaisuudet, ja kuljetuksesta aiheutuvat kulut. Yleisesti ottaen toimittaja ei mielellään lähde muuttamaan pakkauskokoa, ja prosessi vaatii selvittelyä. Toimittajan olisi suunniteltava tuotantoaan ja varastonsa toimintaa uudelleen.

Osilla on myös uudelleenkäytettäviä pakkauksia, kuten metallihäkkeitä. Näiden pakkauskokojen muuttaminen vaatisi siis uusien häkkien valmistamista. On mahdollista lastata häkit vain osittain täyteen. Silloin kuljetuskustannus olisi kuitenkin kokonaiselle häkille, jolloin osakohtainen kuljetushinta nousisi. Tässä ratkaisussa on logistinen ongelma, joka liittyy kuljetuksen tasapainottamiseen. Usein metallihäkeissä olevat osat ovat suuria, kuten esimerkiksi keskusteluissa esimerkkinä käytetty auton vaihteisto, joka on liitteessä osa

12. Mikäli metallihäkkiin lastattaisiin pariton määrä vaihteistoja, lopputuloksena olisi epätasapainossa oleva pakkaus. Tämä aiheuttaisi ongelmia osan kuljetuksessa ja lastaaminen saattaisi olla haasteellista trukkipuskille varsinkin vaikeammassa olosuhteissa. Osia siis olisi tilattava parillinen määrä.

Pakkaussuunnittelun kanssa käytiin läpi osanimikkeitä, joiden tilauserät tai pakkauskoot materiaalisuunnittelijat arvoivat liian suuriksi (liite 6). Keskustelussa keskityttiin pakkauskokoihin, koska niiden muokkaamisessa on enemmän haasteita. Ennen pakkauskoon muokkaamista on syytä vielä tarkistaa osan kysyntäennusteet, koska aikaisempi kysyntä ei takaa sitä, että osatarpeet olisivat pienet myös tulevaisuudessa. Sen jälkeen voidaan ottaa huomioon noutopäivien väliin jäävä aika, ja suhteuttaa sitä tarpeisiin ja pakkauskokoon. Esimerkiksi aikaisemmin mainitun vaihteiston pakkauskoko on kuusi kappaletta, ja osa tuodaan kuuden kappaleen metallihäkissä (liite 6). Osan kysyntäennuste näyttää alle viiden kappaleen kuukausitarvetta, vaikka joinakin viikkoina osaa ei tarvita ollenkaan. Tähän havaintoon perustuen nykyinen pakkauskoko arvioidaan liian suureksi. Pakkaussuunnittelun mukaan osaa voitaisiin mahdollisesti kuljettaa vajaisissa metallihäkeissä, mutta tämä nostaisi osakohtaista kuljetushintaa. Yhden kuutiometrin kuljetushinta on arviolta noin 20 euroa. Kun ottaa huomioon, että yhden vaihteiston hankintahinta on 1795 euroa, kuljetushinnan lisäys vaikuttaa maltilliselta. Keskustelun lopputulos olikin se, että pakkauskokoa kannattaisi pienentää tämän osan kohdalla.

Osa 11 on pakoputki, jota kuluu todella vähän suhteessa tilauserän kokoon (liite 6). Lähiaikojen ennusteet näyttävät noin kolmea kappaletta viikossa, samalla kun tilauserä ja pakkauskoko ovat molemmat 24 kappaletta. Osaa tilataan paljon kerrallaan, joka johtaa osaltaan siihen, että sitä myös noudetaan harvoin. Se on siis yksi AZ-osista, joita noudetaan harvoin (taulukko 6). Materiaalisuunnittelijan haastattelussa osan ainoat haasteet olivat pieni osatarve, iso tilauseräkoko ja harvoin tapahtuva nouto. Pieni osatarve ei välttämättä olisi ongelma, jos tilauseräkoko olisi pienempi. Osaa tutkittiin pakkaussuunnittelun kanssa ja pakkausmenetelmäksi selvisi lava, johon osaa pakataan kahteen kerrokseen, ja yhteen kerrokseen menee 12 kappaletta osia. Pakkaus olisi mahdollista puolittaa, jolloin pakkauskoko ja tilauserä tippuisivat 12 kappaleeseen. Oli kuitenkin epäselvää, onko laitojen määrää mahdollista muuttaa, jolloin lavan kuljetuskustannus pysyisi samana, mutta osia saataisiin puolet vähemmän. Pakkaussuunnittelun arvion mukaan kuljetuskustannus voisi

olla tällaisessa tilanteessa kymmenen euroa osaa kohti, jonka hankintahinta ilman kuljetuskustannuksia on 723 euroa (liite 6).

Keskusteluissa tuli selväksi, että pakkausten muokkaaminen on aikaa vievää työtä, ja vaatii paljon osakohtaista selvittelyä. Oleellinen kysymys on se, halutaanko pitää korkeampaa varastonkiertoa ja pientä varaston arvoa, vai säästää kuljetuskustannuksissa. Näiden kahden esimerkin perusteella päätös on tehtävä jokaiselle osalle erikseen. Kalliin vaihteiston tapauksessa nousevat kuljetuskustannukset jäävät melko pieniksi. Halvemman, mutta trailerissa paljon tilaa vievän pakoputken kohdalla kuljetuskustannus voi nousta. Paras vaihtoehto olisi se, jos pakkausta voisi pienentää tilatun määrän mukaisesti. Tässä kuitenkin hankaloittaa uudelleenkäytettävien pakkausten huono muokattavuus.

7 TUTKIMUSTULOKSET

Luvussa 7 käsitellään diplomityön tuloksia, ja pohjustetaan vastauksia tutkimuskysymyksiin akateemisen lähdeaineiston avulla. Luvut painottuvat erityisesti siihen, mitä ovat nykyisten ongelmien taustalla olevat syyt ja miten materiaalivirtaa kannattaisi kehittää. Joskus ensimmäisen ja toisen tutkimuskysymyksen välinen rajanveto on vaikeaa. Tutkimuskysymyksiin vastataan lyhyesti vielä luvussa 8. Seuraavissa kappaleissa on käsittelyssä yrityksen materiaalivirran nykytilanne ja keskeiset tekijät nykytilanteen taustalla. Luku 7.1 kokoaa yhteen yrityksen ulkopuolista toimintaympäristöä. Luku 7.2 käy läpi materiaalivirran nykytilaa, ja yrityksen sisäisiä materiaalivirtaan liittyviä asioita. Luvussa 7.3 tehdään johtopäätökset siitä, miten yritys voisi kehittää materiaalivirtaansa.

7.1 Syyt nykytilanteen taustalla

Empiirisen tutkimuksen perusteella materiaalivirtaan vaikuttavat markkinoiden tilanne, kuten kysyntä ja niiden ennustaminen. Lisäksi toimitusketju on riippuvainen sidosryhmistä, joista merkittävämpiä ovat toimittajat ja kuljetusliikkeet. Kohdeyritys on autojen sopimusvalmistaja, ja asiakkaalla on myös omia autojen kokoonpanotehtaita. Kysyntä ja osatoimittajat voivat olla molemmissa tapauksissa samankaltaisia, riippuen automalleista. Loppukäyttäjän toiveet uuden auton suhteen vaihtelevat paljon, ja autoteollisuuden olisi kyettävä tarjoamaan erilaisia vaihtoehtoja (Giri et al, 2014). Autojen lisävarusteet voivat vaihdella, ja usein lisämaksusta uuteen autoon on mahdollista saada esimerkiksi hienommat verhoilut, tai lisäelektroniikkaa. Tämä kaikki vaatii toimitusketjulta suorituskykyä, ja joustavuutta, koska harvinaisempiakin lisävarustevaihtoehtoja olisi kyettävä tarjoamaan. Meyr (2009) esittää autotilaukselle aikarajaa, jonka mukaan tilauksen lähettämisestä tulisi kulua neljästä kuuteen viikkoa siihen, kun auto on valmis. Artikkelin käsittelee Saksan autoteollisuutta, joten artikkeli antaa vertailukohtaa myös tämän diplomityön tutkimukselle, koska kohdeyritys valmistaa saksalaista automerkkiä, sekä suuri osa toimittajista sijaitsee Saksassa.

Empiirisen aineiston mukaan joidenkin AZ-osien toimitusaika saattaa olla jopa kaksi viikkoa (taulukko 6). Edellä mainitusta kuuden viikon läpimenoajan minimimitavoitteesta olisi siis jo kolmannes kulunut pelkästään yhden osan toimitukseen. Osia on siis pakko pitää varastossa, ja usein myös JIS-osat tulevat hieman etuajassa, vaikka niitä ei olekaan tarkoitus erikseen varastoida. Giri et al (2014) toteaa, että toimitusketjun suunnittelulla on suuri merkitys operatiiviseen toimintaan. Yleinen käsitys voi olla se, että jokainen linjastolta tuleva auto on lähes samanlainen. Syynä oletukseen voi olla esimerkiksi se, koska ulkoisesti saman mallin autot eroavat melko vähän toisistaan. Kuitenkin erityisesti Premium-malleissa loppukäyttäjä voi muokata tilaustaan erittäin paljon (Meyr, 2009). Artikkelin kuvaus sopii myös kohdeyrityksen valmistamiin tuotteisiin.

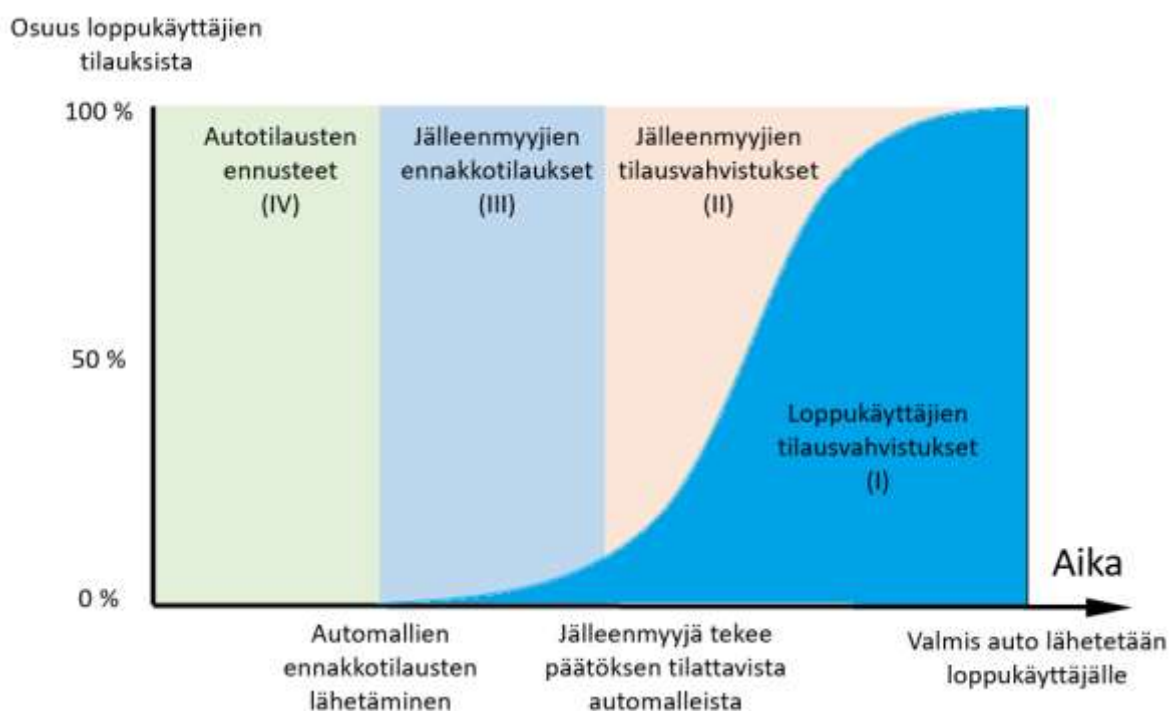
Informaation kulkeutuminen autoteollisuudessa

Luvussa 2 kerrottiin materiaalivirran prosesseista, ja fyysisten tuotteiden lisäksi käsittelyssä oli informaation kulku (Childerhouse et al, 2003). Artikkelissa nostetaan yhdeksi tutkimuksen osa-alueeksi organisaatiot, joiden välillä tiedonkulkua tapahtuu. Tässä diplomityössä on tutkittu jonkin verran kohdeyrityksen sisäistä, ja toimitusketjun eri organisaatioiden välistä tiedonkulkua, vaikka tutkimus onkin keskittynyt enemmän varaston toimintaan. Yrityksessä ei havaittu ongelmaa operatiiviseen toimintaan liittyvässä sisäisessä tiedonkulussa, joka johtaisi heikkoon materiaalivirtaan. Toimittajien ja kuljetusliikkeiden kanssa on aika ajoin haasteita. Haastatteluissa niitä ei erikseen korostettu, joten AZ-osien ongelmat eivät johdu kovinkaan usein huonosta tiedonkulusta. Tässä asiassa on paljon toimittaja-, ja kuljetusliikekohtaisia eroja, ja varmasti tätä ongelmaa ilmenee joidenkin JIT-osien kohdalla (taulukko 6).

Informaatio kulkee riittävän hyvin varaston, kuljetus- ja tuotannosuunnittelun, sekä materiaalisuunnittelun välillä. Mahdolliset väärät pakkauskoot tai muut vastaavat haasteet johtuvat enemmänkin siitä, että henkilöstöresurssit ohjataan tärkeämpiin operatiivisiin tehtäviin, eikä varastonohjausparametreja ehditä päivittää, vaikka tarvetta saattaisi olla. Monet operatiiviset asiat, kuten myöhässä olevien toimitusten ja osien riiton seuranta, vaativat toimihenkilöiltä manuaalista työtä ja tämä johtuu sekä järjestelmien rajoituksista, että toimialan nopeasti muuttuvista tilanteista. SAP esimerkiksi antaa tiedon, että osan

varastot ovat loppumassa, mutta työntekijöiden on erikseen tarkastettava, tarvitseeko tilanteeseen reagoida jotenkin. Tämä puolestaan sitoo materiaalisuunnittelun resursseja.

Kuva 31 esittelee autoteollisuudessa tapahtuvaa tiedonkulkua (Meyr, 2009). Se kertoo prosessista, jonka avulla kysyntä määräytyy saksalaisessa autoteollisuudessa. Prosessi kuvaa tarkemmin luvussa 2 mainittua kysynnän kulkeutumista sidosryhmien välillä (Arnold et al, 2008) Kuvan ensimmäinen osio tarkoittaa ennusteita, joiden avulla autotehtaan tuotantoa ja materiaalivirtaa aletaan suunnittelemaan. Sen jälkeen autojen jälleenmyyjät lähettävät ennakkotilaukset, esimerkiksi loppukäyttäjän toiveiden mukaisesti. Ennakkotilausten lähettämisen jälkeen jälleenmyyjällä on kolmesta viiteen viikkoa aikaa vahvistaa tilauksensa. Kuva osoittaa sen, että myös kysynnän määräytyminen on monimutkainen prosessi. Kohdeyrityksessä osatarpeita lähetetään osatoimittajille jo autotilausten ennusteiden saapuessa, eli osia aletaan tilaamaan jo siinä vaiheessa, kun varsinaisia autotilauksia ei ole edes vahvistettu.



Kuva 31, Kysyntätietojen kulkeutuminen autotehtaalle

Meyerin (2009) artikkeli selittää jonkin verran kohdeyrityksen AZ-osien materiaalivirran haasteita. Kuva 12 listaa yleisiä syitä erikoisrahdille, joita yrityksessä on havaittu, ja ensimmäisenä mainitaan ennusteiden epätarkkuus. Tästä voi päätellä, että yllä olevassa

prosessissa ennusteiden ja varsinaisten tilausten välillä on eroja. Tutkimus rajattiin kaikkiin JIT-osiin poissulkien kemikaalit, ja muut osat, joille ei löydy tietoja Power Bi:stä, mutta siitä huolimatta näiden osien toimittajia oli noin 700 kappaletta. Meyr (2009) mukaan yhden auton osaluettelo sisältää useiden satojen toimittajien osia, ja lisäksi toimitusketjuun kuuluvat myös osatoimittajien raaka-aineiden hankinta. Toimitusketjun laajuus lisää siis toimitusvaikeuksien riskejä.

Johtopäätöksenä on, että kohdeyritys joutuu varautumaan toimitusketjun riskeihin, jotka liittyvät toimittajien ja kuljetusliikkeiden rajalliseen kapasiteettiin. Osilla voi olla pitkät toimitusajat, jotka johtuvat toimittajien sijainnin, tai muun vastaavan syyn takia. Jos tämä yhdistetään ennusteen ja kysynnän välisiin epätarkkuuksiin, tai pieneen kysyntään, seuraukset näkyvät materiaalivirrassa. Tehottoman varastonkierron AZ-osille on tyypillistä se, että niiden kysynnässä tai toimitusketjussa on haasteita, joiden myötä niiden varastointi on vaikeampaa (taulukko 6)

7.2 Havainnot materiaalivirrasta

Tavoitteina oli analysoida rajatun JIT-varaston materiaalivirran tehokkuutta ja selvittää, esiintyykö materiaalivirrassa haasteita. Tutkimuksessa selvitettiin keskeisiä varaston ohjausparametrejä, ja muita varaston tunnuslukuja. Varaston numeerisen aineiston perusteella koottiin analyyseja, jonka avulla paikannettiin se osa varastosta, josta tehtiin lisätutkimuksia. Lisätutkimukset liittyivät kvantitatiivisen analyysin tuloksiin. Lopputuloksena saatiin selville keskeisimmät ominaisuudet ja muut havainnot, jotka yhdistävät niitä osanimikkeitä, joiden varaston kiertonopeus on poikkeuksellisen hidas, ja joiden varastot ovat suuria.

Havaintoja varastosta ja sen analysoinnista

Kohdeyrityksen JIT-varastossa erilaisia osanimikkeitä on yli viisi tuhatta. Yhdessä osien suuren vaihtuvuuden kanssa tämä tarkoittaa helposti sitä, että varasto sisältää osia, joiden materiaalivirta ei ole tehokasta. Arviolta komponenttien yhteismäärä yhtä autoa kohti on noin 20 000 kappaletta, ja asennettavia moduuleja noin 1000 kappaletta (Giri et al, 2014). Moduuli voi olla toimittajan kokoama, kuten luvussa 6.5 käsitelty vaihteisto, tai se voi

tarkoittaa kohdeyrityksen omassa tuotannossa koottavaa moduulia (kuva 13). Suurta osa- ja toimittajamäärää on hankala hallita, ja jokaisen osanimikkeen materiaalivirtaa ei ole mahdollista seurata manuaalisesti. Kuitenkin luvun 5 kaltaisia koko varaston kattavia analyyseja on mahdollista tehdä, ja toiminnanohjausjärjestelmä toimii hyvin operatiivisen toiminnan suunnittelussa. Arvovirtakaavion perusteella SAP-järjestelmä kokoaa hyvin yhteen yrityksen eri osa-alueet, ja niiden sisältämät tiedot, joten henkilökunnalla on riittävästi tietoa operatiiviseen toiminnan suunnitteluun (kuva 10).

Jos materiaalivirtaan haluttaisiin vaikuttaa enemmän, olisi tehtävä osakohtaista tutkimusta. Pakkaussuunnittelun kanssa käydyn keskustelun jälkeen voi todeta, että tämä on aikaa vievää työtä, ja mikäli ennusteet muuttuvat yllättäen pysyvästi, työ on aloitettava alusta. Päivittäiset operatiiviset tehtävät vievät paljon resursseja, eikä osakohtaiselle materiaalivirran seurannalle jää riittävästi aikaa (Projekti-insinööri, 2021). Tavoitteina oli selvittää nykyistä materiaalivirtaa ja varaston tilannetta, ja etsiä myös syitä nykytilanteelle. Empiirisen tutkimuksen perusteella suurimpana yksittäisenä riskinä materiaalivirran ongelmille on kysynnän luomat haasteet, johon sopeutuminen on vaikeaa ja joka aiheuttaa hankaluuksia materiaalivirran suunnittelussa.

Maailmanlaajuisesti suurimpia toimitusketjun haasteita ovat muun muassa kustannusten hillitseminen, riskien hallinta, asiakkaiden kasvavat vaatimukset, ja globalisaatio (Giri et al, 2014). Nämä ovat asioita, joiden havaittiin aiheuttavan ristiriitoja materiaalivirran suunnittelulle myös tässä tutkimuksessa. Kuljetuskustannusten pienentäminen johtaa empiirisen tutkimuksen perusteella helposti suuriin pakkauskokoihin, ja isoihin varastoihin. Asiakkaiden kasvavat vaatimukset kuitenkin tarkoittavat autojen jatkuvaa kehitystä, joka johtaa osien päivitykseen ja sitä kautta ylijäämään, mikäli osan ennuste on ollut aikaisemmin suuri, ja ylimääräistä varastoa on päässyt syntymään. Haastatteluissa löydettiin kuusi AZ-osaa, joilla oli jäänyt ylimääräistä varastoa tarpeiden loppumisen jälkeen (taulukko 6). Tuotteiden päivitys on kuitenkin normaalia kehitystä, ja osien vaihtuminen on väistämätöntä. Mikäli varastotasoa seurataan riittävän usein ja tarpeettomat osat poistetaan, osien poistuminen tuotannosta tuskin aiheuttaa suuria ongelmia.

Havainnot varmuusvarastoista ja kiertovarastoista

Usein kiertovarastolla tarkoitetaan täydennyserää jaettuna kahdella, kuten Larsonin & DeMaraisin artikkelissa vuodelta 1990. Useimmiten artikkeleissa kerrotaan lisäksi tilauspistejärjestelmästä hälytysrajoineen, ja täydennyserä oletetaan vakioksi. Tilauspistejärjestelmä voi toimia hyvin lääketeollisuudessa (Celik, 2013). Autoteollisuudesta ei kuitenkaan juurikaan löydä tilauspistejärjestelmän sovelluksia kirjallisuudesta. Kohdeyrityksessä puhutaan taloudellisesta tilauserästä, jota merkitään yrityksen SAP-järjestelmässä tunnuksella EOQ. Ristiriita on siinä, että kertatilauksen määrä ei useinkaan ole taloudellista tilauserää vastaava määrä, vaan se voi vaihdella osatarpeen ennusteen mukaisesti. Yrityksen EOQ on siis eri asiaa, kuin mitä sillä yleensä kirjallisuudessa tarkoitetaan. Kohdeyrityksessä todellisen täydennysmäärän on oltava jaollinen taloudellisella tilauserällä. Tämä tarkoittaa sitä, että kiertovarasto ei ole osilla vakio, vaan se vaihtelee ennusteen ja tilausmäärien mukaisesti. Larson & DeMarais kuitenkin määrittelevät kiertovaraston sen varaston osaksi, joka on seurausta täydennysprosessista ja vastaa kulloiseenkin kysyntään.

Yrityksen kiertovarasto seuraa kysyntää pienellä viiveellä. Taloudellisen täydennyserän kaavassa on otettava huomioon varastointi- ja kuljetuskustannusten lisäksi myös kysyntä (Kumar, 2016), joten jos kysyntä muuttuu suuremmaksi, myös taloudellisen täydennyserän pitäisi reagoida tähän. Tilauserän ei siis välttämättä edes tarvitse olla vakio. Radasanun (2016) artikkelissa tilauserä on vakio, mutta artikkelin mukaan varmuusvaraston pitäisi ottaa huomioon toimituspäivien viivästymiset, täydennysajan vaihtelut, sekä ennusteiden epätarkkuudet. Yrityksessä varmuusvarastojen laskemiseen ei käytetä mitään kaavaa, joka ottaisi huomioon edellä mainitut asiat, joten se on aina samanlainen, ellei materiaalisuunnittelu muokkaa sitä. Todellisen tilausmäärän koko on MRP-järjestelmän laskema, ja se pohjautuu ennusteeseen. Johtopäätös on siis se, että täydennyserä ottaa huomioon mahdolliset kysynnän vaihtelut varmuusvaraston sijaan. Tämä tarkoittaa sitä, että myös kiertovarasto muokkautuu ennusteen mukaisesti, ja käyttäytyy varmuusvaraston tavoin.

Vaikka varmuusvarastojen suunnittelussa ei käytetä laskukaavoja, tai mitään yleisiä, ennalta määritettyjä periaatteita, vaikuttaa kuitenkin siltä, että niitä seurataan osakohtaisesti ja reagoidaan, jos varmuusvarasto on liian pieni. Tämä selviää AZ-osien empiirisestä tutkimuksesta, jossa suuria varmuusvarastoja perustellaan esimerkiksi inventointieroilla, ja suurella kysynnällä. Osanimikkeillä, joilla kysyntä on vähäistä, varmuusvarastot ovat pieniä. Radasanun et al (2016) mukaan varmuusvaraston arvon on oltava suurempi, jos osanimike on kriittinen. Kuva 23 listaa eri osakategorioiden keskimääräisen osanimikkeen kysynnän. Havaintona on, että korkeamman kysynnän osanimikkeellä on jokaisessa osaluokassa myös suuremmat varmuusvarastot (kuva 19, kuva 20). Empiirisen tutkimuksen perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että varmuusvarasto määräytyy samalla tavoin, kuin kirjallisuudessa suositellaan.

On vielä pohdittava, onko korkean kiertonopeuden osilla liiankin suuret varmuusvarastot. Radasanun (2016) artikkelin perusteella näin voi olla, koska hänen mukaansa varmuusvaraston kannattaisi olla 10–20 prosenttia kokonaisvarastosta. Colak et al (2019) tutkii artikkelissaan varmuusvarastoja autoteollisuudessa. Tutkimus ottaa huomioon sen, että osatarpeet voivat muuttua, ja toimitusketjun voi olla vaikeaa vastata uusiin osatarpeisiin. Kyse on varmuusvaraston kaavassa esiintyvistä keskihajonnasta, ja sen vaikutuksesta varmuusvarastoon. Korkeamman keskihajonnan osanimikkeillä varmuusvaraston on oltava suurempi, näin tapahtuu myös kohdeyrityksessä (taulukko 7). Alla olevassa taulukossa on laskettu jokaisen osaluokan keskimääräisen osanimikkeen keskihajonta valuutassa mitattuna.

Taulukko 7, JIT-osien keskihajonta

Osaluokka	AX	AY	AZ	BX	BY	BZ	CX	CY	CZ
Keskihajonta €/kk	64 321 €	18 797 €	6 076 €	6 948 €	4 225 €	1 443 €	1 893 €	790 €	246 €

Artikkelin ABC-analyysi muistuttaa kohdeyrityksen vastaavaa analyysia, joissa pieni määrä kalliita osanimikkeitä käsittää suurimman osan varaston arvosta (Colak et al, 2019). Tutkimuksen varastoa voi siis tältä osin verrata kohdeyritykseen. Korkean keskihajonnan osanimikkeellä on oltava korkeampi varmuusvarasto, koska tällöin osapuutteen riski kasvaa liian suureksi verrattuna suuren varmuusvaraston ylläpitokustannuksiin. Vastaavasti

matalampi keskihajonta tarkoittaa sitä, että riittävä palveluaste voidaan saavuttaa myös matalammalla varmuusvarastolla, ja näin onnistutaan välttämään ylimääräiset kustannukset. (Colak et al, 2019).

Kohdeyrityksessä korkeamman keskihajonnan osanimikkeillä näyttäisi olevan suhteellisesti suuremmat varmuusvarastot (kuva 20, taulukko 7). Suuri kysyntä saattaa näkyä helposti myös suurempana keskihajontana, ja joillakin AZ-osilla kysyntää ei välttämättä ollut joinakin kuukausina ollenkaan. Tämä johtaa siihen, että myöskään hajontaa ei ole. Yrityksessä ei kuitenkaan oteta varmuusvaraston määrityksessä huomioon erikseen keskihajontaa, palveluastetta, tai kuljetusaikoja, vaan varmuusvarasto on sidottu kysyntään. Varmuusvarasto voi olla yhden päivän kysyntä tai enemmän. Ajatuksena on luultavasti se, että varastossa olisi jatkuvasti sellainen määrä osia, jolla tuotanto pärjäisi esimerkiksi yhden päivän. Tämä on melko hyvä ratkaisu ottaen huomioon sen, että kuljetusaikoja ei ole saatavilla. Jos osalla on pienempi kysyntä, myös varmuusvarastossa on vähemmän osia, sen voi havaita AZ-osien varmuusvarastoista (kuva 23, kuva 25).

Havainnot tilauseristä ja osapakkauksista

Tilauserän suunnittelussa on tasapainoiltava kuljetus- ja varastointikustannusten välillä kysyntä huomioiden. Taloudellisen tilauserän laskemiseen on olemassa kaava, jota esitellään Kumarin (2016) artikkelissa. Usein taloudellisen tilauserän tutkimuksissa tehdään lukuisia oletuksia, ja kaavaa voi käyttää vain riittävän vakiintuneissa olosuhteissa. Tästä aiheesta kertovat muun muassa Kumar (2016) ja Verma et al (2020). Kaavaa käyttäekseen olisi oltava uskottava arvio tulevan vuoden kysynnästä, ja sen pitäisi olla tasaista. Lisäksi tilaus- ja kuljetuskustannusten olisi oltava suoraan riippuvaisia tilausmääristä (Kumar 2020). Tilauksen läpimenoaikojen täytyy olla muuttumattomia, samoin kuin osien hankintahintojen. Kaava ei siis ota huomioon sitä, jos kuljetettavan trailerin kokonaiskustannus muuttuu kuljetettavien osamäärien mukaisesti. Pakkaussuunnittelun näkemys olikin se, että taloudellisen tilauserän kaava sopii huonosti autotehtaan käyttöön, koska osien ominaisuudet vaihtelevat paljon, ja se vaikuttaa kuljetuksen kustannusten arviointiin (Projekti-insinööri, 2021).

Taloudellisen tilauserän kaavaa käytetään myös autoteollisuudessa, mutta varsinaista autojen kokoonpanoon liittyvää tutkimusta on haastavampi löytää. Enemmän esimerkkejä löytyykin osatoimittajien kokemuksista. Kaavaa sovelletaan esimerkiksi auton turvalaseja valmistavassa yrityksessä (Ngadono et al, 2020). Tässä artikkelissa tilattavana on kemiallinen yhdiste. Lähdeaineiston perusteella voi päätellä, että tilauserää on helpompi suunnitella, jos tilataan keskeistä ainesosaa. Sitä myös tarvitaan jokaisessa tehtaan valmistamassa tuotteessa, eivätkä tuotekohtaiset tarpeet eroa kovinkaan paljon. Tällaiset ominaisuudet helpottavat varaston hallintaa, eikä tässä diplomityössä havaittuja ylijäämävarastoja pääse syntymään, koska kyse on raaka-aineesta, jota tarvitaan joka tapauksessa.

Diplomityön kohdeyrityksessä tilauserää voisi olla helpompi laskea X-osille, koska näillä osilla varasto kiertää nopeammin, ja kysyntä on suurempaa. Pakkaussuunnittelun kanssa ei käyty läpi nopeasti kiertävien osien tilauseriä, eikä haastattelussa erikseen kysytty, miten näiden osien tilauserät määritetään. Asiaa voidaan kuitenkin arvioida ottamalla tarkasteluun kaikki yrityksen osanimikkeet. Kun jokaiselle osalle selvitetään tilauserä- ja pakkauskoko Power Bi-järjestelmästä saatavalta listalta, huomataan että noin 83 prosentilla osanimikkeistä pakkauskoko on samalla myös tilauserä. 83 prosentilla osanimikkeistä tilauserää ei siis voisi edes pienentää, vaan silloin olisi muokattava pakkauskokoa, joka on haastattelujen perusteella todella työlästä.

AZ-osilla vastaava luku on 62 prosenttia, eli AZ-osien kohdalla on todennäköisempää, että osanimikkeen tilauserä on suurempi kuin pakkauskoko. Luvussa 5.6 tilauserän ja pakkauskoon erot ovat kuitenkin huomattavasti suurempia (kuva 26). Luultavasti joillakin osanimikkeillä tilauserä on todella iso verrattuna pakkauskokoon, joka voisi selittää kuvassa näkyvät erot. Esimerkiksi osalla 3 tilauserän on noin 12 kertaa pakkauskoon arvon (liite 6). Kun kohdeyrityksen kaikkien osien tietoja katselee, huomaa monella osalla sekä tilauserän että pakkauskoon olevan yksi kappale. Tämä on tyypillistä erityisesti kalliimmilla osilla. Koko tutkimuksen osalta tilauserien ja pakkauskokojen johtopäätös on se, että niiden kokoihin vaikuttaa paljon yrityksestä riippumattomat asiat, jotka liittyvät kysyntään, ja ennusteisiin. Epätasainen ja muuttuva kysyntä tarkoittaa sitä, että tilauserää ja pakkauskokoa voisi jatkuvasti hienosäätää, ja mikäli osan kysyntä on suurempaa, myös osia tilataan enemmän kerrallaan.

Kun osan tilausmäärät ovat suuria, sitä tulee kerrallaan monta tilauserää. Suurissa tilausmäärissä ei ole niin tärkeää, onko osien määrä täysin oikea, koska tilannetta voidaan korjata seuraavassa tilauksessa. Mikäli edellisessä noudossa osia on otettu liikaa, voidaan seuraavana noutopäivänä tilata vastaavasti vähemmän. Pakkauskoon muokkaaminen todetaan niin haastavaksi, että niiden jatkuva seuraaminen ja muokkaaminen koko varaston osalta ei ole mitenkään mahdollista henkilöstöresurssien suuren tarpeen vuoksi. Tämä tuli ilmi myös haastattelussa. Pakkaussuunnittelu pyrkii kuitenkin ottamaan työssään huomioon periaatteet, joita sivuttiin myös aiheesta kertovissa artikkeleissa (Kumar 2016, Verma et al, 2020). Erityisesti kuljetuskustannusten minimointi on oleellisessa osassa päivittäisessä työskentelyssä.

7.3 Kehitysehdotukset

Viimeisenä tavoitteena on miettiä kehitysideoita, joiden avulla yritys voisi parantaa materiaalivirtaa. Diplomityössä on selvitetty, että materiaalivirtaa voidaan luokitella useilla eri tavoilla varaston käyttäytymisen perusteella, ja erityisesti AZ-osien materiaalivirtaa olisi tarpeen kehittää. Tutkimukseen kuului myös nykyisten yrityksen prosessien lyhyt esittelyosio, joka löytyy luvusta 4. Myös nämä prosessit vaikuttavat materiaalivirtaan (kuva 10). Luvussa 4.7 kootaan muutamia kehityskohteita, joita kohdeyrityksen prosessien nykytila-analyysistä havaittiin.

Tutkimustulosten hyödyntäminen materiaalivirran kehittämässä

Yksi varaston ongelma on etukenossa olevat toimitukset, jotka sitovat varaston kapasiteettia, ja lisäävät osien pihavarastointia (Tuotantopäällikkö, 2021). Tämän havainnon vuoksi materiaalisuunnittelussa kysyttiin erikseen sitä, ovatko AZ-osat etukenossa, mutta tällaista ongelmaa ei näillä osilla juurikaan havaittu. Syynä voi olla osittain se, että merkittävällä osalla AZ-osista oli pieni kysyntä (taulukko 6). Se vähentää sidosryhmien varastointitarvetta, eikä toimittajan tarvitse ulkoistaa osien varastoja kohdeyritykselle. Myöskään muita luvun 4.7 ongelmia, kuten työntekijöiden vaihtuvuutta, tai sisäisen logistiikan aiheuttamia osien rikkoontumisia ei erikseen nostettu muissa haastatteluissa esille. Tästä voi päätellä, että nämä ongelmat eivät vaikuta ratkaisevasti materiaalivirtaan.

Ainakin niiden vaikutusta on todella hankala mitata, ja se vaatisi perusteellista selvitystyötä ja toiminnan seuranta. Haastatteluiden perusteella materiaalivirtaan vaikuttaa enemmän tilausprosessin ja varastonohjauksen tehokkuus.

ABC-XYZ-analyysillä saatiin käyttökelpoisia tuloksia, ja sen avulla varastoa voidaan luokitella. Siitä huolimatta analyysi perustuu aina historiatietoihin, ja kuten tutkimuksessa on todettu, autotehtaalla tilanteet voivat muuttua nopeasti. Osia tulee jatkuvasti lisää, ja vanhoja poistuu käytöstä. Jos vastaavanlainen tutkimus tehtäisiin säännöllisesti esimerkiksi kuukauden välein, todennäköisesti ABC-XYZ-analyysin sisältö muuttuisi, ja Z-luokka näyttäisi joka kerta erilaiselta. Kehitysehdotuksena olisikin se, että osia seurattaisiin jatkuvasti esimerkiksi ABC-XYZ-analyysin avulla, mutta varmasti muitakin analysoinnin työkaluja olisi mahdollista käyttää. Tutkimuksessa paljon käsitelty artikkeli käsittelee autojen valmistusta, ja erityisesti MRP-järjestelmää, jossa osien tilaaminen perustuu ennusteisiin (Nallusamyn et al, 2016). Artikkelissa ABC-XYZ-analyysia suositetaan sen takia, koska osanimikkeitä on tuhansia, ja on epäkäytännöllistä seurata jokaista osaa erikseen. Artikkelissa ehdotetaan säännöllistä varaston seuranta ja osien luokittelua, koska silloin varaston ja hankinnan työntekijät voivat keskittyä niiden osien seurantaan, joissa on suurimmat mahdollisuudet resurssien säästämiseen.

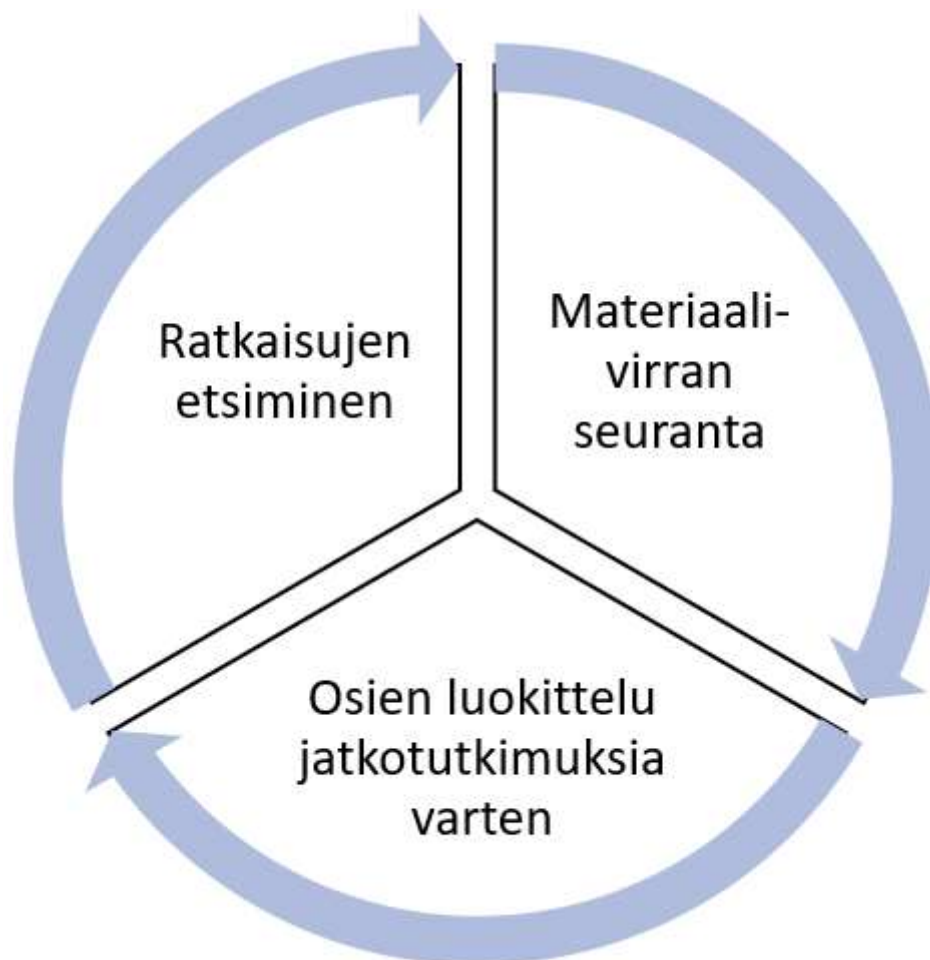
Seuranta ja epäkohtiin puuttuminen parantavat lopulta varaston kiertonopeutta (Nallusamy et al, 2016). Artikkelissa varaston kiertonopeutta onnistuttiin parantamaan noin 30 prosenttia, joten ainakin tämän tuloksen perusteella aktiivinen seuranta tuottaa tuloksia. Suuri merkitys on kuitenkin myös sillä, miten tehokkaasti tuloksiin reagoidaan. Lopuksi artikkelissa muistutetaan kysynnän vaihteluista ja toimitusketjun haasteista, mutta todetaan varmuusvarastojen auttavan tässä ongelmassa. Artikkelin johtopäätökset ovat hyvin samantapaisia kuin tässäkin diplomityössä. AZ-osien selvittäminen silloin tällöin, ja näiden osanimikkeiden tarkempi tutkiminen on hyödyllistä, koska niiden yhteenlaskettu varasto on yli 800 000 euroa, joka on lähes kolme prosenttia tutkitusta kokonaisvarastosta. Koko Z-luokan vastaava osuus on noin 6 prosenttia, ja luultavasti myös muissa Z-luokissa olisi mahdollista tehdä vastaavaa tutkimusta, kuten tilauserien ja pakkauskokojen suunnittelua (kuva 18, liite 2). Noutopäivien lisäämistä voi harkita, ja toimitusaikaa yrittää neuvotella pienemmäksi.

Materiaalivirran kehittämisprosessi

Kuva 32 esittelee kolmivaiheisen materiaalivirran kehittämisprosessin, jota yritys voi hyödyntää tulevaisuudessa. Prosessin esitystapa kuvastaa sen jatkuvuutta. Kun AZ-osien ongelmat on kertaalleen ratkaistu, materiaalivirta on voinut muuttua. Tätä sivuttiin jo työn taustassa luvussa 1.1, koska myös Toyotan tuotannossa on havaittu osittain samoja haasteita (Hines & Rich, 1997). Seuranta on mahdollista tehdä päivittäin, ja ongelmia ratkaista sitä mukaa kun niitä havaitaan. Toinen vaihtoehto on toistaa prosessi esimerkiksi kerran kuukaudessa tai puolessa vuodessa. Kehittämisprosessi on suunnattu erityisesti kohdeyrityksen tarpeisiin, mutta se mukalee myös Nallusamyn et al (2016) artikkelia.

Ensimmäinen osa tarkoittaa jatkuvaa materiaalivirran seuranta, joka on esimerkiksi säännöllisesti suoritettava ABC-XYZ-analyysi, jota käsiteltiin aikaisemmissa kappaleissa. Jos analyysi tehtäisiin jokaisen kuukauden lopussa, saataisiin pidemmän aikavälin kuluessa tietoa siitä, miten esimerkiksi vuodenajat tai tuotantokatkokset vaikuttavat materiaalivirtaan. Tulosten avulla voi päätellä, miten yrityksen materiaalivirta kehittyy, ja onko aikaisemmin tehdyillä korjaustoimenpiteillä ollut vaikutusta esimerkiksi varastonkiertoon. Jos mittarina halutaan käyttää tässä diplomityössä käsiteltyä varastonkiertoa, jatkuva seuranta kertoo, ovatko hitaasti kiertävät osanimikkeet vähentyneet.

Toisessa vaiheessa päätetään se, millä tavoin jatkotutkimuksiin valittava osa-alue määritellään. Diplomityössä tämä luokittelu tehdään ABC-XYZ-analyysin avulla, ja AZ-osien listalle valitaan ne osanimikkeet, joiden varaston kiertonopeus on alle yhden kerran kuukaudessa, ja varaston keskimääräinen arvo kuuluu suurimpaan 75 prosenttiin. Se ei ole kuitenkaan ainut mahdollinen luokittelu. Yritys voi keskittyä niihin osiin, joiden varaston kiertonopeus on tätäkin hitaampaa, esimerkiksi 0,5 kertaa kuukaudessa. Vaihtoehtoisesti tutkimukset voidaan kohdistaa vaikkapa moduuleihin, tai pelkkiin hitsaamon osiin, jos näillä osa-alueilla epäillä olevan tehoton materiaalivirta. Kiertonopeus on kuitenkin hyväksi havaittu mittari, kuten Rao & Rao (2009) toteavat. Sen avulla voidaan mallintaa, miten taloudellisesti yritys toimii, ja miten tehokkaasti käytettävissä olevat resurssit hyödynnetään.



Kuva 32, Materiaalivirran kehittäminen

Viimeisenä toimenpiteenä on ratkaisujen etsiminen. Se kuvastaa kaikkia konkreettisia keinoja, joilla materiaalivirtaa parannetaan. Tässä diplomityössä ratkaisuilla tarkoitetaan osakohtaisen materiaalivirran kehittämistä, kuten pakkauskokojen suunnittelua, toimitusaikojen lyhentämistä ja noutopäivien lisäämistä. Se voi kuitenkin olla myös koko materiaalivirran toimintaan kohdistuvaa kehitystyötä, kuten ERP-järjestelmän toiminnan parantamista. Liiketoiminta tarvitsee ajankohtaista ja tarkkaa varastotietoa ja yrityksen on tiedettävä, missä kohtaa toimitusketjua raaka-aineet ovat tietyllä ajanhetkellä (Rao & Rao, 2009). Luvun 6 tutkimuksessa havaittiin, että pieni kysyntä johtaa usein siihen, että järjestelmä tilaa osia kysyntään nähden suuria määriä kerrallaan, ja noutopäivien välit venyvät pitkäksi. Havainnon perusteella myös nykyistä tilausprosessia on tarpeen kehittää niiden osien kohdalla, joilla kysyntää ei ole kovinkaan paljoa. Myös ennusteen ja kysynnän rajuihin muutoksiin kannattaa miettiä strategiaa, jonka avulla esimerkiksi tilauserät voidaan päivittää vastaamaan paremmin uusia markkinoilla vallitsevia olosuhteita.

Havaittuja kehitystoimenpiteitä

Kuva 33 kokoaa diplomityön aikana havaittuja materiaalivirran kehittämiseen liittyviä havaintoja kahteen eri kategoriaan. Ennen varsinaista ongelmien ratkaisua täytyy kartoittaa materiaalivirran kokonaiskuva. Tutkimuskohteita on varmasti lukematon määrä, mutta työssä havaittiin kolme keskeistä osa-aluetta. Ensimmäinen on sisäinen logistiikka, johon diplomityössä ei syvennytty kovinkaan paljoa ja joka tietoisesti myös rajattiin tarkemman tutkimuksen ulkopuolelle (luku 1.2). Se kuitenkin tunnustetaan yhdeksi kokonaisuudeksi, ja voidaan mainita lyhyesti tässä kappaleessa. Näitä asioita käydään hieman läpi luvussa 4.7 ja ongelmana on esimerkiksi hyllypaikkojen vähäinen määrä, joka johtaa väliaikaisiin varastopaikkoihin varastorakennuksen ulkopuolelle. Muita haasteita ovat väärin lastatut trailerit ja etukenossa olevat toimittajat. Näihin ongelmiin ei etsitty ratkaisuja, mutta tiedonkulun parantuminen sidosryhmien välillä saattaisi auttaa. Ilman perehtymistä on vaikea sanoa, mikä tähän auttaisi. Toimittajia tiedotetaan jo tällä hetkellä, jos toimituksissa on epäselvyyttä.

Materiaalivirran analysoinnin valmistelut	Havaittuja kehittämistarpeita ja toimenpiteitä
<ul style="list-style-type: none"> • Tutkimuskohde • Analyysityökalu • Mittarit • Osien luokitteluperusteet • Säännöllinen seuranta • Tutkimuskohteita <ul style="list-style-type: none"> • Sisäinen logistiikka • Järjestelmien toiminta • Haastavat osat 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiedonkulku sidosryhmien kanssa • Noutopäivien lisääminen • Haastavien osien seuranta • Toimitusaikojen lyhentäminen • Osatilausten suhteuttaminen kysyntään • Tiluserien ja pakkauskokojen uudelleenarviointi • Sisäisen tehokkuuden parantaminen • Epäaktiivisten osien poistaminen varastosta

Kuva 33, Materiaalivirran kehitystoimenpiteitä

Loput kaksi tutkimuskohdetta ovat ne, joihin keskityttiin enemmän. Järjestelmien toimintaa ei erityisesti tutkittu, mutta sen seurauksia kylläkin. Tiedossa on, että pieni kysyntä voi aiheuttaa huonoa varastonkiertoa, ja suuria varaston arvoja. Se miten MRP toimii, ja voiko sen toimintaan vaikuttaa, vaatii syvällisempää tutkimusta, ja erilaista lähestymistapaa, kuin mitä tässä tutkimuksessa on käytetty. Lee et al (2007) mainitsevat, että järjestelmien voi olla haastavaa suorittaa materiaalitarkvelaskentaa reaaliajassa, koska markkinoilla tilanteet muuttuvat nopeasti. Tilanteisiin ei aina ehditä reagoimaan, kuten tässäkin diplomityössä on havaittu. Tietyissä osanimikkeissä tilataan useampaa kokoa kuin olisi tarpeellista, mutta järjestelmässä olevaa virhettä ei tutkittu, ainoastaan sen seurauksia. Tulevaisuudessa virhettä kannattaa tutkia lisää erityisesti silloin, jos tällaisia osanimikkeitä tulee lisää. Muita taulukossa mainittuja valmistelevia toimenpiteitä on käsitelty jo aikaisemmin.

Kuvaan 33 on myös listattu konkreettisia keinoja, joilla materiaalivirtaa voi kehittää. Ne painottuvat lähinnä haastavien osien materiaalivirran parantamiseen, eli vaaditaan ensin koko materiaalivirran analyysi, jotta kyseiset osat löydetään. Suurinta osaa keinoista on diplomityössä jo käsitelty, esimerkiksi luvussa 6. Sisäisen tehokkuuden parantaminen tarkoittaa kaikkia taulukossa 6 listattuja kolmannen luokituksen haasteita. Erityisesti inventoinnin virheisiin on varmasti mahdollista puuttua, jos ne johtuvat osien jatkuvasta hukkaamisesta, tai rikkoontumisesta tuotannossa.

On vielä yksi asia, jota diplomityössä ei ole aikaisemmin käsitelty, mutta jota sivuttiin lyhyesti luvussa 5.3. Luvussa 5.3 epäiltiin, että varastossa saattaisi olla osia, joita ei enää tarvita. Asiaan perehtymisen jälkeen varastosta löytyi kaksikymmentä osanimikettä, joiden kiertonopeus on nolla, ja joilla ei ole tapahtunut liikettä kahteen tai useampaan vuoteen. Tämän ryhmän keskimääräinen osanimikekohtainen varaston arvo on vain noin kuusikymmentä euroa, joten koko varastoon suhteutettuna niiden vaikutus materiaalivirran tehokkuuteen on olematon. Siitä huolimatta on luultavaa, että näitä osia ei enää tarvita, koska ne eivät ole liikkuneet pitkään aikaan. Yrityksen kannattaa käydä osat läpi, ja tarvittaessa poistaa ne varastosta. Tämä vapauttaisi lisää varaston hyllypaikkoja aktiivisten osien käyttöön. Joskus pienikin lisä varaston kapasiteettiin voi olla merkittävä.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Ensimmäinen tutkimuskysymys käsittelee materiaalivirrassa esiintyviä ongelmia. Kysymys olettaa jo valmiiksi, että JIT-osien materiaalivirrassa on jotain kehitettävää. Diplomityö olisi voinut myös päätyä siihen tulokseen, että nykyinen materiaalivirta on niin tehokasta, kuin vallitsevissa olosuhteissa on mahdollista olla, jolloin tutkimuskysymyksen olettamus olisi ollut väärä. Diplomityön alussa käydyt arviot materiaalivirran nykytilasta pitivät kuitenkin paikkansa, ja ongelmia havaittiin juuri niillä osa-alueilla, joilla niitä uskottiin olevan. Numeerisen aineiston analyysi auttoi selvittämään nykytilaa, ja JIT-osien havaitaan jakautuvan erilaisiin osaluokkiin materiaalivirran tehokkuuden perusteella. Suurimmalla osalla osista materiaalivirta on kelvollista, mutta joillakin osilla tehokkuus saisi olla parempi. Selkein erottava tekijä on varastonkierto, joka jakaa osat nopeasti ja hitaasti kiertäviin. Hidas kiertonopeus yhdistettynä suureen varaston arvoon on selkein ongelma, jolla voidaan vastata ensimmäiseen tutkimuskysymykseen.

Jos materiaalivirrassa on haasteita, niille on myös oltava jokin selitys. Vaikka nykytila tiedettäisiin, toimintaa on vaikea kehittää, jos ei tiedetä mitä pitäisi korjata. Toinen tutkimuskysymys jatkaa suoraan edellisestä, ja etsii syitä havaituille ongelmille. Osaluokittelun jälkeen kvantitatiivisessa analyysissä saadaan selville esimerkiksi erilaisten osaluokkien varmuusvarastoja, tilauseräkokoja, ja muita varastonohjaukseen liittyviä tietoja. Nämä tiedot eivät kerro vielä materiaalivirran ongelmien takana olevia syitä, mutta ne auttavat tekemään oletuksia. Niiden avulla diplomityössä arvioitiin, mihin kvalitatiivisessa tutkimuksessa kannattaa keskittyä. Toiseen tutkimuskysymykseen voidaan vastata, että syyt johtuvat monesta tekijästä, kuten vallitsevasta markkinatilanteesta, sidosryhmien vaikutuksesta, sekä yrityksen omasta toiminnasta ja käytössä olevista järjestelmistä. Merkitystä on myös sillä, mitä yrityksessä pidetään tärkeänä. Varaston kiertonopeus hidastuu, jos kuljetuskustannukset halutaan pitää mahdollisimman pieninä. On yrityksen oma arvio, onko tämä edes ongelma, jos päätös on tehty tietoisesti.

Kolmannessa tutkimuskysymyksessä kysytään, miten materiaalivirtaa olisi mahdollista kehittää. Vastaukseen vaikuttaa se, mistä näkökulmasta tilannetta tarkastelee. Joidenkin osien materiaalivirta on niin tehokasta, että niiden tutkimiseen ei ole edes tarvetta. Diplomityössä löydetään myös osia, joilla tarvetta selkeästi olisi. Näitä osia voidaan kartoittaa säännöllisesti, joten siltä osin tutkimuskysymykseen voidaan vastata myöntävästi. Samoin tilauseriä voidaan joillakin osilla pienentää ja noutopäivien lisäämisestä ja kuljetusaikojen lyhentämisestä on mahdollista sopia. Varman vastauksen saaminen vaatisi kuitenkin lisätutkimuksia. Diplomityössä ehdotettuja toimia olisi ensin kokeiltava käytännössä, jotta tiedettäisiin, olisiko niillä todellista vaikutusta materiaalivirtaan. Diplomityön tulosten perusteella voi kuitenkin arvioida, että materiaalivirtaa voidaan todennäköisesti parantaa jatkuvalla seurannalla, ongelmien etsimisellä ja korjaavilla toimenpiteillä.

LÄHTEET

Addo, S. K. 2020. Inventory Turnover as Indicator of Health of Inventory and Business. *Dama Academic Scholarly Journal of Researchers*. Vol. 5. nro. 4. s. 69–77.

Andrade, P. F.; Pereira, V. G.; Del Conte, E. G. 2016. Value stream mapping and lean simulation: a case study in automotive company; *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 85. nro. 1. s. 547–555.

Arnold, J. R. T, Chapman, S. N., Clive, L. M. 2008. Introduction to materials management. New Jersey: Pearson. s. 555.

Bartoš, M., Bulej, V., Bohušík, M., Stanček, J., Ivanov, V., & Macek, P. 2021. An overview of robot applications in automotive industry. *Transportation Research Procedia*. Vol. 55. s. 837-844.

BBC News, Car production hit by 'pingdemic' and global chip shortage. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 10.8.2021]. Saatavilla: <https://www.bbc.com/news/business-58002724>

Boehnke B. Möller A., Wohlgemuth V. 2013. Integration of Material Flow Management into Company Processes within the Automotive Industry.: *Environmental Informatics and Renewable Energies: 27th International Conference on Informatics for Environmental Protection*. s. 434-442.

Bhattacharya, S., Mukhopadhyay, D., & Giri, S. 2014. Supply chain management in Indian automotive industry: Complexities, challenges, and way ahead. *International Journal of Managing Value and Supply Chains*. Vol 5. nro 2. s. 49-62.

Carlsson, D. Björn, N. 2017. Efficient internal material flow of boxes to gain a well-organized supply of components: A case study at Scania engine assembly. University of Technology, Department of Business Administration, Technology and Social Sciences. Luleå.

Chang, K.K. Wang, F.K. 2008. Applying six sigma methodologies to collaborative forecasting. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 39. nro. 9. s. 1033–1044.

Chen, L. Meng, B. 2010. The application of value stream mapping based lean production system. *International journal of business and management*, Vol. 5. nro. 6. s. 203-209.

Childerhouse, P., Hermiz, R., Mason-Jones, R., Popp, A., Towill D. S., 2003, Information flow in automotive supply chains – identifying and learning to overcome barriers to change, *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 103, nro. 7, s. 491-502.

Colak M., Hatipoglu, T., Aydin Keskin, G., Figlali, A. 2019. A Safety stock model based on order change to delivery response time: A case study for automotive industry. *Journal of Engineering & Natural Sciences*. Vol. 37, nro. 3, s. 841-853.

Dinesh, E. D., Arun, A. P., Pranav, R. 2014. Material requirement planning for automobile service plant. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 3, nro. 3, s. 1171-1175.

Fathurohman, D. M. H., Purba, H. H., Trimarjoko, A. 2021. Value Stream Mapping and Six Sigma Methods to Improve Service Quality at Automotive Services in indonesia. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, Vol. 4, nro. 2, s. 36–54.

Hopp, Wallace J. 2011. Supply chain science. Waveland Press. s. 1-149.

Iasya, A., Handayati, Y. 2015. Material requirement planning analysis in micro, small and medium enterprise case study: Grooveline-an apparel outsourcing company final project. *Journal of business and management*, Vol. 4, nro. 3, s. 317–329.

Inderfurth, K. 2009. How to protect against demand and yield risks in MRP systems, *International Journal of Production Economics*, Vol. 121, nro 2, s. 474–481.

Jain, S., Garg, R. K. 2007. *Business competitiveness: strategies for automobile industry*, Indian Institute of Management Kozhikode. Intia.

Kolias, G. D., Dimelis, S. P., & Filios, V. P. 2011. An empirical analysis of inventory turnover behaviour in Greek retail sector: 2000–2005. *International Journal of Production Economics*, Vol. 133, nro. 1, s. 143–153.

Kubasakova, I, Poliakova B., Kubanova. J., 2015, ABC analysis in the manufacturing company. *Applied mechanics and materials*. Vol. 803. s. 33-39.

Kuhlang, P., Edtmayr, T., Sunk, A., Morawetz, C., Sihn, W. 2011. Utilizing a process management approach to standardize the application of value stream mapping. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*. Vol. 8, nro. 2, s. 89-102.

Lee, H. G., Na, H. B., Shin, K., Jeong, H. I., Park, J. 2007. Performance improvement study for MRP part explosion in ERP environment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 35 nro. 3-4, s. 309-324.

Logistiikkainsinööri, 2021, kuljetus, Diplomityön kohdeyritys, Keskustelua kuljetusten toiminnasta, ja yhteistyöstä kuljetusliikkeiden ja toimittajien kanssa. 24.6.2021.

MacNeill, S., Chanaron, J. J. 2005. Trends and drivers of change in the European automotive industry:(I) mapping the current situation. *International journal of automotive technology and management*, Vol. 5. nro. 1, s. 83-106.

Materiaalisuunnittelija, (2021) Materiaalinhallinta, Diplomityön kohdeyritys, Keskustelua AZ-osien materiaalivirrasta ja ongelmista. 4.10.2021, 5.10.2021, 6.10.2021, 7.10.2021, 11.10.2021.

Matson, J. E., Matson, J. O. 2007. Just-in-time implementation issues among automotive suppliers in the southern USA. *Supply Chain Management: An International Journal*. Vol. 12 · nro. 6. s. 309-324.

Meyr, H. 2009. Supply chain planning in the German automotive industry. *Supply Chain Planning*, Springer, Berlin, Heidelberg. s. 343-365.

Nallusamy, S., Balaji, R., & Sundar, S. 2017. Proposed model for inventory review policy through ABC analysis in an automotive manufacturing industry. *International Journal of Engineering Research in Africa*. Vol. 29, s. 165–174.

Nasution, A. A. 2020. Effect of inventory turnover on the level of profitability. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* Vol. 725, nro. 1, s. 1-4.

Nauhria, Y., Pandey, S., Kulkarni, M., 2011. Competitive Priorities for Indian Car Manufacturing Industry (2011–2020) for Global Competitiveness. *Global journal of flexible systems management*, Vol. 12 nro. 3, s. 9–20.

Ngadono, T. S., & Ikatrinasari, Z. F. 2020. Raw Materials Inventory Planning in Automotive Industries by EOQ Method Consider with the Contract Agreement. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 847, nro. 1, s. 1-6

Nishad, D. R., Sahu, M. 2015. A Study on Implementation of Material Requirement Planning (MRP) In Manufacturing and Small Sized Industries. *Sustainable Production Development in Mechanical Engineering Conference*, Durg, Intia.

Optipro ERP Manufacturing, 2021, Material requirements planning (MRP), ERP Software for manufacturing and distribution. [Verkkosivu]. [Viitattu 4.8.2021].
Saatavilla: <https://www.optiproerp.com/in/material-requirements-planning/>

Otim, S., Grover, V. 2006. An empirical study on web-based services and customer loyalty. *European Journal of Information Systems*, Vol. 15, nro. 16, s. 527–541.

Perehdytysmateriaali, 2017, Diplomityön kohdeyritys, Asiakkaan muutoshallinta.

Projekti-insinööri, Toimitusketjun hallinta, pakkaukset, 2021, Diplomityön kohdeyritys, Keskustelu AZ-osien tilauseristä ja pakkauksista. 18.10.2021.

Radasanu A. C. 2016, Inventory management, service level and safety stock. *Journal of Public Administration*. nro. 9, s, 145-153

Ramaa, A., Subramanya, K. N., Rangaswamy, T. M. 2012. Impact of warehouse management system in a supply chain. *International Journal of Computer Applications*, Vol. 54, nro. 1, s. 14-20.

Rantanen, H., Holtari, J., 1999. Yrityksen suorituskyvyn analysointi., Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, Lappeenranta s. 65.

Rao, M. C., & Rao, K. P. 2009. Inventory turnover ratio as a supply chain performance measure. *Serbian Journal of Management* Vol. 4, nro. 1, s. 41-50.

Razzaque, M. A., Sheng, C. C. 1998. Outsourcing of logistics functions: a literature survey. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. Vol. 28 nro. 2, s. 89-107.

Rebs, T., Brandenburg, M., Seuring, S., Stohler, M. 2018. Stakeholder influences and risks in sustainable supply chain management: a comparison of qualitative and quantitative studies. *Business Research*, Vol. 11, nro. 2, s. 197–237.

SAP. 2021, SAP: Ohjelmistotuotteet tehokkaasti toimiville yrityksille. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 23.8.2021].

Saatavilla: <https://www.sap.com/finland/products.html>

Shmueli G, Pan, L. C., Greene, T., Mach, P., & Wijaya, T. A. 2019. Forecasting BASF's Custom Material Demand Using ABC-XYZ Analysis. Final report.

Stojanović, Đ. M., Aas, B. 2015. Transport outsourcing and transport collaboration relationship-the risk hedging perspective. *Serbian Journal of Management*, Vol. 10, nro. 1, s. 33-49.

Swastomo, G. I., Ridwan, A. Y., Santosa, B. 2020. Inventory Policy for After Sales Spare Parts to Minimize Overstock Using Periodic Review and ABC-XYZ Classification In Pt Pqr. *eProceedings of Engineering*, Vol.7, nro. 2. s. 5365-5374.

Tiainen, T. 2014. Haastattelu tietojenkäsittelytieteen tutkimuksessa. Informaatiotieteiden yksikkö, Tampereen yliopisto. s. 1–42

Tuotantopäällikkö, Sisäinen logistiikka, 2021, Diplomityön kohdeyritys, Varaston esittelykierros ja keskustelua sisäinen logistiikan toiminnasta sekä haasteista. 27.5.2021.

Vasili, M. R., Tang, S. H., Sulaiman, S., & Ismail, N. 2008. A Statistical Travel Time Model for Miniload Automated Storage and Retrieval Systems with Open-Rack Structure. Department of Mechanical & Manufacturing Engineering. Malesia.

Verma, R. K., Gupta, T. K., Mangal, D. 2020 Comparative Evaluation of Economic Order Quantity and Modeling Technique for Inventory Control—A Case Study. *Gedrak organisatie & Review*, Vol. 33, nro. 2, s. 2095–2106

Vieira, A. A., Dias, L. M., Santos, M. Y., Pereira, G. A., & Oliveira, J. A. 2019. Simulation of an automotive supply chain using big data. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 137, s. 1-14.

Volkswagen, 2020, Annual Reports, [WWW-dokumentti]. [Viitattu 8.11.2021].
Saatavilla: <https://www.volkswagenag.com>

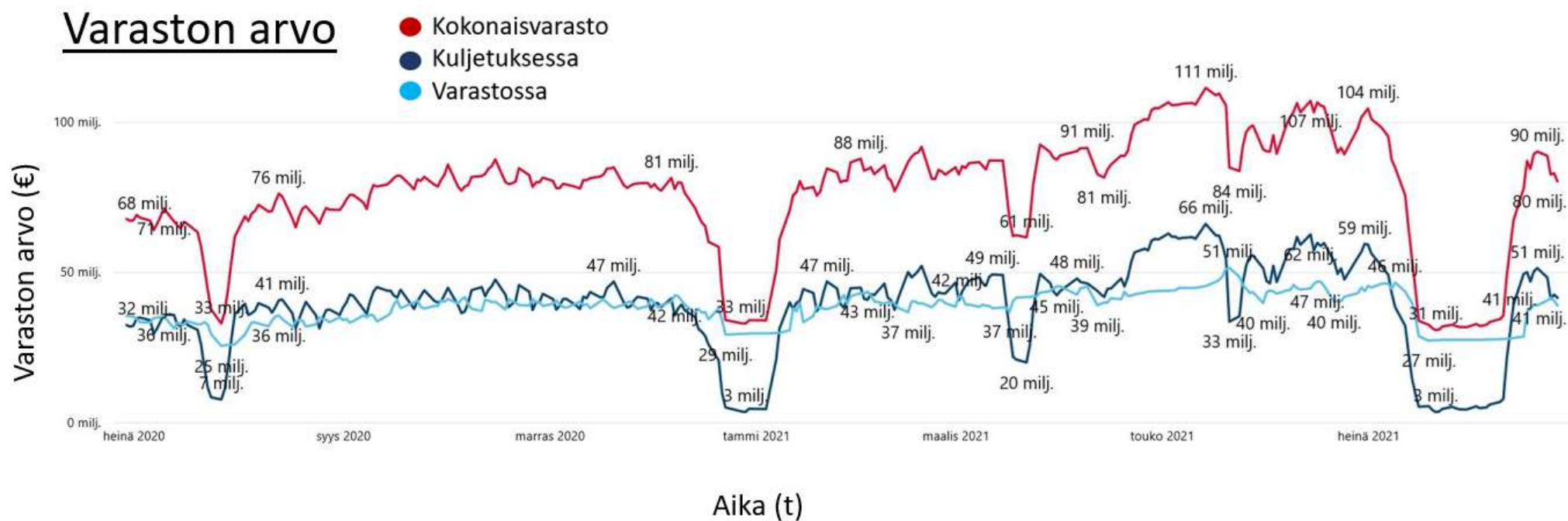
Wan, X., Britto, R., & Zhou, Z. 2020. In search of the negative relationship between product variety and inventory turnover. *International Journal of Production Economics*, Vol. 222, s. 1-10.

White, G. R., Wang, X., Li, D. 2015. Inter-organisational green packaging design: a case study of influencing factors and constraints in the automotive supply chain. *International Journal of Production Research*, Vol. 53, nro. 21, s. 6551–6566.

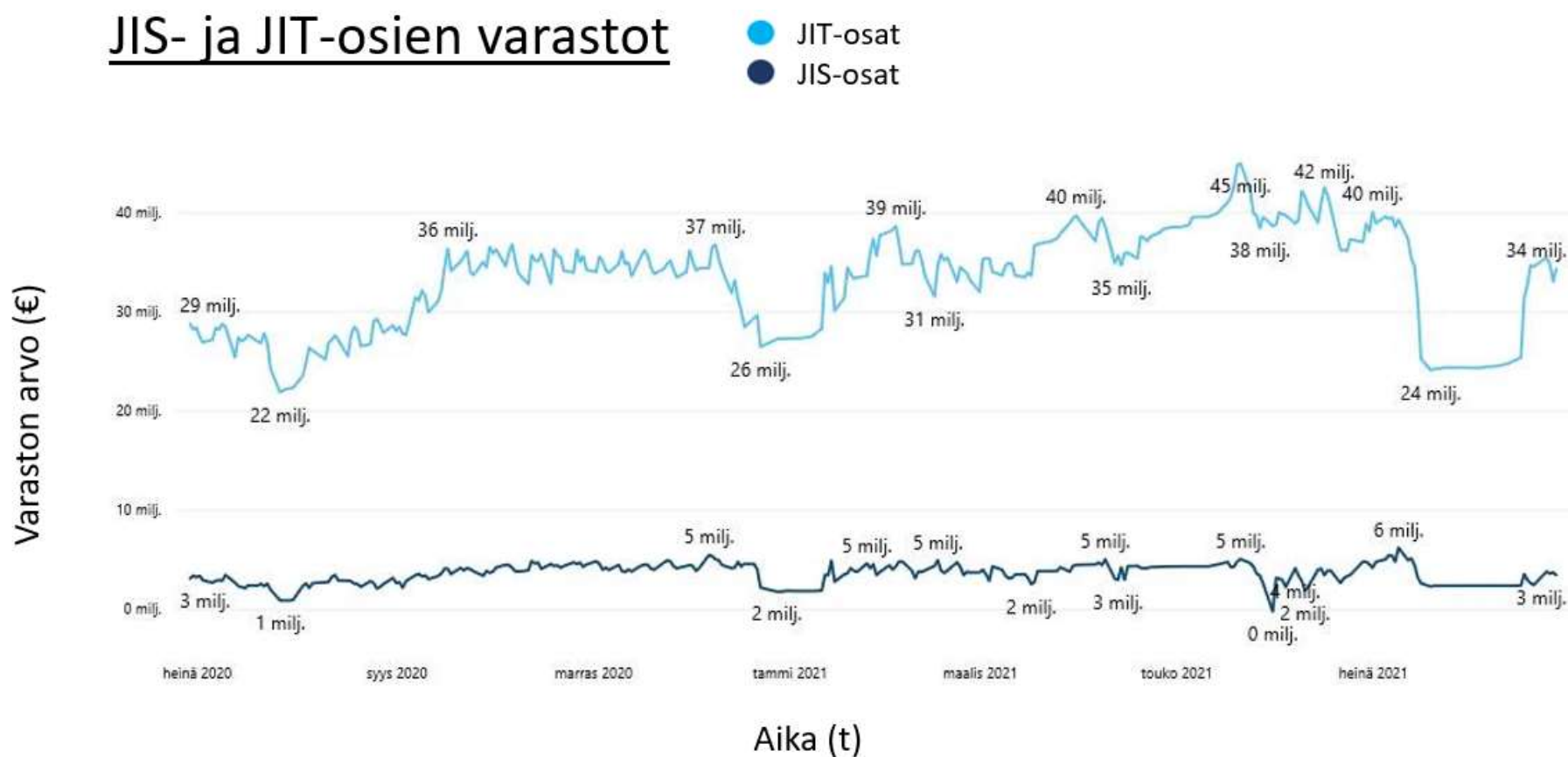
Zhikang, L. 2017. Research on development strategy of automobile reverse logistics based on SWOT analysis. *Procedia engineering*, Vol. 174, s. 324–330.

LIITTEET

Liite 1: Varaston kokonaisarvo



Liite 2: JIT- ja JIS-osien kokonaisvarastot



Liite 3: Rajatun aineiston ABC-XYZ-analyysi

<u>ABC-XYZ-analyysi</u> Nimikkeitä yhteensä = 5389 kpl		Varaston arvo (€) kumulatiivinen		
		A = 75 %	B = 15 %	C = 10 %
Varaston kiertonopeus kuukaudessa	X: Yli 3	410 kpl	467 kpl	692
	Y: 3 – 1	336 kpl	513 kpl	1908
	Z: Alle 1	39 kpl	94 kpl	930

Liite 4: Materiaalisuunnittelijan haastattelu

Haastattelu: AZ-osien materiaalivirta

Haastateltava: Materiaalisuunnittelija

Ajankohta: 4.10.2021–11.10.2021

1. Lähettääkö toimittaja osia ajallaan (onko toimittaja etukenossa)?
2. Onko osan kohdalla ollut osapuutteita tai muita ongelmia?
3. Onko toimitusaika sopiva?
4. Onko noutopäivien määrä sopiva?
5. Onko toimitusaikaa mahdollista lyhentää?
6. Onko tilauserää tai pakkauskokoa tarvetta pienentää?
7. Miksi varaston kiertonopeus on huono?
8. Miksi varaston arvo on suuri?

Liite 5: Pakkaussuunnittelun haastattelu

Haastattelu: Tiluserä ja pakkauskoko

Haastateltava: Projekti-insinööri

Ajankohta: 18.10.2021

1. Onko tiluseriä mahdollista muokata?
2. Onko pakkauskokoja mahdollista muokata?
3. Mitä haasteita muokkaamisesta voi aiheutua?
4. Miten toimittaja suhtautuu pakkauskokojen muokkaukseen?

Liite 6: Suuren tilauserän ja pakkauskoon osanimikkeet

Osan numero	Nykyinen EOQ (kpl)	Nykyinen EOQ (€)	Pakkaus-koko (kpl)	Pakkaus-koko (€)	Yksittäisen osan hinta	Vuosikysyntä (a, kpl)	Kysyntä (a)/EOQ	Kysynnän ennuste kpl/vko
Osa 1	4000	800	500	100	0.20	701672	175	250
Osa 2	28800	5261	600	110	0.18	562827	20	1480
Osa 3	50000	33500	4000	2680	0.67	98414	2	450
Osa 4	576	14083	12	293	24	7137	12	100
Osa 5	384	14404	48	1800	38	5965	16	200
Osa 6	40	4032	40	4032	101	748	19	20-40
Osa 7	165	17766	165	17766	108	628	4	20-60
Osa 8	42	39108	42	39108	931	319	8	5
Osa 9	54	7777	54	7777	144	796	15	10
Osa 10	10	1717	2	343	172	84	8	5
Osa 11	24	17340	24	17340	723	82	3	3
Osa 12	6	10770	6	10770	1795	76	13	0-1
Osa 13	30	5150	2	343	172	522	17	15

Liite 7: Haastattelujen tiedot

Haastateltava	Haastattelun päivämäärä ja kesto
Materiaalisuunnittelija 1	4.10.2021, 28 minuuttia
Materiaalisuunnittelija 2	4.10.2021, 20 minuuttia
Materiaalisuunnittelija 3	4.10.2021, 36 minuuttia
Materiaalisuunnittelija 4	5.10.2021, 20 minuuttia
Materiaalisuunnittelija 5	5.10.2021, 20 minuuttia
Materiaalisuunnittelija 6	6.10.2021, 18 minuuttia
Materiaalisuunnittelija 7	7.10.2021, 21 minuuttia
Materiaalisuunnittelija 8	11.10.2021, 27 minuuttia
Projekti-insinööri 1	18.10.2021, 60 minuuttia
Projekti-insinööri 2	18.10.2021, 60 minuuttia