

Opinnäytetyö (AMK)

Liiketoiminnan logistiikan koulutusohjelma

NLILOS13

2017

Mika Luostarinen

# AUTOMAATTITRUKKI- INVESTOINNIN MÄÄRITTELY

– HUB logistics Oy, Vantaan Hakkilan varasto

Mika Luostarinen

# AUTOMAATTITRUKKI-INVESTOINNIN MÄÄRITTELY

– HUB logistics Oy, Vantaan Hakkilan varasto

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää toimeksiantajan HUB logistics Oy:n tarpeen pohjalta mahdollisen automaattitrucki-investoinnin kannattavuutta, soveltuvuutta sekä riskejä kevään 2017 aikana Vantaan Hakkilaan avautuvaa varastoa varten. Lisäksi pyrittiin selvittämään automaattitrukin tekniseen kehityskulkuun sekä markkinoihin liittyviä tulevaisuuden trendejä.

Opinnäytetyötä varten pyydettiin kolmelta eri automaattitruckitoimittajalta tarjoukset automaattitruckijärjestelmien toimituksesta. Investointilaskelmien tekemistä varten arvioitiin automaattitrukin tuomia henkilötuntisäästöjä käyttäen MOST-analyysiä, jonka avulla saatiin arvioitua objektiivisesti manuaaliseen työhön kuluva aika. Investointilaskelmien lisäksi tehtiin herkkyyksianalyysi, jolla arvioitiin investointiin liittyvien lähtötietojen muutoksien vaikutusta lopputuloksen kannalta.

Tehtyjen laskelmien pohjalta pystyttiin arvioimaan investoinnin olevan kannattava, mikäli arvioidut siirtomäärät toteutuisivat suunnitellulla tavalla. Lopuksi opinnäytetyössä selvitetään automaattitruckien markkinatilanteeseen ja teknologiseen kehitykseen vaikuttavia lyhyen ja pitkän aikavälin tekijöitä.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi kattava suunnitelma automaattitrukin käyttöönottamiseksi HUB logisticsin Hakkilan varastolle. Samalla opinnäytetyö toimii HUBilla esiselvityksenä mahdollista tulevaa investointia varten Hakkilaan sekä tietopohjana muita mahdollisia investointeja ajatellen.

## ASIASANAT:

automaattitrucki, kannattavuus, varastointi, investointi, materiaalinkäsittely, siirrot.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Business Logistics

2017 | 82 + 2

Mika Luostarinen

# DETERMINATION OF THE INVESTMENT FOR AUTOMATED GUIDED VEHICLE

- HUB logistics Oy, Vantaa

The aim of this thesis was to determine profitability, suitability and risks related to automated guided vehicle investment during spring 2017. The case environment for this thesis and AGV investment is a warehouse located near Helsinki capital city area at city of Vantaa. In addition, the aim was to find out future trends of technical development and AGV markets.

For the thesis work, three suppliers were asked to send their quotations for the planned automated guided vehicle system. After responses, investment calculations were made, as well as a sensitivity analysis to evaluate changes in the input data. MOST-analysis was used to estimate savings generated by AGV. Based on the calculations, it was possible to estimate the investment to be profitable if the estimated throughput were realized as planned. Finally, the thesis analyzes the short and long-term factors affecting the market situation of automated trucks and technological developments.

For outcome, this thesis resulted a plan for HUB logistics for AGV implementation in their warehouse located at Vantaa. Also, it works as a knowledge base and preliminary study for possible future AGV investments.

KEYWORDS:

automated guided vehicle, profitability, warehousing, investment, material handling, transfers.

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO</b>	<b>7</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
1.1 HUB logistics Oy	9
1.2 Logistiikka kilpailutekijänä	10
<b>2 VARASTOINTI</b>	<b>12</b>
2.1 Varastoinnin syyt ja merkitys	12
2.2 Varastohotellit	13
2.3 Varaston osat ja toiminnot yleisesti	13
2.4 Varastointijärjestelmän toimivuus	17
<b>3 VARASTOINNIN KUSTANNUKSET</b>	<b>18</b>
<b>4 MATERIAALINKÄSITTELY</b>	<b>22</b>
4.1 Sisäinen liikenne ja siirrot	23
4.2 Mekaaninen, puoliautomaattinen ja automaattinen materiaalinkäsittely	23
<b>5 AUTOMAATTITRUKKIJÄRJESTELMÄ</b>	<b>25</b>
5.1 Navigointi	26
5.2 Valmistajat ja automaattitrukkityypit	28
5.3 Turvallisuus	30
5.4 Automaattitrukkijärjestelmien telematiikka ja ohjaus	32
<b>6 INVESTOINNIN SUUNNITTELEMINEN JA LASKENTA</b>	<b>36</b>
6.1 Investointien luokittelut	38
6.2 Investointilaskennan lähtötiedot	39
6.3 Investointilaskentamenetelmät	41
6.4 Epävarmuustekijöiden huomiointi	43
<b>7 TYÖNTUTKIMUS JA TYÖAIKA-ANALYYSI</b>	<b>44</b>
<b>8 CASE – AUTOMAATTITRUKKIEN KANNATTAVUUS</b>	<b>49</b>
8.1 Varaston esittely	49
8.2 Automaattitrukin käytön määrittely	51
8.3 Automaattitrukin käsittelypisteet	54

8.4 Investointilaskelmat	56
8.5 Herkkyysanalyysi	66
<b>9 AUTOMAATTITRUKKIEN TULEVAISUUS JA ROBOTISAATIO</b>	<b>71</b>
<b>10 JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>76</b>
10.1 Jatkosuunnitelma	76
10.2 Jatkotutkimusaiheet	77
10.3 Loppusanat	78
<b>LÄHTEET</b>	<b>80</b>

## LIITTEET

Liite 1. Taulukot 2–5

## KUVAT

Kuva 1. Kuvakaappaus HUB logisticsin kotisivuilta.	9
Kuva 2. Varaston toiminnot kuvattuna Wadelma-raportissa.	14
Kuva 3. Kustannuselementtien jakautuminen varastoinnissa.	19
Kuva 4. Kustannusten jakautuminen toiminnoittain varastossa.	20
Kuva 5. Materiaalinkäsittelyn kustannukset käsittelytavoittain.	22
Kuva 6. Roclan varhainen automaattitrukkimalli Uudenkaupungin autotehtaalla 1980-luvulla.	25
Kuva 7. Heijastinpaneeli asennettuna kuormalavahyllöstyön palkkiin Valion tehtaalla.	27
Kuva 8. Jungheinrich ERC215a -automaattitrukki.	29
Kuva 9. Rocla AWT -automaattitrukki.	30
Kuva 10. Rocla AGV:n turvaominaisuudet.	31
Kuva 11. Esimerkkikuva järjestelmäintegraation toteutuksesta.	33
Kuva 12. Rajapinnan merkitys automaattitrukkijärjestelmässä.	34
Kuva 13. Aikalajit kuvattuina TTS:n työntutkijan valmennusohjelman mainoksessa.	46
Kuva 14. Esimerkki ”siirtää trukilla” -liikesarja.	47
Kuva 15. MOST-aikayksiköiden muuntoyksikö.	47
Kuva 16. Hakkilan logistiikkakeskus lokakuussa 2016. Kuvakaappaus otettu HUB logistics Oy:n Vimeon sivuilta.	49
Kuva 17. Varastorakennuksen layout.	50
Kuva 18. Automaattitrukin reittiehdotus.	54
Kuva 19. Käsittelypisteiden riippuvuussuhteet siirtojen näkökulmasta.	55
Kuva 20. Automaattitrukin ja manuaalisen käsittelyn vertailut.	58
Kuva 21. Laskentatapa 1, siirrot ainoastaan kahden pisteen välillä 16 tunnin aikana.	59
Kuva 22. Säästöt.	61

Kuva 23. Laskentatapa #2	63
Kuva 24. Laskentatapa 2 säästöt.	64
Kuva 25. Investoinnin kassavirta yhdellä tapauksella.	65
Kuva 26. Investoinnin kassavirta yhdellä tapauksella.	66
Kuva 27. Herkkyysanalyysi 1.	67
Kuva 28. Nettonykyarvon herkkyysanalyysin kuvaaja.	68
Kuva 29. Herkkyysanalyysi 2.	69
Kuva 33. Vuoden 2015 tilasto teollisuusroboteista globaalisti.	74
Kuva 34. SWOT-analyysi automaattitrukin käyttöönnotosta.	77

## **KUVIOT**

Kuvio 1. Kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä	11
Kuvio 2. Materiaalin käsittely varastossa	14
Kuvio 3. Investoinnin suunnittelun vaiheet	38

## **TAULUKOT**

Taulukko 1. Esimerkki investointilaskelman lähtötiedoista.	56
--	----

## KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Lyhenne	Lyhenteen selitys
AGV	Automated Guided Vehicle
AMR	Automated Mobile Robots
AS/RS	Automated storage and retrieval system
ERP	Enterprise Resource Planning
HUB	HUB logistics Oy
jalostava työaika	Työaika joka käytetään asiakkaan tilaaman palvelun tai tuotteen jalostusarvon kasvattamiseen.
kaukokuljetus	Materiaalin siirto kahden pisteen välillä, jossa matkan pituus on yli kilometrin ja suorittajana kuljetusliike.
koli	Tarkemmin määrittelemätön matkatava- tai rahtiliikenteen kuljetusyksikkö. Esimerkiksi EUR-lava yksikkö, yksittäinen paketti tai rullakko.
korkeavarasto	Varasto, jonka hyllystöjen korkeus ylittää mekaaniseen keräilyyn tarkoitettujen työvälineiden ulottuman. Korkeus on yleensä yli kuusi metriä.
MES	Manufacturing Execution System, tuotannonohjaushjelmisto
MOST	Maynard Operation Sequence Technique, liikesarja-analyysiin perustuva työntutkimus menetelmä
MTM	Methods-Time Measurement
rajapinta	Ohjelmisto joka toimii tietojärjestelmän ja siihen liitettävän järjestelmän välissä.
RFP	request for proposal
RFQ	request for quotation
TMU	time measurement unit, aikayksikkö most -menetelmässä
tulologistiikka	Tulologistiikka (Inbound Logistics) on termi johon kytkeytyy hankintatoimi, vastaanotto sekä tarkastus, purkaminen ja tavaran varastoon sijoittaminen.
WCS	warehouse control system
WMS	Warehouse Management System, varastonhallintaohjelmisto

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää toimeksiantajan HUB logistics Oy:n tarpeen pohjalta automaattitruckijärjestelmän investoinnin hyötyjä sekä riskejä, kannattavuutta, käyttökohteita ja soveltuvuutta Vantaan Hakkilaan vuoden 2017 aikana valmistuvaan varastoon. Työssä selvitetään, minkä kaltaisiin tehtäviin automaattitrukit soveltuvat, mitä automaattitruckijärjestelmän käyttöönotto edellyttää ja millainen investointi se on. Lisäksi opinnäytetyössä pyritään selvittämään automaattitruckimarkkinoihin sekä kehityskulkuun vaikuttavia tekijöitä.

Opinnäytetyön teoreettisen viitekehyksen muodostavat pääluvut varastoinnista, varastoinnin kustannuksista, materiaalinkäsittelystä, automaattitruckijärjestelmistä, investointilaskennasta sekä työntutkimuksesta. Toiminnallinen osuus koostuu case-osuudesta, jossa käydään läpi kohdeympäristö ja suunnitellut toimenpiteet sekä esitetään arviot investoinnin kannattavuudesta.

Opinnäytetyössä on käytetty lähdeaineistona ajankohtaisia artikkeleita, alan kirjallisuutta sekä selvitystyön aikana saatujen automaattitruckijärjestelmiä myyvien asiantuntijoiden lausuntoja. Lisäksi työtä varten haastateltiin Rocla Oy:n asiantuntijaa vuoden 2016 joulukuussa 2016, ja hänen lausuntojaan on käytetty luvuissa viisi ja yhdeksän. Investoinnin kannattavuuden arvioimista varten laskettiin investointilaskelmat sisäisen korkokannan menetelmää käyttäen sekä sisäisen korkokannan laskelmaa täydentävät takaisinmaksuajat korottomana ja korollisena. Investointilaskelmia varten tarvittut tiedot työajan säästöistä saatiin arvioitua käyttäen MOST-työntutkimusmenetelmää.

Opinnäytetyössä ei esitetä automaattitruckitoimittajia tai HUB logisticsia koskevia luottamuksellisia yksityiskohtaisia tietoja, kuten tarjousten sisältöjä tai tarkkoja laskelmia. Opinnäytetyön investointilaskelmat ovat suuntaa antavia. Opinnäytetyöstä on päätetty rajata pois kuljetusten optimointi, joka liittyy automaattitrukin eri käsittelypisteiden siirtojen ja reittien optimointiin. Reittioptimointi tehdään automaattitruckitoimittajan kanssa yhteistyössä mahdollisen investointipäätöksen syntyessä, kun siirtomäärät suunniteltujen käsittelypisteiden välillä tunnetaan tarkemmin.



## 1.1 HUB logistics Oy

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii suomalainen logistiikkapalveluyritys HUB logistics Oy (kuva 1). HUB on yritystoiminnassaan keskittynyt tarjoamaan asiakkailleen logistiikan palvelu- ja ulkoistamisratkaisuja käsittäen asiakasyrityksen sisäisen logistiikan tai yksittäiset osa-alueet. Yrityksen palvelutarjontaan kuuluvat lisäksi muun muassa puupakkaus- ja lisäarvopalvelut, logistiikan pääomaratkaisut, tiedonhallintapalvelut sekä muut palvelut laajalti eri logistiikan osa-alueilta. Toiminnassaan HUB noudattaa ISO 9001 - ja ISO 14001 -standardeja. (HUB logistics 2016a.)



Kuva 1. Kuvakaappaus HUB logisticsin kotisivuilta (HUB 2016a).

HUB logistics Oy perustettiin vuonna 1992 nykyisen hallituksen puheenjohtajan, Aarno Törmälän toimesta tarjoamaan logistiikan palveluyrityksille laatu- ja konsultointipalveluita. Ajanjakso tarjosi hyvän poikkileikkauksen palveluyritysten toiminnasta Suomessa. Tämän myötä idea logistiikkapalveluyrityksestä alkoi muodostua ja uudelle vuosituhannele siirryttäessä nähtiin kaupan- ja teollisuudenalan asiakastarpeiden kasvaminen logistiikan ulkoistuspalveluille. Samalla yrityksen toimintoja uudistettiin ja brändi yhtenäistettiin, jolloin nykyisen kaltainen HUB logistics muotoutui. (HUB logistics Oy 2016b.)

Tänä päivänä HUB logistics Oy:llä on asiakkaita laajalti eri sektoreilta, kuten teollisuuden- ja kaupanalan yrityksiä sekä terveydenhuollon ja julkishallinnon toimijoita. Yhtiöllä on liiketoimintaa Suomen lisäksi Saksassa, Virossa, Venäjällä ja Puolassa, ja se työllistää yli 500 henkeä 21 toimipisteessä. (HUB logistics Oy 2016a.) Yhtiö palkittiin vuonna

2016 Suomen Osto- ja Logistiikkayhdistyksen konferenssissa vuoden logistiikkayrityksenä (HUB logistics 2016c).

## 1.2 Logistiikka kilpailutekijänä

Tehokkaalla logistiikalla on merkittäviä vaikutuksia yritysten kykyyn kilpailla markkinoilla. Esimerkiksi IKEA on kasvanut reilussa seitsemässä vuosikymmenessä paikallisesta huonekaluliikkeestä yhdeksi maailman menestyneimmäksi yritykseksi, jonka haastaminen hintakilpailulla on hyvin hankalaa. Pääasiallinen syy menestykselle on pitkälle mietitty logistiikka. (Tapaninen 2013, 35.)

Usein logistiikkaa ei kuitenkaan nähdä yrityksille kilpailukykyä mahdollistavana tekijänä, vaan pakollisena kustannuksina synnyttävänä toimintona. Tavallaan ajatuksissa ollaan oikeilla jäljillä, sillä onnistuneen logistiikan tehtävänä on pyrkiä minimoimaan varastoinnista ja kuljetuksista aiheutuvat ylimääräiset kustannukset, joista asiakas ei ole valmis maksamaan. (Tapaninen 2013, 34.)

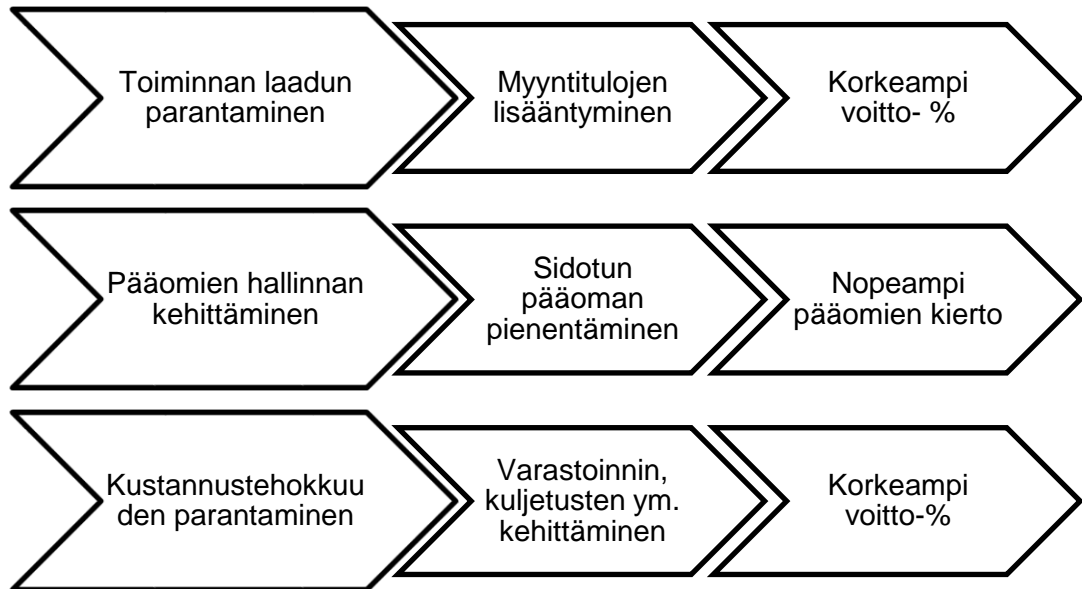
Mikäli logistiikkaan suhtaudutaan kuitenkin nuivasti, on olemassa riski siitä, että toimintojen kehittäminen jätetään vähemmälle huomiolle, jolloin se saattaa heijastua suoraan yrityksen kilpailukykyyn hukattuina resursseina ja potentiaalina. Yhtenä selittävä tekijänä taustalla voi luultavasti olla se, etteivät nämä yritykset koe logistiikkaa omaksi ydinalueekseen. Tällöin voi olla viisaampaa kääntyä logistiikkapalveluyrityksien puoleen. (Inkiläinen ym. 2011, 25.)

Yksittäisen yrityksen kohdalla logistiikan avulla voidaan hankkia huomattavaa kilpailuetua muihin toimijoihin nähden. Kun useat yritykset alkavat kiinnittää huomiota samoihin asioihin ja omaksumaan uusia teknologioita sekä metodeja tehostaakseen logistiikkaansa, alkaa ilmiö saada laajempaa merkitystä. Hyvin järjestetyllä logistiikalla on myös kansantaloudellista merkitystä Suomen kilpailukykyyn kannalta. (Inkiläinen ym. 2011, 25.)

Eräs keino kasvattaa kilpailukykyä logistiikassa on investoida varastoautomaatioon, mikä on ollut varsinkin suurissa kotimaisissa kaupanalan varastoissa trendinä viime vuosina (Taloussanomien 2014).

Kuvio 1 havainnollistaa, miten logistiikkaa voidaan hyödyntää kannattavuuden parantamiseksi. Automaattitrukkiin investoimalla saavutetaan esimerkiksi parempi toiminnan laatu ja pienempi hävikin syntyminen. Tämä puolestaan johtaa asiakastytyvyyden

parantumiseen ja kasvavaan myyntituloon. Logistiikkapalveluyrityksen asiakkaan pääomaa vapautuu paremmin käyttöön, kun vaihto-omaisuutta ja varastotasoja voidaan vähentää pienemmän puskurin ansiosta.



Kuvio 1. Kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä (Inkiläinen ym. 2011, 26).

## 2 VARASTOINTI

Varastoksi voidaan laskea laajalti kaikki paikat, joissa tavara seisoo joko väliaikaisesti, tai loppusijoitettuna (Hokkanen & Karhunen 2014, 125). Sanalla *varasto* voidaan ymmärtää tarkoitettavan sekä fyysistä varastotilaa (eng. *warehouse*) että varastoitavia tuotteita (eng. *inventory*) (Salmivuori 2010, 10). Talousopin näkökulmasta varastolla tarkoitetaan vaihto-omaisuuden materiaaliosuutta, joka ei ole jalostuksessa (Hokkanen & Karhunen 2014, 125). Varastoinnilla (*warehouse management*) tarkoitetaan puolestaan varastokäytössä olevia tiloja sekä varastotoimintoja (Inkiläinen ym. 2011, 79).

### 2.1 Varastoinnin syyt ja merkitys

Varastoinnilla on merkittävä rooli logistiikassa sitomalla kuljetukset fyysisesti varastoihin (Karhunen ym. 2008, 302). Kaupan ja valmistavan teollisuuden toiminta pohjautuu pitkälti varastojen pitämiseen. Kaupanalalla varastoinnilla pyritään varmistamaan tuotteiden saatavuus, eli vastaamaan kuluttajien kysyntään. Vastaavasti teollisuudessa joudutaan varastoimaan raaka-aineita tuotantoa varten. Luonteeltaan varastointi on pääsääntöisesti lyhytkestoista, koska varastointi aiheuttaa tuotteeseen kustannuksia ja kasvattaa epäkuranttiusriskiä. Varastointi kasvattaa vain harvoin tuotteen arvoa asiakkaan näkökulmasta, lukuun ottamatta muutamia poikkeuksia. (Hokkanen & Karhunen 2014, 125–126.)

Varastoinnille on monia syitä. Varastointia esiintyy esimerkiksi siitä syystä, että halutaan varmistaa tuotteiden saatavuus ja noudattaa hankinnoissa taloudellisten eräkokojen periaatetta. (Inkiläinen ym. 2011, 79.) Ostotoiminnassa hankittaessa suuria määriä tavaraa kerralla alenee yksittäisten nimikkeiden kuljetus- ja hankintakulut verrattuna pieniin eräkokoihin. Kulut alenevat siinä määrin, että eräkoko on järkevää kasvattaa, mikä vastaavasti kasvattaa varaston kokoa ja kustannuksia. Teollisuudessa tuotanto voi olla varasto-ohjautuvaa taloudellisista syistä. Tällöin valmistuserän koon kasvaessa tuotannon yksikkökustannukset pienenevät, mutta varastointikustannukset kasvavat. (Sakki 2010, 103.)

Varastoinnin syitä ovat esimerkiksi

- hyvä asiakaspalvelu
- transitokuljetuksesta johtuva välivarastointi

- laaja tuotevalikoima sekä asiakaskunta
- toimittajan epäluotettavuus
- raaka-ainemarkkinoiden heilunta
- tuotteen tai raaka-aineen heikko saatavuus johtuen sesongista tai sen saatavuus hankaloituu tulevaisuudessa (Inkiläinen ym. 2011, 79).

## 2.2 Varastohotellit

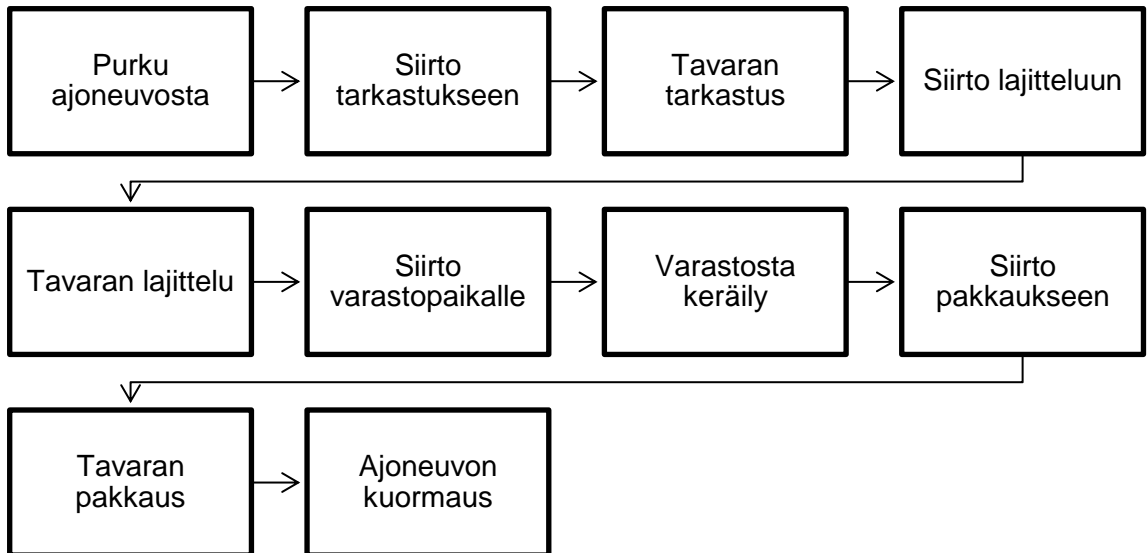
Varastohotellit ovat logistiikkakeskuksia, jotka tarjoavat asiakasyrityksille logistisia lisäarvopalveluita sekä varastointipalveluita. Asiakasyritykset voivat ulkoistaa koko varasto toimintonsa ostamalla sen palveluna varastohotellin pitäjältä esimerkiksi tilanteessa, jossa asiakkaan itse ei ole mielekästä investoida varastotiloihin tai oma kapasiteetti ei riitä. Tällöin asiakas vastaa varastoitaviin nimikkeisiin sitoutuneesta pääomasta sekä palvelumaksuista varastohotellin ylläpitäjälle. Ala on suhdanneherkkä, sillä nousukauden aikana teollisuuden tarve varastohotellien palveluille kasvaa nopeasti omien varastojen täytyessä ja vastaavasti laskusuhdanteessa ylimääräisiä kuluja karsitaan ensimmäisenä ulkopuolisista palveluista. (Hokkanen & Karhunen 2014, 138.)

## 2.3 Varaston osat ja toiminnot yleisesti

Varaston toimintojen laukaisevana tekijänä toimii tilauksen suorittaminen, minkä jälkeen informaatiovirrasta ja toteutuksesta vastaa varaston johto. On hyvä muistaa, että tieto kulkee osapuolten välillä toimintojen eri vaiheessa. Eräs tapa jakaa varaston toiminnot ovat jako säilytykseen eli varastointiin tai materiaalinkäsittelyyn. Materiaalin käsittelyllä tarkoitetaan kaikkia niitä toimintoja, jotka liittyvät tavaroiden purkuun, siirtelyyn tai lähettämiseen. (Hokkanen & Karhunen 2014, 130.)

Tyypillisen varaston toiminnot noudattavat pääpiirteittäin samoja periaatteita. Eri työtehtävät koostuvat tulologistiikan, hyllyttämisen, keräilyn, inventoinnin, pakkaamisen ja lähëtologiikan töistä. Muita päivittäisiä tehtäviä ovat kalustohuollot, kuormalavavalvonta, varaston paikkajärjestelmän ja järjestyksen ylläpito, laadunvalvonta ja palautusten käsittely. (Inkiläinen ym. 2011, 86.)

Kuviossa 2 on kuvattu tyypillisen varaston pääasialliset toiminnot tarkemmin vaiheittain. Varaston läpi kulkeva materiaalivirta koostuu tavarantoimittajien lähetyksistä, jotka saapuvat vastaanottajan varastoon tyypillisesti kuorma-auton tai ajoneuvoyhdistelmän kyydissä.



Kuvio 2. Materiaalin käsittely varastossa (Hokkanen & Virtanen 2012, 13).



Kuva 2. Varaston toiminnot kuvattuna Wadelma-raportissa (Aminoff ym. 2003, 31).

Kuvassa 2 on vuonna 2003 julkaistussa VTT:n Wadelma-projektin benchmarking-raportissa kuvattu varastoprosessi ja siihen liittyvät toiminnot. Kuvassa varastoprosessin vaiheet ovat jaoteltu vastaanottoon, hyllytykseen, säilytykseen, inventointiin, keräilyyn, yhdistelyyn ja pakkaamiseen, lähetykseen ja noutoon, reklamointiin ja palautuskäsittelyyn, lisäarvopalveluihin, cross-dockingiin, jätehuoltoon ja ympäristöön sekä johtamiseen ja kehittämiseen.

Kuviota 2 ja kuvaa 2 vertailemalla voidaan havaita, että eroavaisuuksia löytyy esitystavassa. Alan kirjallisuutta lukiessa huomataan, että jaottelutapoja on yhtä monia kuin kirjoittajia, eikä kaikissa varastoissa esiinny samoja toimintoja. Seuraavassa on käyty läpi ne toiminnot, jotka ovat opinnäytetyön case-tapauksen kannalta olennaisia:

### **Vastaanotto**

Vastaanotto liittyy tulologistiikkaan (Logistiikan maailma 2017). Vastaanotossa saapuva tavara puretaan ajoneuvosta ja tavaran kunto sekä oikeellisuus tarkastetaan. Tämän jälkeen lähetyksen sisältämät tavarat koodataan ja siirretään varastokirjaan, minkä jälkeen tavarat jäävät odottamaan siirtoa tai hyllytystä. (Hokkanen & Karhunen 2014, 131.) Vastaanoton työt jaotellaan joko laiturityöhön tai varsinaiseen tavaran vastaanottoon, jotka ovat omat prosessinsa (Karhunen ym. 2008, 382).

Laiturityö tehdään heti lähetyksen saapuessa kenen tahansa henkilön toimesta, joka sattuu olemaan paikalla. Tavara otetaan vastaan, jolloin vastuu tavarasta siirtyy kuljettajalta varastolle. Laiturityössä

- tunnistetaan tilaaja
- annetaan purukulupa
- tarkistetaan kollien määrät ja laatu vertaamalla sitä rahtikirjaan
- tarkastetaan lähetyksen kunto
- merkataan varaumat rahtikirjaan, mikäli puutteita esiintyy, kuitataan rahtikirja
- osoitetaan tavaroille purkupaikka purkajalle, annetaan mahdollisesti tyhjiä vaihtolavoja tavaran tuojalle
- kirjanpidon suorittaminen lavoista, häkeistä lavakauluksista, rullakoista ja muista semmoisista lähettäjän ja vastaanottajan välillä
- mahdollinen vastaanottoalueen merkintä rahtikirjaan vastaanottotarkastuksen työn aloittamisen helpottamiseksi, rahtikirjan arkistointi vastaanottotarkastusta

varten, mahdollinen ennakkotulon kirjaaminen varastohallintajärjestelmään nimikkeiden myyntiin vapauttamiseksi silloin, kun tavaraa ei ole varastossa saldoilla

- Laiturityöhön kuuluu myös vastaanottoalueen, piha-alueen ja laiturin järjestyksen ja siisteyden huolehtiminen

(Karhunen ym. 2008, 382–383.)

Laiturityön jälkeen suoritetaan varsinainen tavaran vastaanotto, jonka voi suorittaa lähe- tyksestä parhaiten perillä oleva henkilö esimerkiksi vasta seuraavana päivänä tilanteesta riippuen. Tavaran vastaanottotyöhön kuuluu ostotilauksen nouto tietojärjestelmästä tar- kastusta varten, lähetysluettelon talteenotto saapuneista kolleista, saapuneiden nimik- keiden varastosaldojen tarkastaminen mahdollisen jälkitoimitusten osalta ja näiden si- vuun siirtäminen kerääjiä varten. Lisäksi vastaanottotyöhön kuuluvat

- hyllypaikan osoittaminen tietojärjestelmästä
- tavaran tarkastus vertailemalla lähetyslistaan sekä ostotilaukseen ja poik- keamien merkintä
- sekalavojen tai rullakoiden lavoitus nimikkeiden mukaan omille lavoilleen
- tavaroiden valmistelu keräilyä varten lisäämällä puuttuvat merkinnät ja ohjeet
- viallisten nimikkeiden käsittely vakuutusyhtiötä varten
- pakkausjätteen käsittely
- hyllytys reservi- tai aktiivipaikalle
- ylimääräisten lavojen, häkkien ja muiden tarvikkeiden pois vienti
- sekä vastaanottoilmoituksen teko.

Mikäli hyväksytyssä lähetyksessä esiintyy puutteita, tulee vastaanoton olla yhteydessä ostotilauksen hoitaneeseen ostajaan jatkoselvityksiä varten. (Karhunen ym. 2008, 383–384.)

Vastaanotolla on myös tärkeä rooli yrityksen hankintaosaston ja varastokirjanpidon kan- nalta, sillä vastaanotto informoi ostoja, onko toimittaja täyttänyt lupauksensa tavaran toi- mituksen osalta oikeanlaisesti. Saapuvat lähetykset voidaan jaotella niiden luonteen mu- kaan täydennyksiin, kauttakulkuihin tai palautuksiin. (Karhunen ym. 2008, 382.)

Hyvin toimivalla vastaanotolla on tärkeä rooli varaston toiminnan ja tehokkuuden kan- nalta, sillä se vaikuttaa varastoprosessissa myöhempisiin toimintoihin. Vastaanotossa on tunnistettava varastoitavien nimikkeiden erityispiirteet, jotka ovat olennaisia tavaran va- rastoinnin kannalta, kuten mitat, paino, eränumero tai vaikkapa pinottavuus. (Hokkanen & Virtanen 2012, 15.)



## Hyllytys

Vastaanottovaiheen jälkeen tavarat hyllytetään joko aktiivi- tai reservipaikoille kuormalava-hyllystään. Varastossa keräilytö tapahtuu pääsääntöisesti aktiivipaikoilta, joita täydennetään reservipaikoilta tarpeen mukaan. Reservipaikoille siirretään se osa varastoitavista tuotteista, jotka eivät mahdu aktiivipaikoille. (Hokkanen & Karhunen 2014, 131.)

## Keräily

Keräilytavat voidaan jakaa sen mukaan, liikkuko tavara keräilijän luokse automatisoituna vai siirtykö keräilijä itse keräiltävän nimikkeen äärelle, mikä on näistä kahdesta tyypillisin tapa. Sujuva keräily edellyttää osoitejärjestelmää sekä optimoitua nimikesijoittelua, joka usein on toteutettu ottotiheyden mukaan. (Karhunen ym. 2008, 386.)

### 2.4 Varastointijärjestelmän toimivuus

Varastointijärjestelmän suunnittelussa on huomioitava varastoitavat tuotteet sekä otettava huomioon logistiset palvelutekijät. Näitä ovat ainakin

- toimitustiheys, -aika ja -varmuus
- toimitusten joustavuus
- tiedottaminen ongelmatilanteissa
- tilausten teon helppous, nopeus, joustavuus
- tavarantoimittajan virheettömyys (kuljetusvauriot)
- pakkaus (suojaus, kierrätys)
- pakkauskoko ja sen variaatiot
- informaatio pakkauksissa (mm. päivämäärä, viivakoodit).

Varaston kalusteilla ja laitteistoilla on suuri merkitys varaston toimivuudelle, esimerkiksi trukkipaluston on mahduttava liikkumaan käytävillä. Lisäksi kaluston nostokorkeus ja kyky sekä huolto- ja säilytystilat tulee ottaa huomioon. Lattian tasaisuus tulee ottaa huomioon työturvallisuuden ja trukkien toiminnallisuuden kannalta. (Inkiläinen ym. 2011, 83.)

### 3 VARASTOINNIN KUSTANNUKSET

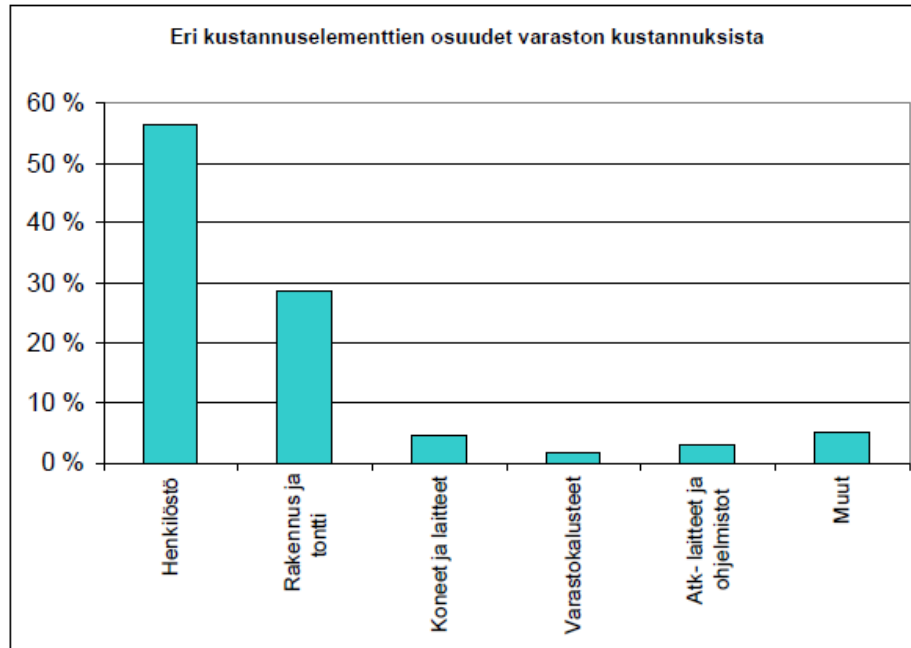
Varastointi aiheuttaa merkittäviä kustannuksia niin liiketaloudellisesti kuin kansantaloudellisestikin. Kustannuksia syntyy, sillä

- yrityksen pääomaa sitoutuu varastoitaviin nimikkeisiin, mistä aiheutuu vaihtoehtois- ja rahoituskustannuksia
  - varastotilojen vuokraus, rakentaminen, käyttö ja ylläpito aiheuttavat kustannuksia
  - varastoinnissa materiaalinkäsittely aiheuttaa käsittelykustannuksia, joita ovat mm. henkilö-, kone- ja pakkauskustannukset
- (Karhunen ym. 2008, 305.)

Lisäksi joudutaan kantamaan riski varastoitavien nimikkeiden epäkuranttiuden syntymisestä, jolloin pahimmillaan nimikkeiden romutusarvo on nolla tai joudutaan maksamaan hävityskustannuksia (Karhunen ym. 2008, 305).

Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy julkaisi vuonna 2003 varastotoiminnan benchmarking- tulokset osana Wadelma-projektia (Varastotoiminnan kehittäminen – uudet toimintamallit ja teknologiat), joka oli osa Liikenne- ja viestintäministeriön VALO-ohjelmaa (Verkostojen ajantasainen logistiikka). Tutkimuksessa selvitettiin yhteensä 22 eri kaupan ja teollisuuden varaston toimintakustannuksia sekä tehokkuutta. Kustannuksia laskettiin käyttäen hyväksi toimintoperusteista kustannuslaskentaa (*Activity-Based Costing, ABC*)

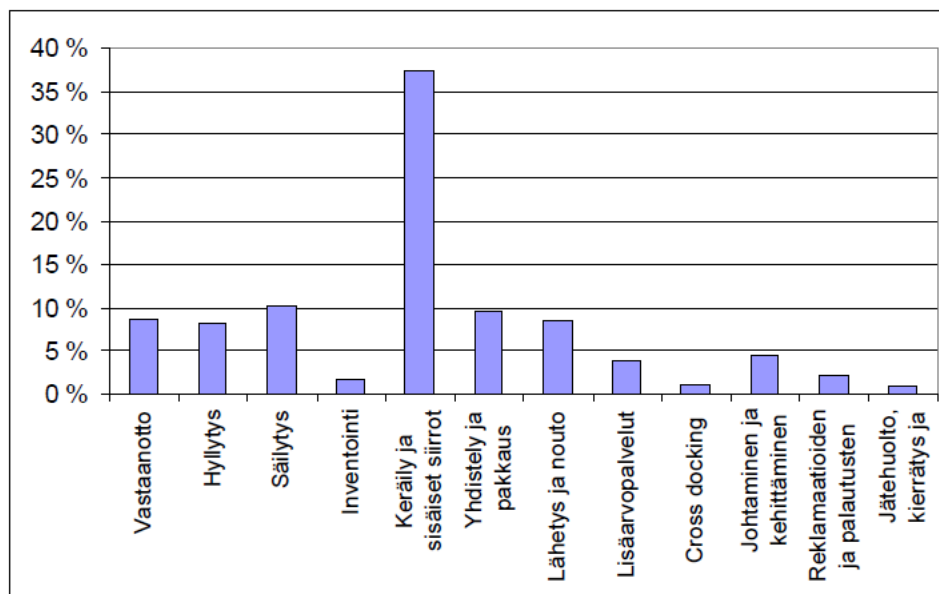
Varastot jaettiin tutkimuksessa neljään eri segmenttiin varaston profiilin mukaan. Jaotellut ryhmät olivat pientavara-, kauppa-, teollisuus- ja lavatavararyhmä. Opinnäytetyön kannalta merkittävin verrokkiryhmä on lavatavararyhmä, jonka toimintaa hallitsee pääasiassa lavoilla varastoitavat tuotteet sekä lavahyllystöt.



Kuva 3. Kustannuselementtien jakautuminen varastoinnissa (Aminoff ym. 2003, 36).

Varastoinnin kustannukset jaettiin tutkimuksessa viiteen eri elementtiin, jotka ovat esitetty kuvassa 3. Selvityksen mukaan kaikissa vertailukohteissa suurimman kustannustekijän muodosti henkilöstökustannukset 57 prosentin osuudella. Toiseksi suurimmalle sijalle sijoittui varastorakennuksen ja tontin muodostamat yhteiskustannukset 29 prosentin osuudella. Raportissa todetaan, että automatisoiduimmissa varastoissa henkilöstökulut olivat edelleen tärkein kustannustekijä, vaikkakin ne pienenivät automatisoinnin myötä. Vastaavasti atk-laitteiden ja ohjelmistojen sekä koneiden ja laitteiden osuus kasvoi jonkin verran. Työntehokkuuden kehittäminen ja nostaminen mainitaan tärkeimmiksi keinoiksi kustannustehokkuuden parantamisessa. Raportissa kerrotaan kustannustason vaihdelleen paljon eri yritysten välillä, mutta kuva antaa hyvän yleiskäsityksen kustannusten jakaumasta. (Aminoff ym. 2003, 36.)

Henkilöstökustannuksien selvittämiseksi hankittiin tiedot johdon, toimihenkilöiden ja työntekijöiden tehdyistä työtunneista sekä vuosittaisista palkkakustannuksista sivukuluneen. Koneiden ja laitteiden osalta selvitettiin niiden hankinta-arvo sekä käyttökustannukset. (Aminoff ym. 2003, 26.)



Kuva 4. Kustannusten jakautuminen toiminnoittain varastossa (Aminoff ym. 2003, 38).

Kuvassa 4 on esitetty varaston henkilöstökulut kohdennettuna eri varastotoiminnoille, josta voidaan havaita keräilyn ja sisäisten siirtojen muodostavan suurimman osuuden 38%:n osuudella. Keräilytyön osuus varaston kokonaiskustannuksista on merkittävä varsinkin käsikeräilyperiaattella toimivissa varastoissa (Inkiläinen ym. 2011, 86).

Varaston kokonaiskustannuksista noin 2/3 osaa on kiinteitä kustannuksia, kun muuttuvista kustannuksista 50–60% muodostuu keräilystä, pakkaamisesta ja lähettämisestä. Varaston kustannuksia voidaan verrata myös keskivarastoarvoon seuraavasti:

- vaihto-omaisuuden kokonaiskustannukset 6–15%
- tilakustannukset 2–6%
- työvoimakustannukset 2–10%
- kalustokustannukset 1–3%
- sisäiset kuljetukset 1–4%
- hävikki 1–2%
- vakuutukset 0,4–1%
- puutekustannukset 1–3%

(Hokkanen & Virtanen 2012, 162–164.)

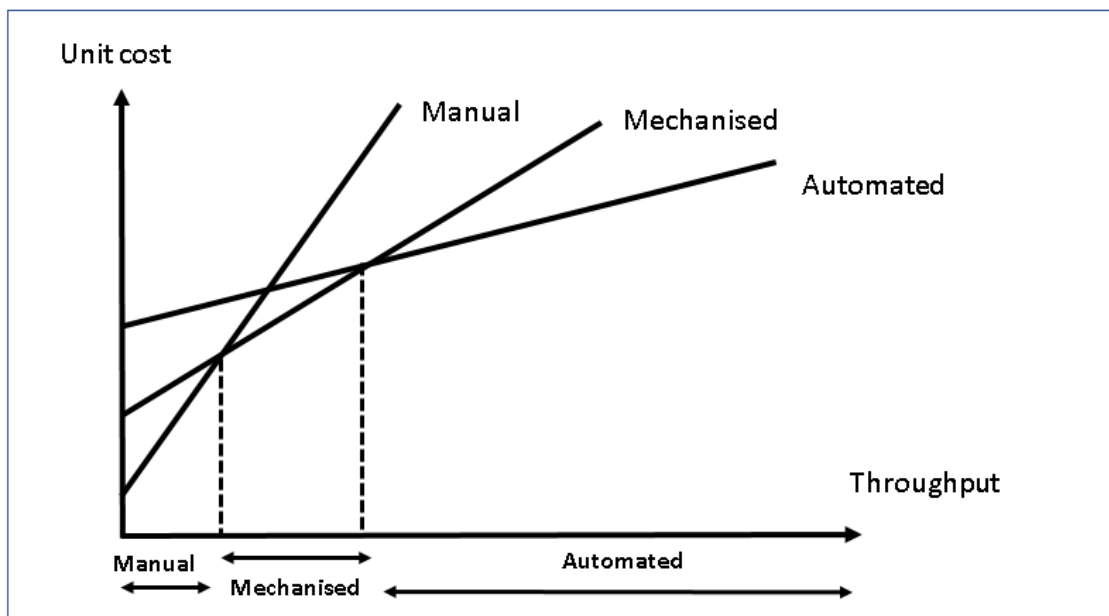
Alan kirjallisuudessa sekä julkaisuissa varaston kustannusten osuudet poikkeavat toisistaan, mutta toisaalta korostetaan myös sitä, että kahta samanlaista varastoa ei ole. Kiinteistöjen ja tonttien hinnat saattavat poiketa toisistaan merkittävästi sijainnin perusteella ja kustannusten laskentatapoja on erilaisia (Aminoff ym. 2004, 36). Kuitenkin yhteistä kaikille laskelmille on tilakustannusten ja henkilöstökulujen suuri osuus kokonaiskustannuksista. Erityisesti henkilöstökulujen perusteella on hyvä kiinnittää huomiota keräilyyn, pakkaamiseen ja lähettämisen tehokkuuteen (Hokkanen & Virtanen 2012, 162).

Työvoimakustannuksiin voidaan vaikuttaa työn tehokkuutta nostamalla, jota voidaan kehittää esimerkiksi hyvällä työn johtamisella ja viihtyvyyden parantamisella, paremmilla laitteilla ja työvälineillä, sopivalla palkkausjärjestelmällä, kuten kannustimilla sekä työntutkimustekniikoilla ja menetelmäkehitysojaluilla. (Hokkanen & Virtanen 2012, 165.)

## 4 MATERIAALINKÄSITTELY

Materiaalinkäsittelyllä tarkoitetaan tapahtumia, joissa materiaalia siirrellään tai sen fyysisiä ominaisuuksia muokataan tuotannossa. Näin ollen varastossa säilömistä paikallaan ei katsota olevan materiaalinkäsittelyä (lukuun ottamatta tiettyjen tuotteiden vanhentamisprosesseja), vaan sen säilyttämistä. Varastoinnin voidaan kuitenkin katsoa olevan tärkeä materiaalinkäsittelytoimenpide. (Hokkanen & Karhunen 2014, 139.)

Varastossa tai varastotilojen välillä tapahtuvien lyhyiden eli sisäisten siirtojen katsotaan olevan materiaalinkäsittelyä (Waters 2003, 297). Sen sijaan kaukokuljetuksien ei katsota kuuluvan materiaalin käsittelytoimenpiteiksi, sillä itse materiaali säilyy ”koskemattomana” ja vain sijainti muuttuu. Materiaalinkäsittely voidaan toteuttaa joko mekaanisesti, puoliautomaattisesti tai automaattisesti. (Hokkanen & Karhunen 2014, 139.)



Kuva 5. Materiaalinkäsittelyn kustannukset käsittelytavoittain (Waters 2003, 300).

Varaston kokonaistyönmäärästä huomattavan suuri osa koostuu materiaalin liikuttelusta paikasta toiseen. Tämä luonnollisesti maksaa aikaa sekä rahaa työn, kaluston kulumisen sekä mahdollisten vahinkojen ja epäkuranttiuden syntymisen muodossa. Luonteeltaan nämä työt ovat usein toistuvia. (Waters 2003, 297.)

Kuvassa 5 on esitetty peruseriaate sekä korrelaatiot käsittely-yksikön keskimääräiskustannuksista per suorite manuaalisen, mekaanisen ja automatisoidun käsittelyn suhteen.

#### 4.1 Sisäinen liikenne ja siirrot

Yrityksien sisäiset siirrot hoidetaan yrityksen omalla kalustolla. Kaukokuljetuksista poiketen varaston tai tuotantolaitoksen sisäiset siirrot lasketaan kuuluvaksi osaksi materiaalinkäsittelyä, vaikka vaikutus siirrettäville materiaaleille on sama kuin kaukokuljetuksissa. (Hokkanen & Karhunen 2014, 139.)

Sisäiset siirrot liittyvät keskeisesti varaston tai tuotantolaitoksen materiaalivirtoihin, kuten vastaanotossa saapuvien lähetysten purkuihin, tuotantoon siirtämisiin, tuotantopisteiden välisiin kuljetuksiin ja niin edespäin. Edellisistä systä johtuen niiden katsotaan kuuluvan loogisesti osaksi materiaalinkäsittelyä. Fyysisesti siirrot voivat tapahtua erillisten rakennusten välillä osittain ulkona, vaikka termi viittaakin sisällä tapahtuvaan toimintaan. Prosessin sisällä tapahtuvia siirtymiä ei katsota kuuluvan sisäisiin siirtoihin. (Hokkanen & Karhunen 2014, 139.)

Siirtojen luonteeseen ja tarpeeseen sekä kuljetustapaan vaikuttavat materiaalivirtojen säännönmukaisuus ja paksuus, eli siirtomäärät. Varastoinnissa sisäisillä siirroilla on merkitystä saapuvan tavaran siirtämisessä vastaanotosta varastoon, varastopaikkojen tai tuotannon välisissä siirroissa, lähtevän tavaran siirtämisessä varastosta lähtöalueelle sekä ajoneuvojen lastaamisissa ja purkamisissa. Varastoympäristön luonteesta johtuen suunnitelmallisuus turvallisuuden ja sisäisen liikenteen toimivuuden kannalta on keskeisessä roolissa. Reitin valintaan puolestaan vaikuttaa merkittävästi sen kunto, sillä usein on edullisempaa valita parempikuntoinen reitti, vaikka se olisikin pidempi. (Hokkanen & Karhunen 2014, 139–143.)

#### 4.2 Mekaaninen, puoliautomaattinen ja automaattinen materiaalinkäsittely

Mekaanisella materiaalinkäsittelyllä tarkoitetaan niin sanottua perinteistä henkilötyövoimalla sekä trukilla tai muiden työkoneiden avulla tapahtuvaa materiaalin käsittelyä, jossa automaatiota ei käytetä tai sitä käytetään vain rajoitetusti (Hokkanen & Karhunen 2014, 140).

Puoliautomaattisesta materiaalinkäsittelystä puhutaan, kun materiaalinkäsittelyjärjestelmässä yhdistyvät osaksi mekaaninen sekä automatisoitu toiminta. Esimerkiksi automaattitrucki, eli vihivaunu (*Automated Guided Vehicle*, AGV), tai varastoautomaatti, kuten pateroster yhdistettynä mekaaniseen materiaalinkäsittelyyn luovat puoliautomaattisen järjestelmän. (Hokkanen & Karhunen 2014, 146.)

Kokonaiset automaatiojärjestelmät ovat kehittyneet mikroprosessorien hintojen laskemisen myötä kannattavammiksi ja mahdolliseksi toteuttaa. Automatisoinnilla pyritään tehostamaan varaston toimintaa ja alentamaan kustannuksia vähentämällä mekaanisen, eli henkilötyövoimaa vaativan työn osuutta. Muita automatisoinnin etuja ovat eduksi nopeus ja tarkkuus, eli parantuneet laatukustannukset. (Hokkanen & Karhunen 2014, 148.)

Täysautomaattiset varastot ovat tyypillisesti WMS:n ohjaamia korkeavarastoja, jotka sisältävät AS/RS-laitteiston (*Automated Storing/Retrieving System*). AS/RS eli automaattinoudin on tunnistustekniikalla varustettu varastoautomaatiojärjestelmä, joka sisältää tietokoneohjatut hyllystövaunut tai noutimet hyllytyksiä ja keräilyjä varten. Järjestelmässä WMS määrittää hyllytettävälle nimikkeille paikan tuotteen koodin perusteella ja noutaa sen samalta paikalta tilaustietojen perusteella päinvastaisessa järjestyksessä. Henkilötyövoimaa tarvitaan tällaisessa täysautomatisoidussa varastossa ainoastaan vastaanotossa ja lähettämössä. Markkinoilla on myös muita, toimintatavoiltaan hieman erilaisia automaattijärjestelmiä, kuten hyllytalo. (Hokkanen & Karhunen 2014, 148.)



## 5 AUTOMAATTITRUKKIJÄRJESTELMÄ

Automaattitrucki on perinteisestä manuaalitruckista poiketen ilman kuljettajaa operoiva lähisiirtolaite (Rocla Oy 2017a). Muita käytettyjä nimityksiä automaattitruckeista ovat englanninkielinen nimitys *Automated Guided Vehicle* (lyhenne AGV) tai vihivaunu. Automaattitruckijärjestelmä puolestaan on laajempi kokonaisuus, mikä käsittää automaattitruckin lisäksi sen ohjaamiseen tarkoitetun järjestelmän, vaunut, käsittelypisteet sekä kulureitit (J. Uusitalo, henkilökohtainen tiedonanto 1.12.2016). AGV:n materiaalinkäsittelytapa ei juurikaan poikkea perinteisestä manuaalitruckista (Hokkanen & Karhunen 2014, 146).



Kuva 6. Roclan varhainen automaattitruckimalli Uudenkaupungin autotehtaalla 1980-luvulla (Rocla Oy 2017c).

Ensimmäiset automaattitruckit kehitettiin 1950-luvulla (Hokkanen & Karhunen 2014, 146). Kuvassa 6 Rocla Oy:n toimittama automaattitrucki on siirtämässä Talbotin runkoa tuotantoon Uudenkaupungin autotehtaalla 1980-luvulla. Ensimmäisen automaattitruckimallinsa Rocla kehitti 1983, jolloin automaattitruckit navigoivat induktio-ohjauksen avulla. Laserohjattu navigointi alkoi automaattitruckeissa yleistyä 1990-luvulle tultaessa. (Rocla Oy 2017b.)

## 5.1 Navigointi

Automaattitruckien navigointiperiaatteet jaotellaan joko kiinteään rataan perustuvan ohjauksen tai vapaan sijainninmäärityksen mukaan (Hokkanen & Karhunen 2014, 146). Markkinoilla olevien automaattitruckin navigointi perustuu tällä hetkellä tyypillisesti kolmeen eri navigointitapaan:

- induktiokaapeliohjaukseen (kiinteä)
- magneettinappeihin, eli spotteihin (kiinteä)
- laserkolmiomittaukseen (vapaa).

Navigointi voi tapahtua pelkästään yhdellä tapaa näistä vaihtoehdoista tai näiden eri yhdistelmillä. Esimerkkinä yhdistetyn navigoinnin käytöstä voidaan käyttää kapealle hyllykäytävälle siirtymistä, jossa automaattitruckin ympärillä on laserluotaimen käyttöä rajoittavia esteitä. Tällöin käytävälle siirryttäessä AGV navigoi esimerkiksi induktio-ohjauksen avulla. (Rocla Oy 2017d.)

Lisäksi on olemassa muita tapoja, joilla AGV pystyy navigoimaan, mutta nämä ovat harvinaisempia. Näitä ovat

- reitin opettaminen kiinteistä objekteista, eli vapaan tilan navigointi (ns. luonnollinen navigointi)
- magneettiset teippaukset lattiassa (sama periaate kuin induktiokaapelissa ja spotteissa)
- valoherkällä kemikaalilla pinnoitetut tai valoa heijastavat nauhat tai teippaukset lattiassa. (J. Uusitalo, henkilökohtainen tiedonanto 1.12.2016.)

Luonnollista navigointia käytettäessä vaaditaan noin 50% stabiili ympäristö (E. Viskari, henkilökohtainen tiedonanto 15.3.2017). Tämä tarkoittaa siis sitä, että ympäristössä ei tapahdu suuria muutoksia, tai kulkureitin varrella ole jätetty esimerkiksi korkeita kuormalavoja. Lisäksi ympäröivien objektien tulee olla riittävän suuria, kuten betonielementtejä, joista automaattitrucki pystyy hahmottamaan oman sijaintinsa lasermittauksen avulla (J. Uusitalo, henkilökohtainen tiedonanto 1.12.2016).

Käytettävä navigointitapa riippuu pitkälti varastoympäristön rajoitteista ja mahdollisuuksista sekä halutusta ratkaisusta. Induktiokaapeli ohjauksen asentaminen lattiaan vaatii betonilattiaan uran sahaamista ja magneettinappien asentaminen poraamista. Tällöin AGV:n kulkureitin muuttaminen uudelleen on melko työlästä. (J. Uusitalo, henkilökohtainen tiedonanto 1.12.2016.)



Kuva 7. Heijastinpaneeli asennettuna kuormalavahyllystön palkkiin Valion tehtaalla (Rocla Oy 2016).

Tällä hetkellä lasernavigointi on yleisimmin käytetty navigointitapa (Rocla Oy 2017d, 36). Kuvassa 7 on lasernavigoinnissa tarvittava heijastinpaneeli kiinnitettynä kuormalavahyllyn pystypalkkiin. Heijastinpaneeleita sijoitetaan sopiviin paikkoihin automaattitrukin reitin varrelle. Tässä vaihtoehdossa automaattitrukin reittejä saadaan tarvittaessa muutettua melko joustavasti etäyhteydellä (Jungheinrich 2017a, 14). Lasernavigointi mahdollistaa lisäksi vapailla, suorilla osuuksilla hieman muita navigointimenetelmiä suuremman nopeuden. Muita lasernavigoinnin etuja ovat tarkkuus, luotettavuus sekä heijastimien helppo asentaminen verrattuna muihin vaihtoehtoihin. (Rocla Oy 2017d, 36.)

## 5.2 Valmistajat ja automaattitrukityypit

Tällä hetkellä automaattitrukkeja valmistaa Järvenpäässä tuotantoaan pitävä Rocla Oy. Lisäksi muita automaattitrukkitoimittajia Suomessa ovat ainakin Jungheinrich Lift Truck Oy, Toyota Material Handling Finland Oy, Ab Solving Oy, Finn-Packers – Finland, Fincomec Oy ja Wihuri Oy Tekninen kauppa.

Aivan kuten manuaalitrukkeja, on automaattitrukkeja valmistettu moneen eri käyttötarkoitukseen tukipyörällisinä ja vastapainoon perustuvina versioina. Erilaisia tyyppejä ovat ainakin erilaisia perinteisiä trukkeja muistuttavat mallit, kuten

- lavansiirtovaunuja muistuttavat mallit
- pinontatrukit
- kapeakäytävämallit
- työntömastotrukit
- keräilytrudit
- erikoisvalmisteiset trukit.

Automaattitrukit ovat tyypillisesti massaräätälöityjä ja konfigurointi toteutettu asiakkaan toiveiden mukaisesti. Automaattitrukkeja on saatavilla siis useilla erilaisilla kokoonpanoilla riippuen asiakkaan toivomista ominaisuuksista sekä automaattitrukkitoimittajan kyvystä toimittaa trukki halutuilla ominaisuuksilla. Tärkeimmät automaattitrukin valintaan ja ominaisuuksin vaikuttavat tekijät ovat samat, kuin manuaalitrukkeissa. Näitä ovat

- käyttötarkoitus
- käsiteltävä yksikkökuorma (mitat, paino, tyyppi, muoto)
- nostokyky (korkeus, paino, kurotus)
- käytävissä oleva tila ja ympäristön luonne
- käsittelypisteet (J. Uusitalo, henkilökohtainen tiedonanto 1.12.2016).

Asiakkaan halutessa automaattitrukkeihin on mahdollista asentaa myös erilaisia lisävarusteita, kuten esimerkiksi automaattitrukin liikkeistä varoittavia huomiovaloja (E. Viskari, henkilökohtainen tiedonanto 15.3.2017).



Kuva 8. Jungheinrich ERC215a -automaattitrukki (Jungheinrich 2017a).

Kuvassa 8 on esitetty Jungheinrichin ERC215a -automaattitrukki, joka ominaisuuksiltaan muistuttaa tukipyörällistä pinontatrukkia. Tarvittaessa kyseistä mallia voi käyttää myös manuaalisten siirtojen suorittamiseen esimerkiksi tilanteessa, jossa trukin kulkureitille on jätetty lava ja se täytyy siirtää pois edestä (E. Viskari, henkilökohtainen tiedonanto 12.12.2016).



Kuva 9. Rocla AWT -automaattitrukki (Rocla Oy 2017).

Kuvassa 9 on Roclan paperi- ja lehtiteollisuuden tarpeisiin suunnittelema tukipyörällinen automaattitrukki. Suurimmalla AWT-mallilla pystytään käsittelemään jopa kahdeksan tonnin painoisia rullia. (Rocla Oy 2017d, 32.)

### 5.3 Turvallisuus

Automaattitrukkien turvaominaisuudet pohjautuvat EU:n konedirektiiviin 2006/42/EY, joka määrittelee koneturvallisuuden standardit. Direktiivi on asetettu Suomessa voimaan valtioneuvoston asetuksella 400/2008. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2017.) Käytännössä direktiivi, valtioneuvoston asetus sekä loppupeleissä työturvallisuuslainsäädäntö määrittelevät kaikki yhdessä automaattitrukkien turvalliseen käyttöön vaikuttavat tekijät:

- Automaattitrukin on pystyttävä pysähtymään sen turvaskannerien luotaamalla matkalla esteen ilmaannuttua, jos samalle alueelle ihmisten pääsyä ei ole luotettavasti estetty. Tästä syystä automaattitrukit ovat pääsääntöisesti hitaampia kuin perinteiset manuaalikäyttöiset trukit.

- Automaattitrukit vaativat pääsääntöisesti suuremman työkäytäväleveyden turvavälin takia, kuin manuaalitrukit johtuen EN1525 standardin määrittämistä turvallisuusseikoista. Turvavälin koko esimerkiksi seinään tai hyllypalkkiin riippuu tilanteesta ja teknologisesta tavasta jolla turvamääräykset täyttyvät. Käytännössä trukkitoimittaja käy vaaralliset paikat läpi järjestelmän käyttöönottoa edeltävässä vaiheessa ja varmistaa automaattitrukin turvallisen käyttömahdollisuuden. (J. Uusitalo, henkilökohtainen tiedonanto 1.12.2016.)

Jotta jätöt ja otot korkeilta hyllypaikoilta voitaisiin toteuttaa turvallisesti automaattitrukin itsenäisesti suorittamina, tulisi alue eristää muulta liikenteeltä (E. Viskari, henkilökohtainen tiedonanto 12.12.2016). Automaattitrukit ovat niille suunniteltuihin käyttötarkoituksiin oikein käytettyinä huomattavasti turvallisempi vaihtoehto verrattuna manuaalitrukkeihin, kun verrataan automaattitrukkien historian aikana tapahtuneita tapaturmia (J. Uusitalo, henkilökohtainen tiedonanto 1.12.2016).



Kuva 10. Rocla AGV:n turvaominaisuudet (Rocla Oy 2017).

Kuvassa 10 on esitetty automaattitrukkien turvaominaisuuksia. Automaattitrukit ovat varustettu erilaisilla turva-antureilla, jotka ensin hidastavat niitä esteen ilmaannuttua varoituskenttäalueella ja lopulta pysäyttävät sen kokonaan, jos este ei väisty. Lisäksi niissä

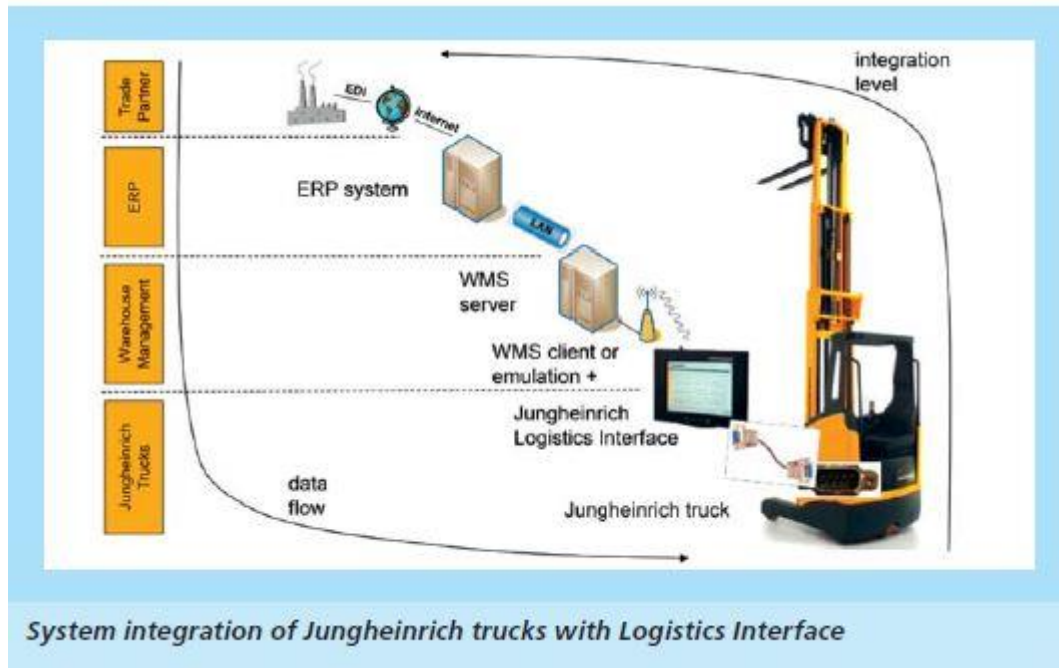
on valmistajasta ja mallista riippuen erilaisia turvallisuutta lisääviä varoitusvaloja sekä varoitusääniä. Konedirektiivi velvoittaa suunnittelemaan automaattitrukeista turvallisia. Vallitsevien standardien EN1525 mukaan niihin lisätään hätäpysäytyspainikkeet. Rakenteeltaan automaattitrukit ovat suunniteltu siten, että esimerkiksi maassa makaavan ihmisen käden tai jalan päältä trukki ei pysty ajamaan. Tätä varten tilanteita simuloidaan käyttämällä testikappaleita D200xL600 makuullaan ja D70xL200 pystyssä. (J. Uusitalo, henkilökohtainen tiedonanto 1.12.2016.)

Automaattitrukkien kanssa sattuneet tapaturmat ja vahingot ovat äärettömän harvinaisia. Esimerkiksi Roclan toimittamien automaattitrukkien historian aikana heidän tietoonsa ei ole tullut yhtään tapahtunutta vahinkoa, jonka aiheuttajana olisi ollut AGV. Yhteentörmäyksissä tai vahingoissa aiheuttajana on ollut ihminen huolimattomalla toiminnallaan. Vähempien vahinkojen sattuessa syntyy automaattitrukeilla säästöjä myös laatukustannuksissa. (Tekniikka&Talous 2017.)

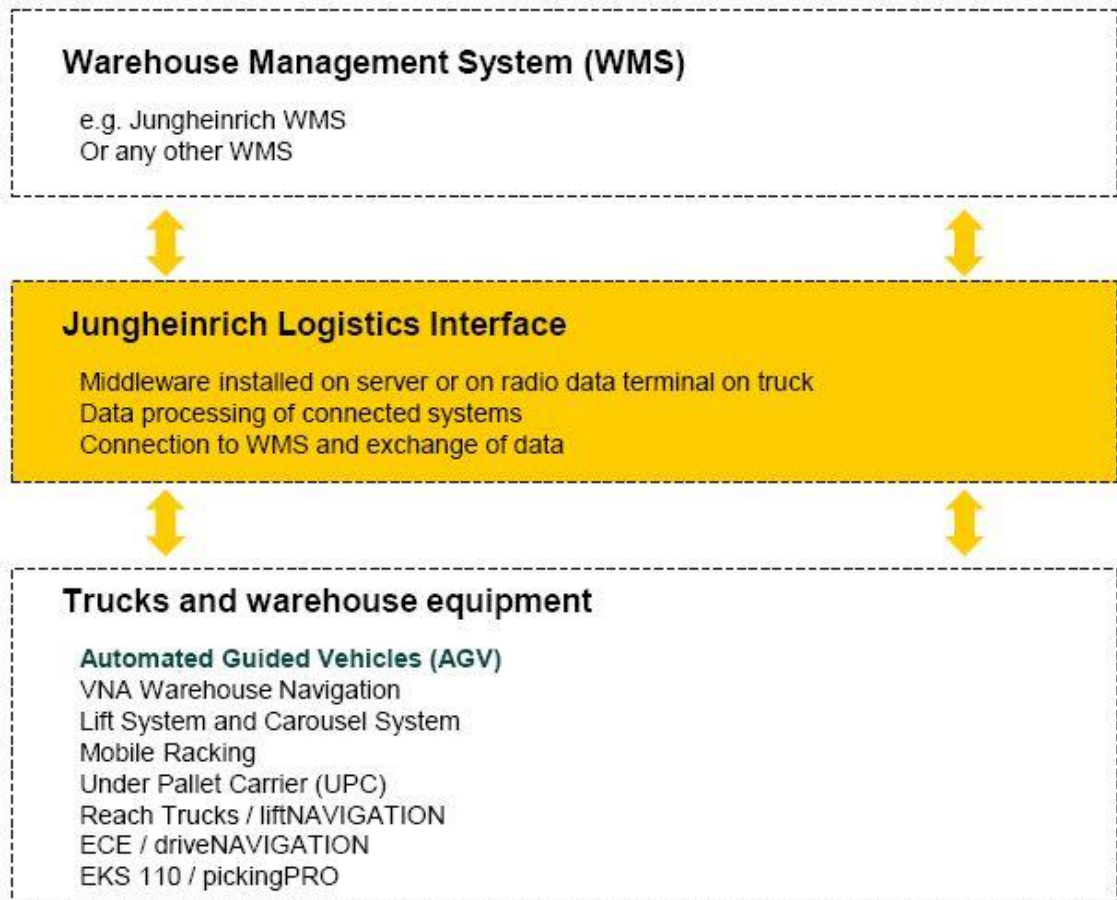
#### 5.4 Automaattitrukkijärjestelmien telematiikka ja ohjaus

Automaattitrukkijärjestelmä voidaan ottaa käyttöön kahdella eri tapaa, jotka ovat ”Stand-alone” -toteutustapa tai erilaisiin isäntäohjelmistoihin, kuten WMS-, ERP-, WCS- tai MES-järjestelmiin integroimalla (Toyota Material Handling 2017).





Kuva 11. Esimerkkikuva järjestelmäintegraation toteutuksesta (Jungheinrich 2014).



Kuva 12. Rajapinnan merkitys automaattitruckijärjestelmässä (Jungheinrich 2017).

Järjestelmäintegraatiossa isäntäohjelmisto, eli tietojärjestelmä, antaa tehtäviä automaattitrukkille rajapintaliittymän välityksellä, joka voi olla asennettuna asiakkaan varaston omalle palvelimelle tai suoraan trukkipäätteeseen, joka sisältää WMS-ohjelmiston, kuten kuvassa 11 (Jungheinrich 2014). Middleware, eli rajapinta, voi olla asennettuna myös järjestelmätoimittajan omalle serverille asiakkaan halutessa (E. Viskari, henkilökohtainen tiedonanto 15.3.2017). Kun rajapinnan tulkitsee isäntäohjelmiston antaman käskyn vastaanottavan järjestelmän vaatimaan muotoon (automaattitrukki), lähtee se suorittamaan sille annettua tehtävää. Kun tehtävä on suoritettu, välittää järjestelmä tiedon takaisin rajapinnan kautta (kuva 12). Rajapinnan tehtävänä on siten saada isäntäohjelmisto sekä haluttu järjestelmä (tässä tapauksessa automaattitrukki ja sen sensorit) kommunikoiden keskenään. Rajapintaa tarvitaan, koska asiakkaan tietojärjestelmäratkaisut ”raudan” ja ohjelmistojen rakenteen osalta vaihtelevat toteutuksiltaan hyvin paljon. (Jungheinrich 2014.)

Kuvassa 11 on esitetty eräs tapa toteuttaa järjestelmäintegraatio.

Stand-alone -ratkaisu poikkeaa järjestelmäintegraatiosta merkittävästi. Tässä ratkaisutavassa automaattitruckijärjestelmää ei integroida isäntäohjelmistoon suoraan, vaan automaattitrukit suorittavat tehtäviä itsenäisesti muualta saatujen käskyjen avulla. Tehtävien antaminen automaattitrukeille voidaan suorittaa useilla eri tavoilla tai näiden yhdistelmillä, kuten painikkeilla, antureilla, konesignaaleilla tai eri pisteiden päätelaitteilla. Stand-alone ratkaisusta voidaan toteutustapa päivittää myös jälkikäteen järjestelmäintegroituun vaihtoehtoon. (Jungheinrich 2017b.)

Mahdollisen rajapinnan sekä isäntäohjelmistojen lisäksi automaattitruckijärjestelmiin liittyy olennaisesti ohjausjärjestelmä, jonka avulla automaattitruckiliikennettä ja toimintoja kontrolloidaan. Ohjausjärjestelmän avulla voidaan hallita ja priorisoida automaattitrukkien tilausjonoja, jakaa ja ajoittaa tehtäviä, seurata prosessien etenemistä, valita ja tehdä muutoksia kulkureitteihin sekä ennaltaehkäistä ruuhkien syntymistä. (Rocla Oy 2017c, 35.)

## 6 INVESTOINNIN SUUNNITTELEMINEN JA LASKENTA

Investoimisella tarkoitetaan tilannetta, jossa yritys sijoittaa ja sitouttaa suuren määrän rahaa kohtuullisen pitkäksi aikaa investoitavaan kohteeseen nykyhetkessä tavoitellakseen tuottoja tulevaisuudessa. Normaaleista menoista poiketen investoinnit eroavat sijoitetun pääoman suuruuden määrällään sekä pidemmällä tulojen odotusajalla. Tällöin varsinkin ajan merkitys korostuu, sillä pidentyneeseen aikaan liittyy riskejä, joita tavallisissa menoissa ei ole. Kansantaloudellisesti investoinneilla on tärkeä merkitys. (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 206.)

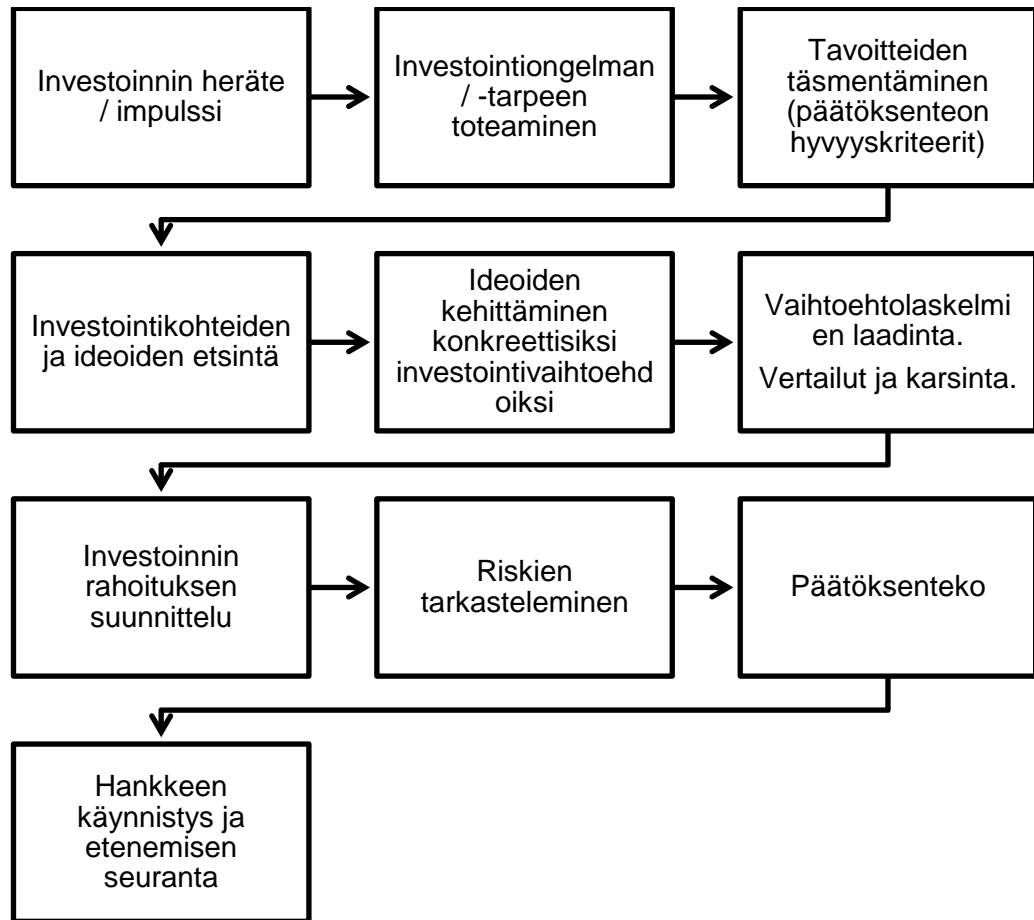
Investointeihin liittyy merkittäviä riskejä yritystoiminnan kannalta, jotka realisoituessaan voivat pahimmillaan johtaa yrityksen konkurssiin. Väärin ajoitetut, mitoitettut tai muuten epäonnistuneet investoinnit ovat olleet syynä monen yrityksen toiminnan päättymiseen. Toisaalta investoinneilla luodaan yritystoiminnan edellytyksiä ja tavoitellaan kilpailuetua prosessien kehittämisen myötä. (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 206.)

Usein investointeihin varatut resurssit ovat rajalliset, jolloin joudutaan puntaroimaan usean investointivaihtoehdon kannalta parasta kokonaisratkaisua sekä yhteensopiavuutta yritysstrategian kannalta. Lisäksi investointiprosessi sitoo itseensä oman ja vieraan pääoman ohella yrityksestä eri toimintoja sekä henkilöstöresursseja pitkiksikin ajoiksi. Ajan tuoma haaste liittyy nimenomaan toimintaympäristön muuttumiseen investoinninpitoaikana, sillä tulevaisuutta ja markkinoiden trendejä on vaikea ennustaa. Investoinnin oikea-aikaisuus onnistumisen kannalta on tästä syystä tärkeää, sillä päätöksenteko on tapahtumana kertaluontoinen. Investointeja suunniteltaessa on lisäksi ennakoitava ja laskettava investoinnin tuotot sekä kulut erilaisille ajanjaksoille ja huomioitava kassavirtojen ajoittuminen sekä määriteltävä rahoitustarve. (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 207.)

Investointipäätöstä pohdittaessa oman haasteensa tuo siihen vaikuttavat kvalitatiiviset ja kvantitatiiviset tekijät, jotka saattavat olla keskenään ristiriidassa sekä subjektiiviset näkemykset ja arvostukset: Ennen investointihetkeä (*ex ante*) saatavilla oleva tieto ja henkilökohtaiset näkemykset saattavat muuttua investoinninpitoaikana, jolloin jälkikäteen tarkasteltuna (*ex post*) investointi ei välttämättä ollutkaan hyvä päätös. Kun investointiprojekti yhä pidemmälle, sitoutuu siihen enenevässä määrin resursseja ja kustannuksia. Lisäksi investoinnin lopputulokseen voidaan vaikuttaa sitä vähemmän, mitä pidemmälle se on edistynyt. Edellä mainituista syistä johtuen investoinnin onnistumisen

kannalta on tärkeää suorittaa esitutkimus (*feasibility study*) investointikohteen teknisestä ja taloudellisesta soveltuvuudesta. (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 207.)

Kuviossa 3 on esitetty investoinnin suunnittelemiseen liittyvät tyypilliset vaiheet. Alussa yrityksessä on jokin investointitarve, esimerkiksi tuotannossa esiintyvän pullonkaulan poistamiseksi tarvittava kone, tai tämän opinnäytetyön tapauksessa automaattitrucki. Luonteeltaan tällainen potentiaalitekijöihin investointi on reaali-investointi erotuksena rahoitusinvestoinneista, joissa sijoitetaan rahaa sijoitusinstrumentteihin. Investointitarpeen toteamisen jälkeen täsmennetään investoinnin tavoitteet. Yrityksellä saattaa olla useita ristiriidassa olevia, määrällisiä sekä laadullisia tavoitteita investointiin liittyen, joita tulisi arvottaa keskenään. Samalla tulisi selvittää vaihtoehtoisten toimintatapojen vaikutuksia. Päätöksenteon hyvyyskriteerit eli tavoitteet voidaan jaotella ehdottomiin ja toivottuihin ominaisuuksiin. Kun vähimmäisvaatimukset on täytetty, vertaillaan eri vaihtoehtoja keskenään ja pyritään löytämään ne tapaukset, jotka täyttävät toivotut ominaisuudet mahdollisimman kattavasti ja joilla on mahdollisimman vähän ei-toivottuja ominaisuuksia. Apuna tähän voidaan käyttää erityyppisiä pisteytysmenetelmiä. (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 207-209.)



Kuvio 3. Investoinnin suunnittelun vaiheet (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 207).

### 6.1 Investointien luokittelut

Investointikohteita voidaan kategorisoida niiden merkittävyyden perusteella, jolloin niihin voidaan soveltaa erilaisia tuotto- tai kiireellisyysvaatimuksia. Neilimon ja Uusi-Rauvan (2014) mukaan luokittelu voidaan tehdä esimerkiksi seuraavalla tavalla

- lain, asetusten tai muiden määräysten velvoittamat pakolliset asetukset, ei tuottovaatimusta
- markkina-aseman turvaamiseen tähtäävät investoinnit, tuottovaatimus 6 %
- uusintainvestoinnit, eli koneiden ja tuotannon laitteiden kunnostus tai uusinta, tuottovaatimus 12 %
- kustannusten laskeminen, tuottovaatimus 15 %
- tuottojen kasvattaminen, tuottovaatimus 20 %
- uudet aluevaltauksset tai lanseeraukset huomattavin riskein, tuottovaatimus 25 %.

Tuottovaatimukset ovat päätettävä aina tapauskohtaisesti, ja eräs tapa on asettaa sama tuotto-odotus kaikille investoinneille, lukuun ottamatta pakollisia investointeja (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 210).

## 6.2 Investointilaskennan lähtötiedot

Investointilaskelmien lähtöarvojen arviointi on haastavaa, sillä niissä joudutaan ennustamaan tulevaisuutta (Koltola ym. 2010, 296).

Investointilaskelmien tekemistä varten edellytetään seuraavia kvantitatiivisia lähtötietoja:

- perushankintakustannus
- investoinnin synnyttämät juoksevat kulut ja tuotot
- laskentakorkokanta
- investoinnin pitoaika
- investoinnin jäännösarvo.

Investointilaskelmien tuloksia tarkasteltaessa on syytä huomioida, etteivät investointilaskelmat ota kantaa laadullisiin seikkoihin (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 213–214).

### **Perushankintakustannus**

Perushankintakustannus koostuu investointiin liittyvästä suuresta kertaluonteisesta menoerästä, joka sijoittuu lähelle investoinnin päätöksentekohetkeä. Tästä syystä perushankintakustannukseen tai -investointiin liittyy vähiten epävarmuutta verrattuna muihin investoinnin tuloihin ja menoihin. Problematiikkana isoihin perusinvestointeihin liittyy laajuusongelma. Perushankintakustannukset voidaan jakaa joko käyttöomaisuusinvestointeihin tai käyttöpääomainvestointeihin, joista ensimmäisellä tarkoitetaan pidempivaikutteisia tuotannontekijöitä ja jälkimmäisellä lyhytvaikutteisia tuotannontekijöitä. (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 214.)

## Investoinnin juoksevat tuotot ja kulut

Investoinnin pitoaikana syntyviä erilliskustannuksia ja tuottoja tarkastellaan yksinkertaisuuden vuoksi vuositasolla, joiden erotuksesta saadaan tulokseksi vuotuinen nettotuotto. Investointi ei välttämättä synnytä tuottoja, vaan pelkästään kustannussäästöjä, jolloin laskennassa käytetään nettotuottojen tilalla syntyneitä säästöjä. Kustannuksina ei tule huomioida poistoja tai vieraan pääoman korkokuluja. (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 215.) Vuotuisia kustannuksia ovat esimerkiksi henkilöstökulut sekä koneiden käyttö- ja huoltokulut. Tuottoja vastaavasti ovat investoinnista saatava taloudellinen hyöty. (Koltola ym. 2010, 296.)

## Laskentakorkokanta

Investointi voidaan rahoittaa omalla pääomalla, vieraalla pääomalla, eli lainalla tai näiden yhdistelmällä. Lainasummalle joudutaan maksamaan korkoa ehtona lainan myöntämiselle. Lisäksi omalle pääomalle asetetaan tyypillisesti jokin prosentuaalinen tuottovaatimus eli tavoite. Oman ja vieraan pääoman yhdistelmän tapauksessa laskentakorkokantana voidaan käyttää pääomien suhteellisen painon mukaan laskettua korkoa. Kannattavuusvertailua tehdessä voidaan laskentakorkokantaa pitää minimituottovaatimuksena, jonka täytyy täytyä investoinnin ollakseen kannattava tai nollatuloksen muodostumiseksi. Lisäksi laskentakorkokannan avulla voidaan vertailla eri aikoina tapahtuneita investointeja investointiaikojen ollessa tyypillisesti pitkiä. (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 217.)

Korkolaskulla voidaan tarkastaa, montako euroa tänään sijoitettu summa vastaa esimerkiksi vuoden päästä. Diskonttaamisessa toimitaan päinvastoin ja lasketaan, montaako tämän päivän euroa vastaa summa, joka saadaan vuoden päästä. Inflaatio voidaan ottaa huomioon laskelmissa tekemällä ne reaalieuroissa ja käyttämällä reaalikorkoa tai laske-malla nimelliseuroilla käyttäen nimelliskorkoa. (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 217.)

Laskentakorkokanta määritetään tyypillisesti pääoman keskimääräiskustannus WACC, joka on oman ja vieraan pääoman tuottovaatimusten painotettu keskiarvo. Laskennassa huomioidaan myös verojen vaikutus vieraan pääoman korkovähennysten osalta. (Koltola ym. 2010, 297.)



## Investoinnin pitoaika

Investoinnin pitoajalla tarkoitetaan yksinkertaisesti investointikohteen taloudellista käyttöikää tai aikaa. Opinnäytetyön case-tapauksessa tällä tarkoitetaan automaattitrukin fyysisistä käyttöikästä alkuperäiseen tarkoitukseensa. Pitoaikaa mietittäessä on järkevää käyttää arviota koneen teknistaloudellisesta käyttöiästä, eli aikaa, jolloin markkinoille ilmestyy kustannustehokkaampi ja parempi kone, sillä riittävällä huollolla ja päivityksillä elinkaarta voidaan pidentää yhä uudelleen. Lisäksi investointiajanjakson pituutta määriteltäessä ja arvioitaessa on otettava huomioon, ettei yrityksen ympäristössä odoteta tapahtuvan suuria muutoksia. (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 217.)

## Jäännösarvo

Investointiajanjakson lopussa investointikohteesta saatetaan saada myyntituloja romutuksesta tai myynnistä. Arviota sen suuruudesta kutsutaan *jäännösarvoksi*. Usein kuitenkin jäännösarvo on nolla tai jopa negatiivinen, mikäli sen hävittämisestä joudutaan maksamaan. Nollahinnoittelu johtuu pääasiassa joko siitä, että investointikohteen jäännösarvoa on vaikea arvioida kauas tulevaisuuteen, tai sen vaikutus diskontattuna suhteessa investointiin on merkityksetön. (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 218.)

## 6.3 Investointilaskentamenetelmät

Investointilaskelmilla pyritään selvittämään investoinnin pitoajan kannattavuuksia sekä määrittämään vaihtoehtoisten investointikohteiden keskinäisiä järjestyksiä hinnan mukaan. Tieto laskelmien tekemistä varten saadaan markkinoilta, investoinnin aiheuttamista tuloista ja menoista sekä syntyneistä pääomankustannuksista. Näin ollen tietojen keruu on tärkeä osa investointia suunniteltaessa ja korostuu investoinnin merkittävyyden kasvaessa. Laskentamenetelmiä on erilaisia, joista käytetyimpiä ovat

- nykyarvomenetelmä (peruslaskentamenetelmä)
- annuiteettimenetelmä (peruslaskentamenetelmä)
- sisäisen korkokannan menetelmä (peruslaskentamenetelmä)
- pääoman tuottoastemenetelmä (yksinkertaistettu menetelmä)

- takaisinmaksuajan menetelmä (yksinkertaistettu menetelmä). (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 213-214.)

Selkeästi yleisimmin käytetyt menetelmät näistä vaihtoehtoista ovat takaisinmaksuajan ja sisäisen korkokannan menetelmät suomalaisten viidenkymmenen suurimman teollisuusyrityksen keskuudessa tehtyjen selvitysten pohjalta (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 224).

### **Nykyarvomenetelmä**

Nykyarvomenetelmässä tarkastellaan kaikkia investoinnista syntyviä nettotuottoja ja menoja sekä jäännösarvoa diskontattuna nykyhetkeen sovitulla laskentakorkokannalla. Positiivinen tulos eli nykyarvo kertoo investoinnin olevan kannattava, jäännösarvo mukaan huomioituna. (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 218–219.)

### **Annuiteettimenetelmä**

Annuiteettimenetelmässä hankintamenot jaetaan yhtä suuriin vuosieriin, eli annuiteetteihin, koko investoinnin pitoajalle. Kun vuosieriä lasketaan, on ne kerrottava annuiteettitekijällä. Vuosimenot lasketaan poistoista sekä laskentakorkokannan mukaisista kuluista. Investointi on kannattava, mikäli vuosittaiset tuotot ovat suuremmat kuin kulut. Annuiteettimenetelmän käyttäminen on hankalaa, mikäli vuosittaiset nettotuotot vaihtelevat paljon. Annuiteettimenetelmässä diskontattu jäännösarvo, eli nykyarvo, on vähennettävä hankintamenosta ennen annuiteetin laskentaa. (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 220.)

### **Sisäisen korkokannan menetelmä**

Sisäisen korkokannan avulla lasketaan korko, jonka mukaan investoinnin nettotuottojen nykyarvo on nolla, eli yhtä suuri kuin perushankintakustannus. Tässä laskentatavassa investointi on kannattava, mikäli sisäinen korkokanta on yhtä suuri kuin investoinnille asetettu tuottovaatimus. (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 221.)

## Takaisinmaksuajan menetelmä

Takaisinmaksuajalla selvitetään, missä ajassa investoinnin nettotuotot ovat ylittäneet investoinnin perushankintakustannuksen. Takaisinmaksuaika voidaan laskea korottomilla tai diskontatuilla nettotuotoilla. Takaisinmaksuajan mukaan tarkasteltuina se investointi, joka maksaa itsensä nopeimmin takaisin, on edullisin vaihtoehto. (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 223.)

### 6.4 Epävarmuustekijöiden huomiointi

Tulevaisuuden hankalan ennustettavuuden vuoksi investointi on yritykselle riski. Käsitteinä *riski* ja *epävarmuus* poikkeavat toisistaan investointeihin liittyvissä asiayhteyksissä: Riski on yleensä mitattavissa oleva tarkempi tieto, jossa tapahtuman todennäköisyyttä pystytään arvioimaan, ja vastaavasti epävarmuudessa tapahtumien todennäköisyyksiä ei tiedetä. Yrityksen talouden ja toiminnan kannalta on tärkeää, että epävarmuus investointiin liittyen saadaan mahdollisimman hyvin selvitettyä ennen päätöksentekoa. (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 224.)

## Herkkyysanalyysi

Herkkyysanalyysillä tutkitaan laskemalla, kuinka yhden tai useamman tekijän muutos vaikuttaa kannattavuuden lopputulokseen. Käymällä läpi kaikki investoinnin kannattavuuskomponentit pystytään selvittämään, minkä tekijöiden muutoksilla on suurimmat vaikutukset investoinnin lopputulokseen. Herkkyysanalyysin avulla voidaan arvioida investointiin liittyvää epävarmuutta ja fokuksitua olennaisiin tekijöihin. (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 224–225.)

## Investoinnin jälkiseuranta

Investoinnin jälkiseurannan tehtävänä on toimia kehittävänä välineenä seuraavia investointilaskentoja varten. Jälkiseurannassa tarkastellaan ja analysoidaan jälkikäteen, kuinka hyvin investointipäätöksen pohjalla olleet laskelmat onnistuivat. (Neilimo & Uusi-Rauva 2014, 225.)

## 7 TYÖNTUTKIMUS JA TYÖAIKA-ANALYYSI

Järjestelmällisiä menetelmiä ja tekniikoita, joiden avulla pyritään kehittämään työn tuottavuutta, nimitetään yleisesti *työntutkimukseksi*. Työntutkimuksessa tarkastellaan kriittisesti kaikkia työn turvallisuuteen, tehokkuuteen ja taloudellisuuteen vaikuttavia tekijöitä tutkimusajankohtana vallitsevassa olosuhteessa. (Ahokas ym. 2011, 5.)

Työntutkimuksen avulla pyritään tuottavuuden, työhyvinvoinnin ja kannattavuuden kasvuun taloudellisin ja turvallisoin työmenetelmin. Työntutkimus on tarpeellinen esimerkiksi tavoitteiden määrittämisessä, tuotannon suunnittelussa, tasapainottamisessa, resursien ja kuormittavuuden selvittämisessä. Sen avulla voidaan tavoitella kilpailuetua nopeasti muuttuvassa ympäristössä. Lisäksi työntutkimuksen avulla voidaan kehittää työmenetelmiä, ergonomiaa ja ajankäyttöä paremmaksi jalostavan työajan kasvattamiseksi. (Ahokas ym. 2011, 4–6.) Lisäksi työntutkimus on hyödyllinen koneinvestointien suunnittelussa, hinnoittelussa, tuotannon ohjauksessa tai esimerkiksi kannustinpalkkioiden laadinnassa (Ahokas ym. 2011, 8).

Työntutkimuksessa tarkastellaan työtä kolmesta eri näkökulmasta:

- Taloudellisessa näkökulmassa selvitetään työn kustannusvaikutuksia, kuten arvoa tuottavat, ylimääräisiä kustannuksia tai laatuongelmia aiheuttavat työt. Lisäksi selvitetään tuotannon pullonkaulat, materiaalin siirtoja tai toistuvia, paljon työtä vaativia töitä.
- Teknologisessa näkökulmassa selvitetään uuden tekniikan, prosessien ja työvälineiden käyttömahdollisuuksia.
- Työntekijän näkökulmassa selvitetään työn ergonomisuutta ja turvallisuutta sen eri vaiheissa. (Ahokas ym. 2011, 6.)

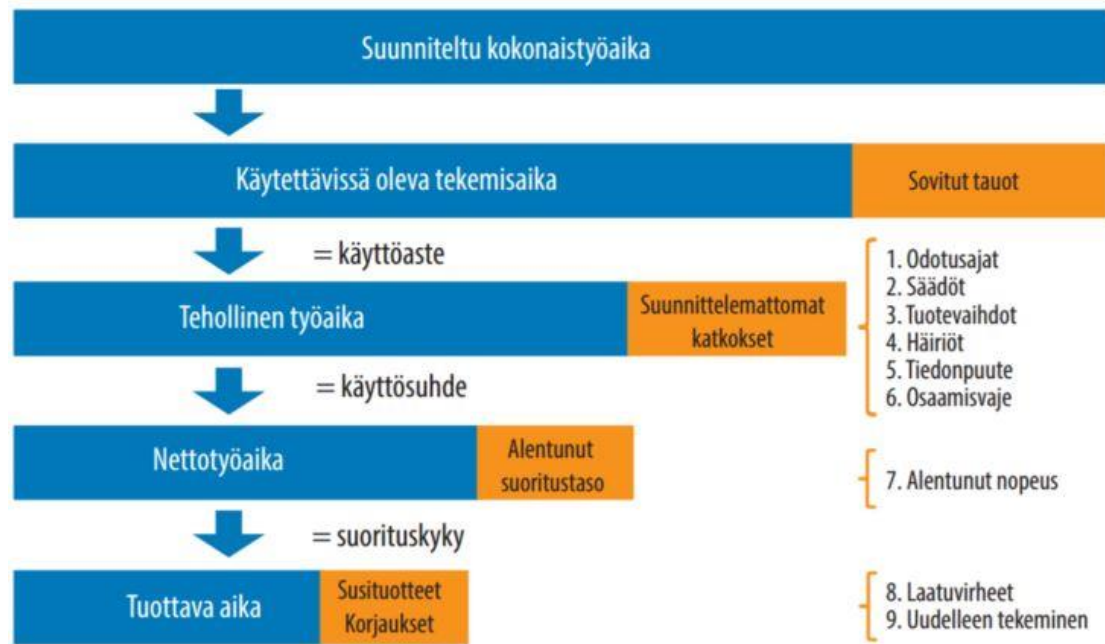
Työntutkimus voidaan jakaa neljään eri osa-alueeseen sen tavoitteiden mukaan, jotka ovat menetelmätutkimus, työn vakiinnuttaminen, työnopastus ja työnmittaus. Työnmittauksella selvitetään tiettyyn työhön tarvittava aika, joka on suoritettu tietyllä työmenetelmällä. Työnmittauksen tulos on riippuvainen käytetystä työmenetelmästä, minkä takia työtehtävä ja käytetty menetelmä edellyttävät riittävän tarkka kuvausta. Erilaisia työnmittaustekniikoita ovat ainakin normaaliaika-, havainnointi-, ajankäyttö- sekä liikeaikatutki-

mus, että aikalaskelmat ja näiden avulla tehtävät standardiaikajärjestelmät. Käytetty tutkimusmenetelmä riippuu tutkittavasta työmenetelmästä ja käyttötarkoituksesta. (Ahokas ym. 2011, 7.)

### **Henkilötyön tuottavuus ja aikalajit**

Työn kiinteys, käytettävät työmenetelmät sekä joutuisuus vaikuttavat henkilötyön tehokkuuteen. Työn kiinteydellä tarkoitetaan päivittäistä tehokasta työaikaa. Siihen negatiivisesti vaikuttavia tekijöitä on häiriöt, ylimääräiset tauot sekä keskeytykset. Työn kiinteyteen voidaan vaikuttaa esimerkiksi layoutmuutoksilla tai työn rytmityksellä. Työmenetelmiä voidaan parantaa esimerkiksi paremmilla työvälineillä tai automatisoinnilla. Työn joutisuuteen voidaan vaikuttaa esimerkiksi kannustavalla palkkausmallilla. Näiden tekijöiden parannuksien summalla voidaan saavuttaa merkittäviä tuottavuusparannuksia (Ahokas ym. 2011, 10.)

Työjakso, tyypillisesti työpäivä jaetaan erilaisiin aikalajeihin, jota voidaan käyttää hyödyksi työntutkimuksen mittaustuloksia käytettäessä. Tavanomaisesti työjakso jaetaan tekemisaikaan, apuaikaan ja häiriöaikaan. Tekemisajalla tarkoitetaan jalostusarvoa lisäävien ja edistävien työtehtävien suorittamista. Apuaika koostuu välttämättömistä työtehtävistä ja tapahtumista, jotka eivät suoraan nosta jalostusarvoa, mutta ovat välttämättömiä varsinaisen työn edistymisen kannalta, kuten henkilökohtaisista apuajoista ja elpymisajasta ja niin edespäin. Häiriöajat koostuvat yllättävistä keskeytyksistä, kuten konerikoista ja muusta hukasta. (Ahokas ym. 2011, 12.) Tiivistetysti voidaan todeta työnteon koostuvan monista osatekijöistä, jotka vaikuttavat työjakson jalostavan työajan sekä ei-jalostavan työn osuuksiin. Näin ollen ei voida laskea esimerkiksi työvuoron tehokkaan työajan olevan seitsemän tuntia.



## Kuinka tehokasta tuottava aika yrityksessänne on?

Kuva 13. Aikalajit kuvattuina TTS:n työntutkijan valmennusohjelman mainoksessa (TTS 2017).

Kuvassa 13 on havainnollistettu lisäarvoa tuottavan ajan osuutta kokonaistyöajasta.

### MOST-menetelmä

MOST-menetelmä on tutkimustyyppiltään liikeaikatutkimus, jossa työn sisältö jaotellaan tarpeeksi pieniin osiin siten, että niiden ajat ovat vakioita. Vakioajat ovat taulukoitu, jolloin niistä ei tarvitse suorittaa kellotuksia. MOST-menetelmää muistuttava liikeaikatutkimus on MTM-tutkimusmenetelmä (*Methods-Time Measurements*). (Ahokas ym. 2011, 31.)

*Maynard Operation Sequence Technique*, eli MOST, esiteltiin kirjallisuudessa ensimmäisen kerran vuonna 1960 vastauksena MTM-menetelmän ongelmiin. Vuonna 1948 kehitetyn MTM-menetelmän ja sen seurauksena syntyneiden muiden liikeaikatutkimusmenetelmien ongelmana oli valtaisa liikesarjojen informaation analysointi sekä työn määrä. (Karim ym. 2014.)

MOST-menetelmässä työn liikesarjat ja tapahtumat jaetaan pieniin osiin, joiden analysointiin käytetään ennalta määriteltäviä standardiaikoja. Standardiaikojen avulla saadaan

laskettua työsuorituksen normiaika. Normiajalla tarkoitetaan työsuoritukseen tarvittavaa aikaa, joka kuluu normaalin ammattitaidon omaavalta henkilöltä työhön vakiomenetelmällä työskenneltäessä normaaleissa olosuhteissa sekä liikenopeudella. (Karim ym. 2014.)

MOST-liikeaikatutkimusmenetelmästä on olemassa neljä eri versiota (*basic, maxi, mini ja clerical most*), jotka poikkeavat hieman toisistaan luonteeltaan ja käyttötarkoitukseltaan (Karim ym. 2014). Basic MOST:issa kaikki manuaalisen työn vaiheet ja liikkeet voidaan kuvata indeksisarjojen avulla, jonka aika-arvot pohjautuvat MOST-arvosarjaan. Arvosarjan tarkkuus pohjautuu enintään 2 400 kertaa 80 tunnin laskentajakson aikana toistuvaan identtiseen työn sykliin, jonka suurin sallittu kokonaishajonta on +/- 5%. (T. Salminen, henkilökohtainen tiedonanto 2.5.2017.)

$A_{99} S_{60} T_{10} L_{60} T_{60} L_{99} T_{30} A_{60}$

Kuva 14. Esimerkki ”siirtää trukilla” -liikesarja.

Esimerkiksi kuvassa 14 on esitetty manuaalitrukilla suoritettu liikesarja, jossa alaindeksin numerot kuvaavat kuluvaan aikaan kyseisen liikkeen osalta. Liikesarjan kirjainmuuttujat kuvaavat seuraavaa:

- A – ilmaisee matkaa, jonka henkilö kävelee trukille tai trukilta pois
- S – sisältää kaikki trukin käynnistämiseen tai pysäköimiseen tarvittavat toimenpiteet
- T – kuvaa siirtymistä trukin kanssa kuormattuna tai ilman kuormaa
- L – käsittää kaikki vaiheet kuorman haltuun ottamiseksi tai jättämiseksi. Esimerkiksi kuormalavan otto kuormalavahyllystä tai lattialta. (HUB logistics 2016x.)

Liikesarjoja on erilaisia riippuen liikesarjasta. Liikesarjojen alaindeksien numerot ovat basic MOST:issa käytettyjä aikayksiköitä, TMU:ita (engl. *Time Measure Unit*).

1 TMU	= 0,00001 tuntia	1 tunti	= 100 000 TMU
1 TMU	= 0,0006 minuuttia	1 minuutti	= 1667 TMU
1 TMU	= 0,036 sekuntia	1 sekunti	= 27,8 TMU

Kuva 15. MOST-aikayksiköiden muuntoyksiköt (Karim ym. 2014).

Kuvassa 15 on esitettyä TMU -aikayksiköiden muuntotaulukko. Työhön kulunut aika saadaan laskemalla liikesarjan alaindeksit yhteen ja kertomalla tulos kymmenellä ja kertomalla tai jakamalla tulos halutulla yksiköllä kuvan 15 mukaan. Esimerkiksi veitsen ottaminen työpisteellä kuvattaisiin liikesarjalla A3 B0 G1 A1 B0 P0 A0, jossa yhteenlaskettu työaika saadaan summaamalla indeksien numerot ja kertomalla kymmenellä  $(4 \text{ TMU}) \times 10 = 40 \text{ TMUs}$ . 40 TMU:ta vastaa noin 1,44 sekuntia, mikä on normiaika basic MOST:in avulla laskettuna kyseiselle tapahtumalle. (Karim ym. 2014.) HUB logisticsin basic MOST-laskentatapa ottaa huomioon myös työntekijän normaalin joutuisuuden (T. Salminen, henkilökohtainen tiedonanto 2.5.2017).



## 8 CASE – AUTOMAATTITRUKKIEN KANNATTAVUUS

### 8.1 Varaston esittely

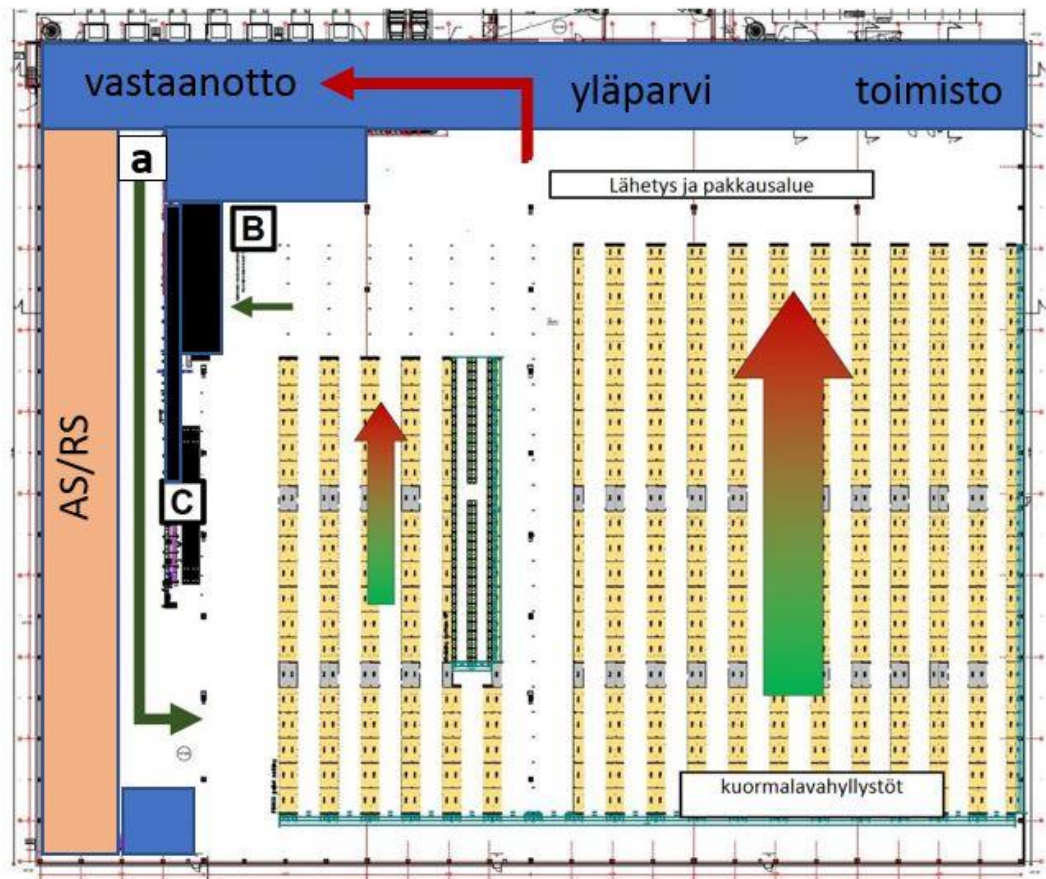


Kuva 16. Hakkilan logistiikkakeskus lokakuussa 2016. Kuvakaappaus otettu HUB logistics Oy:n Vimeon sivuilta (Elfhill Oy 2016).

HUB logistics Oy:lle valmistuu vuoden 2017 aikana uusi logistiikkakeskus Vantaan Hakkilaan, Rusokallioon Vanhan Porvoontien varrelle, joka on esitetty kuvassa 16. Kyseessä on yksi HUBin historian suurimpia investointeja. Keskuksen tehtävänä on palvella asiakkaita pääasiallisesti Etelä-Suomen alueella. Sijaintiin päädyttiin muun muassa hyvien kulkuyhteyksien vuoksi sekä suotuisan sijainnin takia meri- ja lentoliikenteen näkökulmasta. Kyseinen varasto tulee olemaan lämmitetty varastotila, jossa esiintyy rinnakkain manuaalista, mekaanista ja puoliautomaattista materiaalinkäsittelyä. Operatiiviseen käyttöön varasto ja sen kaikki toiminnot tulevat vaiheittain alkaen kevästä 2017.

Varastosta ja varastointijärjestelmästä löytyy kaikki perinteisen varaston toiminnallisuudet ja elementit, kuten vastaanotto, varastointi kuormalava- ja pientavarahyllyihin, keräily ja pakkaustoiminnot, lähetykset ja palautuskäsittelyt sekä lisäarvopalvelut. Lisäksi varastoon on rakentumassa ruotsalaisen KNAPP AG:n toimittama OSR Shuttle, joka on

muovilaatikoilla toimiva AS/RS-automaattijärjestelmä. Työskentely varastossa tulee tapahtumaan pääasiallisesti kahdessa vuorossa 16 tunnin aikana. Paikalla tulee kuitenkin olemaan tarvittaessa vähintään yksi henkilö myös yöaikaan, mikä mahdollistaa automaattitrukin turvallisen käytön myös öisin tarvittaessa.



Kuva 17. Varistorakennuksen layout.

Kuvassa 17 on esitetty uuden varaston pohjakuva sekä materiaalivirtojen kulkuperiaate. Varaston mitat ovat noin 120,8 × 144 metriä, jolloin pinta-alaksi yhdessä kerroksessa tulee noin 17 395m<sup>2</sup>. Yhteensä kerros-pinta-alaa on noin kaksikymmentätuhatta neliötä toinen kerros mukaan luettuna. Korkeutta varastossa on noin 10,5 metriä ja hyllypaikkoja noin kaksikymmentäkolmetuhatta.

Yläkulmassa lattiatasolla pisteessä A sijaitsee vastaanoton sekä lähetysten laiturialue kumpikin samalla alueella. Varaston sisään tuleva materiaali kulkee vastaanottoproses-

sin jälkeen kuvassa alas AS/RS-järjestelmän seinämän ja kuljettimen väliin jäävää käytävää pitkin vihreän nuolen osoittamalla tavalla. Saapuva materiaali varastoidaan tämän jälkeen joko kuormalavahyllystöön tai AS/RS-varastoautomaattiin.

Kuvassa kuormalavahyllystöt ovat esitettyinä keltaisina pystyriveinä ja alikulut harmaina vaakariveinä. Lavavaraston hyllystöihin varastoitavat nimikkeet tullaan sijoittamaan kiertonopeuksien mukaan luokittain siten, että nopeimmin kiertävät nimikkeet sijoitellaan lähemmäs yläreunaan ja hitaimmin kiertävät nimikkeet alareunaan kauimmaksi pisteeseen A nähden. Keräilytyö kuormalavahyllystöistä tulee tapahtumaan käyttäen erilaisia keräilytrukkeja, ja varastosiirtoja varten käytetään siihen soveltuvia työntömastotrukkeja.

Vasemman reunan purppuran värisen alueen muodostaa AS/RS-automaattijärjestelmä, jonka täyttö tapahtuu B-pisteen vasemman kyljen kohdalla. Täyttö suoritetaan tuomalla pisteelle haluttua nimikettä suoraan vastaanotosta tai kuormalavahyllystöstä. Tämän jälkeen nimikkeet puretaan ja nostellaan pakkauksista muovilaatikoihin, jotka kuljetin siirtää AS/RS-järjestelmään varastoitaviksi. Yhteensä AS/RS-järjestelmässä on tilaa noin viidellekymmenelle tuonnelle muovilaatikolle.

Pisteessä C sijaitsee AS/RS-järjestelmään kuuluva high-mover-alue, joka toimii massakeruupisteinä nimikkeille, joita menee tilauksiin suuria määriä kerrallaan ja useille eri vastaanottajille. High-mover-pisteellä tullaan keräilemään nimikkeitä laatikoihin, jotka kuljetinhina siirtää täyttöpisteen ohi pisteen B yläpuolella sijaitsevalle keruiden, jossa tapahtuu keräilyjen yhdistely ja pakkaaminen. Lisäksi yläparvella suoritetaan AS/RS-järjestelmän varsinainen keräily ja keräilyjen yhdisteleminen kartonkipakkauksiin.

## 8.2 Automaattitrukin käytön määrittely

Käyttökohteiden selvityksen ensimmäisessä vaiheessa määriteltiin yhdessä toimeksiantajan ehdotuksen pohjalta automaattitrukille muutamia mahdollisia käyttötarkoituksia sekä reunaehdot, joista tärkein oli automaattitrukkijärjestelmän sovittaminen varastoon ilman WMS-integraatiota. Syynä tähän oli aikaisemmin saadut kokemukset ja arviot eri projektien WMS-integraatioiden mukanaan tuomista riskeistä sekä kustannuksista suhteessa automaattitrukin käyttötarkoituksesta tavoiteltuihin hyötyihin. Integraatiota paremmaksi automaattitrukin ohjaustavaksi arvioitiin soveltuvan Stand-alone-toteutustapa käyttäen painonappeja ja sensoreita hyväksi.

Sopivia käyttökohteita pohdittaessa alkuperäisen ajatuksen mukaan automaattitrukin tehtävänä olisi ollut hoitaa sille soveltuvien yksikkökuormien rutiinisiirtoja vastaanotto-alueelta määritellystä noutopisteestä varaston takaosaan sekä suorittaa näiden hyllytykset itsenäisesti. Kuormalavavaraston puolelta olisi myös tarkoitus hoitaa paluusuuntaan siirtoja AS/RS-järjestelmän high-mover-alueelle, eli massakeräilypisteelle sekä AS/RS-järjestelmän täyttöpisteelle. Lisäksi pohdittiin mahdollisuutta, jossa automaattitrukki hoitaisi aktiivipaikkojen täydennyksiä reservipaikoilta.

Joulukuussa 2016 suoritettiin haastattelut kolmen eri automaattitrukkitoimittajan edustajan kanssa. Haastatteluiden tarkoituksena oli hankkia opinnäytetyötä varten lisätietoa automaattitrukkien ominaisuuksista, käyttömahdollisuuksista, rajoitteista ja järjestelmien kehityssuunnista. Haastatteluiden ja automaattitrukkimallien teknisten tietojen pohjalta kävi ilmi muutamia turvallisuuteen ja toiminnallisuuteen, kuten työkäytävävevyksiin, liittyviä rajoitteita, jotka rajasivat automaattitrukin käyttömahdollisuuksia varastoympäristössä. (Automaattitrukkien turvallisuuteen liittyviä asioita on käyty läpi luvussa 5.3). Haastatteluista saatujen lisätietojen pohjalta jouduttiin tarkastelemaan vaihtoehtoja automaattitrukin eri käyttömahdollisuuksien osalta uudelleen.

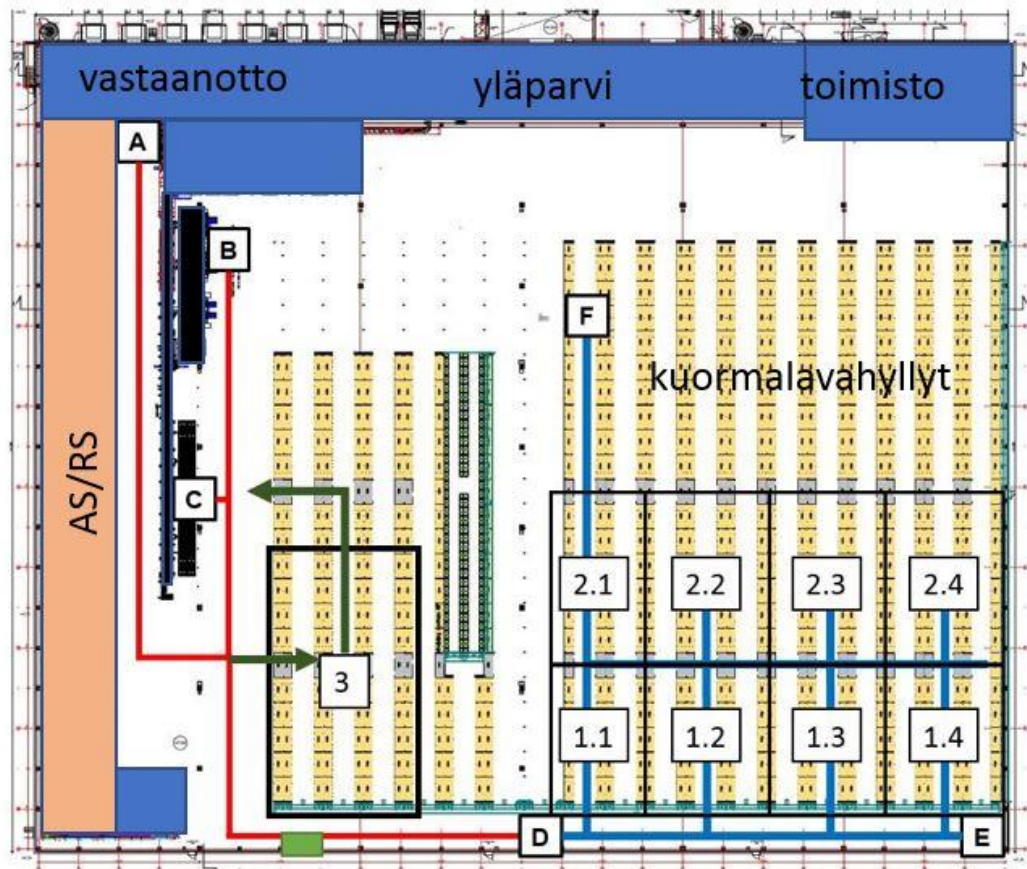
Uudelleen arviointien jälkeen automaattitrukin tekemistä suorittamista hyllytyksistä vastaanotosta kuormalavahyllystään sekä täydennyssiirroista reservistä aktiiviin päätettiin luopua käytännön sekä turvallisuuden sanelemin syin, sillä nämä toiminnot olisivat vaatineet WMS-integraatiota. Muina syinä voidaan todeta olleen kasvanut mahdollisuus virhetilanteisiin, jotka saattaisivat aiheutua manuaalisen ja automaattisen materiaalinkäsittelyn rajapinnassa hyllytysten ja ottojen yhteydessä. Näitä olisivat inhimilliset virheet, kuten hyllyssä vinossa olevat lavat, väärille paikoille hyllytetyt lavat, automaattitrukin sensoreita häiritsevät roskat ja muut virhetilanteet, jotka häiritsisivät automaattitrukin normaalia toimintaa. Lisäksi automaattitrukin optimaalisen käännöksen tilantarve olisi edellyttänyt työkäytävävevyksien kasvattamista nykyisestä. Käännös olisi onnistunut myös nykyisillä käytävävevyksillä, mutta tästä olisi aiheutunut automaattitrukin toiminnan tehokkuuden kärsiminen hitaamman käännöksen vuoksi. Mikäli käytäväosuutta kasvatettaisiin hyllytystä vaativalla osuudella, menetettäisiin tältä osuudelta lavapaikkoja. Lisäksi optimaalisen kääntymisen säteen alittaminen aiheuttaisi luultavasti kasvavia huoltokustannuksia trukin renkaisiin ja rakenteisiin kohdistuvien rasitteiden noustessa. Työkäytävällä poikittain kääntyminen estäisi myös muun liikenteen kulun hyllytyksen suorittamisen ajaksi. Edellisistä syistä johtuen arvioitiin, että hyllytys työkäytävillä manuaalikuljettajan toimesta olisi nopeampi ja luotettavampi tapa.

Sen sijaan jättö- ja noutopisteet kuormalavavaraston rajaaman alueen sisäpuolella muutamisiin pisteisiin kuormalavahyllystön lattiapaikoille tai ensimmäiselle tasolle olisi mahdollista toteuttaa teoriassa. Asiaa pohdittiin, mutta vaihtoehdosta päätettiin kuitenkin luopua toistaiseksi siitä syystä, että automaattitrukin arveltiin häiritsevän liian paljon työkäytävillä tapahtuvaa muuta liikennettä sen kääntyessä poikittain. Toiseksi arvioitiin myös, että automaattitrukki joutuisi pysähtymään useita kertoja turvaskannereiden pysäyttämänä lavavaraston työkäytävillä sekä risteyksien kohdalla sen kohdatessa muun trukki liikenteen kanssa. Varaston trukki liikenteen ruuhkapaikoista ja määristä on kuitenkin vaikeaa tehdä luotettavaa arviota ennen varaston toimintojen normalisoitumista tulevaisuudessa, joten asiaa kannattaisi vielä tutkia tulevaisuudessa mahdollisessa jatkotutkimuksessa.

Lopulta päädyttiin nykyiseen malliin, jossa automaattitrukki toimittaa yksikkökuormat suoraan lähelle hyllytysaluetta omiin hyllyihin ja manuaalikuljettaja suorittaa varsinaisen hyllyttämisen lavavaraston hyllystöihin. Automaattitrukin kulkureitiksi määriteltiin automaattitrukkitoimittajien kanssa käytyjen keskusteluiden sekä tarjouspyyntöihin liittyneiden vierailujen pohjalta uloin reitti varaston seinustaa pitkin sekä määritettiin sopiva sijainti automaattitrukin latauspistettä varten. Lisäksi manuaalikuljettaja suorittaisi paluusuuntaa tapahtuvaa materiaalivirtaa varten otot lavahyllystä ja jättää ne AGV:ta varten samalle pisteelle. Samalla manuaalikuljettaja voisi suorittaa saldojen hallintaan ja varastosiirtoihin liittyvät toimenpiteet käsi- tai trukkipäätellä. Helmikuussa 2017 laadittiin ja lähetettiin RFP:t case-kuvauksineen eri trukkitoimittajille. Alustavat budjetääriset hinnoittelut automaattitrukkijärjestelmän toimittamista varten saatiin helmi-maaliskuun aikana. Tutustumiskäynnit Hakkilan varastolle trukkitoimittajien kanssa suoritettiin maaliskuun aikana, jossa samalla arvioitiin suunnitelman toimivuutta varasto ympäristössä. Trukkitoimittajilta saatujen alustavien vastausten perusteella operatiivisessa käytössä trukki järjestelmä olisi noin puolen vuoden päästä toimitussopimusneuvotteluiden ja investointipäätöksen syntymisen jälkeen sisältäen koko projektin kaikki vaiheet.



### 8.3 Automaattitrukin käsittelypisteet

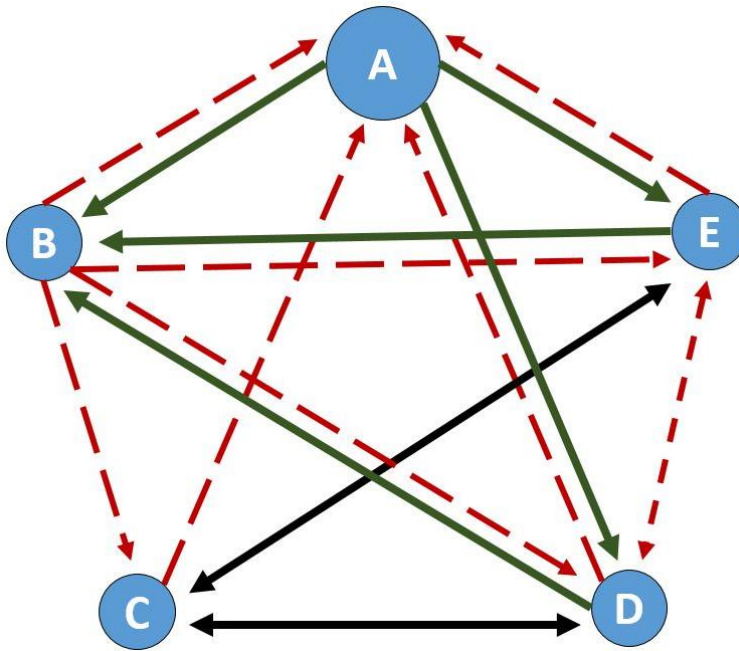


Kuva 18. Automaattitrukin reittiehdotus.

Kuvassa 18 on esitetty automaattitrukin suunniteltu kulkureitti, käsittelypisteet sekä automaattitrukin latauspiste, joka on merkitty kuvaan vihreänä laatikkona. Automaattitrukki palaa latauspisteelle aina silloin, kun sille ei ole osoitettu mitään tehtäviä. Automaattitrukin ohjauslogiikka eri käsittelypisteiden välillä tullaan toteuttamaan käyttäen hyödyksi optisia sensoreita, painikkeita sekä erilaisia päätteitä, kuten tablettia, trukkipäätettä tai käsipäätettä. Seuraavassa on käyty läpi käsittelypisteiden funktiot automaattitrukkijärjestelmässä:

- A. Piste sijaitsee vastaanoton lähellä, josta automaattitrukin on tarkoitus siirtää vastaanoton määrittelemiä kuormia pisteisiin C, D tai E. A-pisteelle ei tuoda koskaan kuormia automaattitrukin mukana.
- B. Pisteelle siirretään AS/RS-järjestelmään täytettäviä nimikkeitä pisteestä D tai E. Tältä pisteeltä ei palaudu lavoja takaisin päin muihin pisteisiin.

- C. High-mover-alue, jonne voidaan tuoda kuormia suoraan vastaanotosta pisteeltä A tai lavavarastosta D- ja E pisteiden kautta. C-pisteelle tulee lattiapaikat saapuvia ja vajaiden lavojen palautuksia varten takaisin D ja E-pisteille.
- D. D-pisteelle sijoitetaan kaksi 3,6 metriä leveää kuormalavahyllyä, joihin mahtuu yhteensä 12 standardimittaista kuormalavaa. D-pisteellä on kaksi käyttötarkoitusta, joista ensimmäisessä tarkoituksessa automaattitrucki noutaa pisteeltä A vastaanotosta kuormalavavarastoon varastoitavia kuormia ja hyllyttää ne itsenäisesti D-pisteen hyllypaikoille. Jos hyllypaikat ovat täynnä, saa manuaalikuljettaja määräyksen trukkipäätteen paikkojen tyhjentämiseksi lavavaraston puolelle. Toisessa käyttötarkoituksessa osaa hyllypaikoista voidaan käyttää lavojen siirtämiseksi C-pisteelle, eli high-mover-alueelle.
- E. Kuten D-piste.



Kuva 19. Käsittelypisteiden riippuvuussuhteet siirtojen näkökulmasta.

Kuvassa 19 on esitetty automaattitruckin aiottujen käsittelypisteiden keskinäiset riippuvuussuhteet automaattitruckin siirtymien ja materiaalivirran näkökulmasta. Vihreillä nuolilla on kuvattu automaattitruckin siirrot kuorman kanssa. Punaisilla katkoviivoilla on ku-

vattu tyhjänä tapahtuvat siirtymät eri pisteiden välillä. Mustilla nuolilla on kuvattuina molempiin suuntiin tapahtuvat kuorman siirrot, kuitenkin siten, että pisteeltä C on mahdollista palata D ja E pisteisiin myös ilman kuormaa automaattitrukin kyydissä.

Liitteessä 2 on esitetty eri käsittelypisteiden etäisyydet toisiinsa nähden automaattitrukkille aiottua reittiä pitkin. Lyhyimmäksi mahdolliseksi reitiksi eri pisteiden välillä kertakäynnillä muodostuu 555,5 metriä ja pisimmäksi reittivaihtoehdoksi 731,5 metriä. Liitteessä 2 on esitetty myös manuaalisen käsittelyn MOST-ajat siirroille eri pisteiden välillä sekä erään automaattitrukkitoimittajan arvioimat siirtoajat eri käsittelypisteiden välille. Automaattitrukkitoimittajan arvioimat ajat ottavat huomioon tyhjänä ajon osuudet, käänökset sekä käsittelyajat eri pisteillä. Toimeksiantajan arvioimat siirtomäärät päivän aikana löytyvät myös liitteestä 2.

#### 8.4 Investointilaskelmat

##### Lähtötiedot

Investointilaskelmien tekemistä varten selvitettiin seuraavat lähtötiedot:

Taulukko 1. Esimerkki investointilaskelman lähtötiedoista.

<b>Investointilaskelmien lähtötiedot:</b>	
Perushankintakustannus	140 000€
Vuotuiset nettotuotot	41 580€
Laskentakorkokanta / tuottovaatimus	15%
Investoinnin pitoaika	10 vuotta
Jäännösarvo	0 €

Taulukossa 1 on esitetty investointilaskennan lähtötiedot esimerkkihinnan mukaan yhden vaunun stand alone-järjestelmälle, joka on suuntaa antava hinta saatujen tarjousten pohjalta. Perushankintakustannus kattaa kaikki automaattitrukkijärjestelmän hankinnasta sekä projektista aiheutuvat kustannukset siihen pisteeseen, että AGV-järjestelmä on valmis operatiiviseen käyttöön paikan päällä. Varsinaisesta projektisuunnitelmasta ja dokumentaatiosta vastaa automaattitrukkijärjestelmän toimittaja. Asiakkaan vastuulla on tarjota ja huolehtia automaattitrukkijärjestelmän toiminnan edellyttävästä infrastruktuurista, kuten



virtalähteistä, internetyhteydestä, pc-serveristä, mihin asennetaan vaaditut ohjelmistot, sekä toiminnoille varatusta tilasta. Lisäksi implementoinnin aikana on oltava nimetty kontaktihenkilö hoitamassa asiaa.

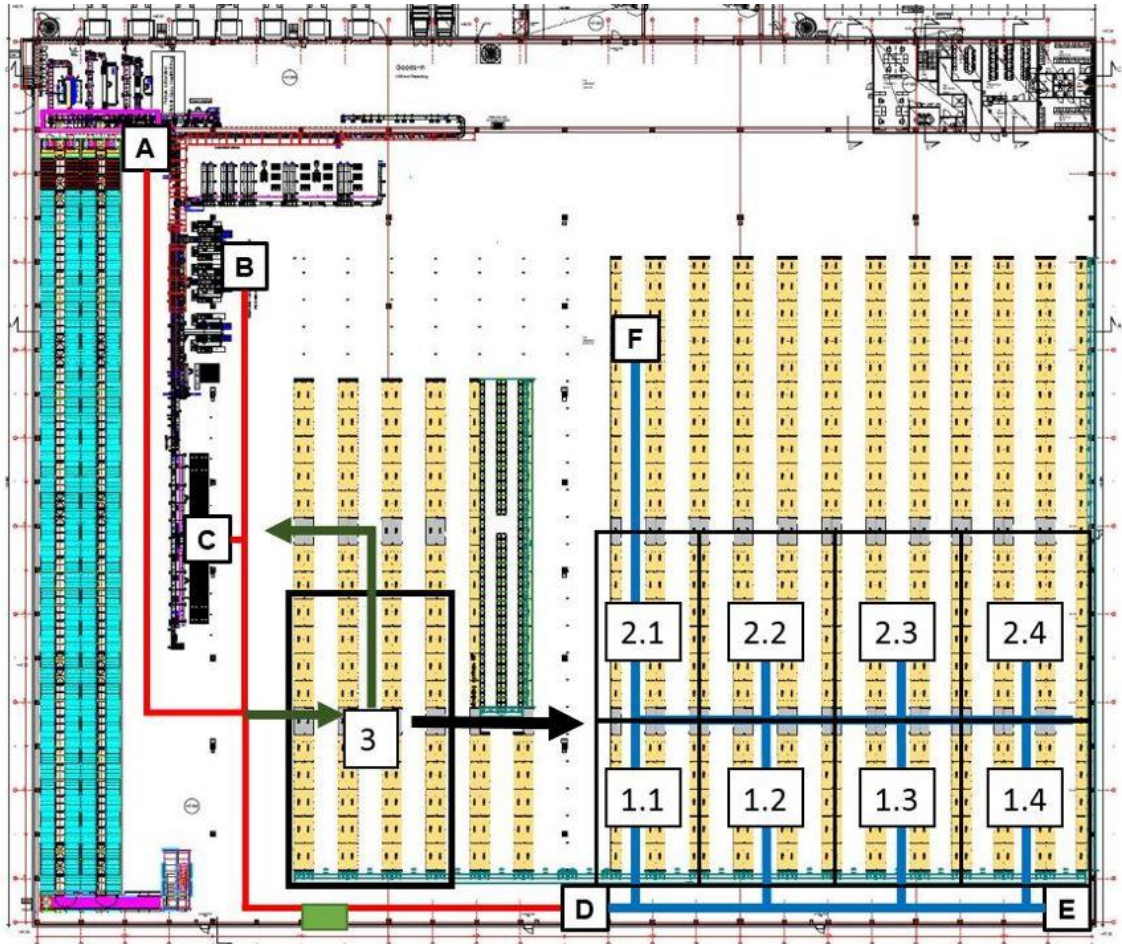
Laskentakorkokannan lähtökohdaksi otettiin luvussa 6.3 esitetty 15 % Neilimo ja Uusi-rauvan mukaan, koska se sopii kustannusten alentamista tavoitteleviin investointeihin. Trukkijärjestelmän pitoajaksi arvioitiin kymmenen vuotta. Käytännössä riittävällä huoltamisella trukkijärjestelmä toimii niin pitkään kuin varaosia on saatavilla ja huoltojärjestelmää pidetään yllä. Kuitenkaan kymmenen vuoden päähän on vaikea arvioida senhetkistä tilannetta trukkijärjestelmän korvaavan tekniikan tai varastoympäristön osalta, mistä syystä pidempää investoinnin pitoaikaa ei haluttu ottaa laskennan lähtökohdaksi.

### **Vuotuisten nettotuottojen arvioiminen**

Vuotuisten nettotuottojen arvioimiseksi tehtiin useampi laskelma, jotta nähtäisiin, millaisia vaikutuksia eri tavoin toteutetuilla siirtoprosesseilla olisi syntyviin säästöihin. Kaikissa laskelmissa käytettiin pohjana liitteen 2 taulukoiden tietoja, joiden avulla siirtojen kapasiteetit laskettiin. Lisäksi käytettiin seuraavia pohjatietoja tai olettamuksia laskelmien tekemisessä:

- Varasto toimii kahdessa vuorossa 16 tunnin aikana per päivä.
- Yhden työntekijän työvuoron tehokas tekemisaika päivässä on 5,75 tuntia. Työvuoron pituus on 8 tuntia.
- Kahden työntekijän tehokas tekemisaika 16 tunnin aikana on 11,5 tuntia.
- Automaattitrukin tehokas tekemisaika päivän aikana on 16 tuntia sisältäen mahdollisen viiveen aamulla ennen tehtävien antamista, mahdollisen akun vaihtamisen ja pysähdykset päivän aikana. Automaattitrukki voi kompensoida aamun viivettä illalla, mikäli siirtoja jää tarpeeksi puskuriiin pisteiden välille, mikä nostaa tekemisajan 16 tuntiin. Mahdollinen akun vaihto kestäisi vain muutaman minuutin päivästä (Prologistiikka 2014).
- Työntekijän keskimääräiseksi vuotuisiksi palkkakuluiksi sivukuluineen arvioitiin 41 580€.
- Manuaalisen trukin vuosikustannuksiksi arvioitiin 4 800€ sisältäen huolto- ja käyttökulut.
- Automaattitrukin vuosihuoltojen hinnaksi arvioitiin 2 400€.
- Sähkön kulutuksessa ei arvioitu olevan merkittävää eroa automaattitrukin ja manuaalitrukin välillä.
- Laatukustannusten alenemista ei oteta huomioon siitä saatavien säästöjen hankalan arvioimisen vuoksi.
- Automaattitrukin tarvitsemalle ylimääräiselle pinta-alalle ei lasketa kuluarvoa.

Laskelmissa vertailtiin keskenään manuaalista ja puoliautomaattista tapaa, jossa käytetään hyväksi automaattitrukkia pitkien rutiinisiirtojen suorittajana. Säästö saadaan laskehtua sen perusteella, kuinka monta arvoa tuottavaa siirtoa vertailtavissa prosesseissa 16 tunnin aikana ehditään suorittamaan eri tavoilla ja kuinka paljon on manuaaliseen työhön kuluva ajan osuus näissä.



Kuva 20. Automaattitrukin ja manuaalisen käsittelyn vertailu.

Kuvassa 20 on esitetty laskelmissa käytetyt reitit, pisteet ja alueet. Pisteet A-E ovat samat kuin aikaisemmin kuvassa 18 kuvatut. Piste F kuvaa oletuspistettä, mistä manuaalikuljettaja siirtyisi suorittamaan hyllytyksiä numeroiduilta alueilta eri pisteisiin tai toisinpäin. Vertailuja tehdään usealla eri tavalla, koska tarkkaa prosessia siirtojen tavasta ei tunneta manuaalisissa siirroissa ja automaattitrukin kulkemien pisteiden välillä:

- 1) Ensimmäisessä laskentatavassa arvioidaan maksimisiirrot ainoastaan kahden pisteen tai alueen välillä 16 tunnin aikana. Esimerkiksi manuaalisiirtojen suoritus pisteestä A pisteeseen B tai pisteestä A alueelle 1.4. Tällöin verrattavassa

puoliautomaattisessa ratkaisussa automaattitrucki suorittaisi siirrot A-pisteeltä B-pisteelle ilman manuaalisen työn tarvetta, mutta alueelle 1.4 siirtoja varten automaattitrucki hyllyttäisi lavan ensin E-pisteellä hyllyyn ja manuaalikuljettaja siirtyisi pisteeltä F suorittamaan hyllytyksen alueelle 1.4. Manuaalikuljettaja siirtyisi oletuksena kuitenkin vain silloin, kun D tai E pisteen kuormalavahyllyt ovat täynnä. Tässä laskentatavassa saadaan arvioitua kahden samankaltaisen prosessin tuloksia manuaalisessa ja puoliautomaattisessa vaihtoehdossa keskenään ja syntyviä säästöjä.

- 2) Toisessa laskentatavassa lasketaan suoritukset 16 tunnille arvioiduilla siirtomäärillä siten, että manuaalisessa vaihtoehdossa vastaanotosta lavavarastoon menevät kuormat hyllytetään alueelle 3, josta niitä siirretään pisteisiin C ja B. Puoliautomaattisessa tavassa kuitenkin siirrot tapahtuvat edelleen D-, tai E pisteille, mistä ne hyllytetään manuaalisesti eri alueille.
- 3) Kolmannessa laskentatavassa lasketaan kaikkien eri pisteiden arvioiduilla siirtomäärillä 16 tunnin suoritukset manuaaliselle ja puoliautomaattisille vaihtoehdoille ja vertaillaan näitä keskenään.

### Laskentatapa 1

Tulosten vertailu		kpl		sekunteja				
Reitti	Reitti	Siirrot	Siirrot	Man. työaika	Man. työaika	man. aika per siirto	man. aika per siirto	Säästö per siirto
1	2	1	2	1	2	1	2	2-1
A->B->A	A->B->A	95	118	0	41300	0	350	350
A->D->A	A->1.1->A	161	150	16475	41340	102	276	174
A->E->A	A->1.4->A	121	117	12003	41371	99	354	255
D->B->D	1.1->B->1.1	125	173	12760	41451	102	240	138
D->C->D	1.1->C->1.1	218	216	22274	41386	102	192	90
E->B->E	1.4->B->1.4	95	128	9424	41421	99	324	225
E->C->E	1.4->C->1.4	144	150	14285	41340	99	276	177

(1) = puoliautomaattinen vaihtoehto: AGV + manuaalitrucki

(2) = manuaalinen vaihtoehto

Kuva 21. Laskentatapa 1, siirrot ainoastaan kahden pisteen välillä 16 tunnin aikana.

Kuvassa 21 on esitetty Excelillä tehty laskelma ensimmäisen laskentavan mukaan kahden pisteen välisillä siirroilla. Laskentatavassa vertaillaan puoliautomaattisen ja manuaalisen prosessien maksimikapasiteetteja sekä siirtoihin kuluva manuaalisen työn osuutta toisiaan vastaavissa prosesseissa. Prosessit eroavat toisistaan siten, että manuaalisessa vaihtoehdossa (2) siirtää manuaalikuljettaja kuormia suoraan haluttujen pisteiden välillä; esimerkiksi vastaanotosta (A) kuormalavahyllyyn alueelle 1.1 lyhyintä loogisinta reittiä ja palaa samaa reittiä pitkin takaisin. Puoliautomaattisessa vaihtoehdossa (1) automaattitrucki siirtyy suunniteltua reittiä pitkin D tai E pisteiden hyllyille kuormien noutoja ja jättöjä varten. D ja E pisteiden täytöt ja tyhjennykset alueille 1.1 ja 1.4 hoitaa manuaalikuljettaja (F) aina kun pisteiden hyllyt tulevat täyteen. Näin ollen manuaalikuljettaja siirtyisi oletuspisteestä F pisteille D kuvan 15. reittiä pitkin esimerkiksi A->D->A tapauksessa  $161/24 = 6,7\dots\sim 7$  kertaa. Siirtymät ovat pyöristetty lähimpiin kokonaislukuihin. Näin ollen manuaalisen käsittelyn ajaksi saadaan puoliautomaattisessa vaihtoehdossa laskettua manuaalikuljettajan kokonaissiirtymäajat F pisteestä D tai E pisteille summattuna manuaalisen käsittelyn kokonaisaika automaattitrukin jättöpisteiden ja alueiden 1.1 ja 1.4 välillä, toisin sanoen hyllytykset ja hyllystä otot sekä siirtymät kerrottuna siirtojen määrällä, huomioituna kuitenkin hyllytykset siirtymävaiheen aikana F-pisteeltä D tai E pisteelle ja toisinpäin. Poikkeuksen tekee reitti A->B->A, jossa automaattitrucki voi siirtää suoraan itsenäisesti vastaanotosta B-pisteelle lattiapaikoille kuormia. Mahdollisia toteutustavasta riippuvia kuormankäsittelyssä syntyviä eroja vastaanoton toiminnassa ja sen vaikutuksia suoritusten aikaan ei huomioida laskelmissa liian spekulatiivisina tässä vaiheessa, eikä niillä uskota olevan lopputulokseen merkittävää vaikutusta.

Vasemmalla ensimmäisessä sarakkeessa on automaattitrukin kulkema reitti ja sen vieressä oikealla vastaava manuaalisen prosessin reitti. Kolmannessa ja neljännessä sarakkeessa on lasketut siirtomäärät puoliautomaattisessa ja manuaalisessa vaihtoehdossa. Viidennessä ja kuudennessa sarakkeessa on esitetty kyseisen reitin siirtoihin kulunut manuaalisen käsittelyn kokonaistyöaika. Seitsemännessä ja kahdeksannessa sarakkeessa on esitetty manuaalisen työn aika yhtä siirtoa kohden manuaalisessa & puoliautomaattisessa tapauksessa vastaavalle prosessille. Viimeisessä sarakkeessa on esitetty puoliautomaattisesta käsittelystä syntyvä säästö sekunneissa vähentämällä manuaalisen siirron ajasta puoliautomaattisen vaihtoehdon siirtoaika.

Esimerkki: Ensimmäisessä rivissä ylhäältä alaspäin katsottuna on kuvattuna reitti A->B->A. Molemmissa prosesseissa siirretään vastaanoton A pisteestä AS/RS järjestelmän täyttöpisteelle B kuormia, jonka jälkeen palataan takaisin suoraan A-pisteelle hakemaan

uusi lava. B-pisteeltä ei siirretä A pisteelle kuormia laisinkaan. Automaattitrukilla on käytettävissä siirtoihin yhteensä 16 tuntia, jona aikana se kerkeäisi siirtämään maksimissaan pyöristetynä noin 95 kuormaa A-pisteeltä B-pisteelle, mikäli lavoja olisi jatkuvasti saatavilla. Luku on saatu jakamalla 16 tunnin käytettävissä oleva aika automaattitrukkitoimittajan ilmoittamalla siirtoajalla kyseiselle reitille. Automaattitrukin siirtoaika kaikissa tapauksissa ottaa huomioon siirtymät kuormattuina tai kuormatta, käsittelyajat eri pisteillä sekä käännökset. Sen sijaan pysähdyksiä johtuen kulkureitin esteistä ei ole huomioitu laskelmiin, kuten ei myöskään manuaalisessa käsittelyssä. Vastaava luku manuaalisissa siirroissa on noin 118 kpl. Luku on saatu jakamalla manuaalisen vaihtoehdon kahden vuoron tehokas työaika, 41300 sekuntia (tai 11,5 tuntia = 2 x 5,75h) yhteen siirtoon kuluvalle ajalla, ja pyöristämällä se lähimpään kokonaislukuun. Kaikissa manuaalisen toimintojen laskelmissa on käytetty MOST-analyysin mukaisia aikoja trukkien siirtymille ja kuormankäsittelyille.

syntyvät säästöt					
sek	min	h	työvuoroa	nettosäästöt palkoissa vuodessa €	säästö manuaalitrukkikuluisissa €
33250	554,2	9,24	1,60628	66 789 €	3 855 €
27896	464,9	7,75	1,35	56 036 €	3 234 €
30782	513,0	8,55	1,49	61 832 €	3 569 €
17190	286,5	4,78	0,83	34 529 €	1 993 €
19496	324,9	5,42	0,94	39 161 €	2 260 €
21318	355,3	5,92	1,03	42 821 €	2 472 €
25402	423,4	7,06	1,23	51 024 €	2 945 €
painotettu ka.			1,18	49 132 €	2 836 €

Kuva 22. Säästöt.

Kuvassa 22 on esitetty syntyvät säästöt puoliautomaattisella ratkaisulla. Edellisten laskelmien perusteella saadaan laskettua puoliautomaattisen ratkaisun tuomat säästöt kertomalla säästetty aika per siirto AGV:n 16 tunnin maksimisiirtomäärällä. Parhaimmillaan AGV olisi reitillä A->B->A, jossa manuaalista käsittelyä ei tarvita. Tällöin yksi AGV:n siirto säästäisi noin 350 sekuntia manuaalista työaikaa ja kun tämä kerrotaan 95:llä AGV:n siirrolla, säästäisi se noin 9,24 tuntia, joka tarkoittaisi noin 1,61 työvuoroa jos tehokas

työaika per työvuoro on 5,75 tuntia. Näin ollen nettosäästö vuodessa palkkakuluina olisi noin  $1,61 \times 41 \times 580\text{€} = 66\,943,8\text{€}$ . Kuvassa esitetty luku on tarkempi, sillä Excel laskee summan useammalla desimaalilla.

Huonoimmillaan tulos olisi puoliautomaattisessa tapauksessa reitillä D->C->D, kun sitä verrataan manuaaliseen reittiin 1.1->C->1.1, johtuen manuaalitrakin käytettävissä olevasta lyhyemmästä reitistä. Painotetulla keskiarvolla laskettuna säästöt olisivat noin 49 132€ palkkakustannuksissa, ja mikäli laskettaisiin mukaan vuotuinen säästö manuaalisille trukkikuluille käyttö- ja huoltokuluineen vähennettynä AGV:n arvioidut vuosittaiset huoltokulut saataisiin laskettua kokonaisnettosäästöiksi 49 568€ käyttäen painotettua keskiarvoa. Käytännössä manuaalitrakin säästöä on hankala toteuttaa, koska tarkoittaisi se reilu puolikkaan trukin säästämistä kahdessa vuorossa, jos manuaalitruckia tarvittaisiin molempien vuorojen aikana. Jos manuaalisissa siirroissa arvioidaisiin mukaan myös siirtymät F pisteeltä alueille 1.1 tai 1.4 puoliautomaattisen laskelmatavan mukaan näihin pisteisiin linkittyvissä siirroissa (siirtymä F-pisteestä noin joka 24. suoritettu siirto) saataisiin painotetuksi keskiarvoksi laskettua n.1,215. Tällöin vuotuisiksi nettosäästöiksi saataisiin samaa laskentatapaa käyttäen Excelissä noin 51 056€.

Tämän laskentatavan avulla voidaan kiinnittää huomiota reitteihin ja tekijöihin, joilla automaattitrakin hyödyt korostuvat. Se ei kuitenkaan kuvaa kauhean hyvin tilannetta, jossa siirtoja suoritettaisiin kaikkien käsittelypisteiden välillä (tapa 2), missä huomioitaisiin mukaan myös siirtomahdollisuudet sekä meno, että paluu suuntiin eri käsittelypisteiden välillä. Lisäksi laskentatapa on optimistinen arvioituihin siirtomääriin nähden, sillä siinä oletetaan, että automaattitruckille riittäisi siirrettävää jokaiselle työpäivälle 16 tunnin ajaksi ympäri vuoden ja se kuvaakin vain maksimikapasiteettia. Esimerkiksi 161 siirrettyä lavaa A->1.1 päivässä tarkoittaisi sitä, että kaikki paikat alueilta 1.4-1.1 (noin 3080 lavapaikkaa) voitaisiin täyttää 19,13 vuorokaudessa, mikäli alikulkujen osuuksia ei lasketa paikkoihin mukaan. Tällöin alueen kiertonopeudeksi saataisiin karkeasti  $258/19,13 = \sim 13,5$  per vuosi. On kuitenkin hankalaa sanoa, onko se täysi mahdollisuus, ennen kuin saadaan kerättyä tarkempaa tietoa varaston materiaalivirroista tulevaisuudessa, kun varaston toiminnot ovat normalisoituneet. Laskentatapa ei myöskään huomioi automaattitrakin pysähdyksiä tai sen aiheuttamia hidastuksia muulle liikenteelle. Jos näitä haluttaisiin arvioida, tulisi selvittää tarkemmat tiedot näiden vaikutuksista tehokkuuteen.



## Laskentatapa 2.

Laskentatapa 2 lasketaan Excelissä samoja periaatteita noudattaen, kuin tavassa 1. Tässä tapauksessa lasketaan arvioituilla siirtomäärillä kokonaissiirtojen määrää kahden eri pisteen välillä myös. Laskentatavasta 1 poiketen manuaalisessa vaihtoehdossa siirrot toteutettaisiin suoraan 3 lohkon lukuun ottamatta A->B->A reittiä.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Tulosten vertailu		kpl		sekunteja				
Reitti	Reitti	Siirrot	Siirrot	Man. työaika	Man. työaika	man. aika per siirto	man. aika per siirto	Säästö per siirto
1	2	1	2	1	2	1	2	2-1
A->B->A	A->B->A	95	118	0	41300	0	350	350
A->D->A	A->3->A	161	189	16475	41504	102,33	220	117,3
A->E->A	A->3->A	121	189	12003	41504	99,2	220	120,4
D->B->D	3->B->3	125	305	12760	41358	102,08	136	33,52
D->C->D	3->C->3	218	335	22274	41406	102,17	124	21,43
E->B->E	3->B->3	95	305	9424	41358	99,2	136	36,4
E->C->E	3->C->3	144	335	14285	41406	99,2	124	24,4
(1) = puoliautomaattinen vaihtoehto: AGV + manuaalitrucki								
(2) = manuaalinen vaihtoehto								

Kuva 23. Laskentatapa #2

Kuvassa 23 on esitetty laskentatavalla 2 lasketut siirtomäärät sekä siirtoajat. Puoliautomaattisessa vaihtoehdossa prosessi toimii samalla tavalla kuin aikaisemmin. Havaitaan, että lyhyemmistä siirtomääristä johtuen manuaalisen työn tehokkuus kasvaa selkeästi.

syntyvät säästöt					
sek	min	h	työvuoro	nettosäästöt palkoissa vuodessa €	säästö manuaalitrukkikuluissa €
33250	554	9,2	1,61	66 789 €	1 928 €
18880,47	315	5,2	0,91	37 925 €	1 095 €
14568,4	243	4	0,70	29 263 €	845 €
4190	69,8	1,2	0,20	8 416 €	243 €
4671,74	77,9	1,3	0,23	9 384 €	271 €
3458	57,6	1	0,17	6 946 €	200 €
3513,6	58,6	1	0,17	7 058 €	204 €
painotettu ka.			0,52	21 654 €	625 €

Kuva 24. Laskentatapa 2 säästöt.

Laskentatavalla 2 laskettuna huomataan, että nettosäästöt olisivat huomattavasti pienemmät tällä laskentatavalla, kun vertailtavan manuaalisen prosessin siirtojen pituudet lyhenevät, eikä investointi tällä perusteella olisi kannattava, kuten jäljempänä laskuissa osoitetaan.

### Laskentatapa 3.

Laskentatapa 3 simuloi paremmin oletettua skenaariota eri pisteiden ja siirtojen välillä valitsevista tekijöistä, kuten tyhjänä ajojen osuudet eri pisteiden välillä siirryttäessä. Tällä tavalla saadaan laskettua, että arvioidut siirtomäärät (liite 1. taulukko 4.) toteuttaakseen AGV käyttäisi yhteensä 74 002 sekuntia tai 20,56 tuntia. Siirtymiä tulisi eri pisteiden välillä yhteensä 316, joista arvoa tuottaneita siirtymiä olisi 202 ja tyhjänä ajoja 114 kappaletta. Kahdelle vuorolle, eli 16 tunnille laskettuna saadaan automaattitrukin kapasiteetiksi noin 246 siirtymää eri pisteiden välillä ja 157 suoritettua siirtoa. Puoliautomaattisen vaihtoehdon suoritusten manuaalisen käsittelyn ajaksi saadaan laskettua 3,53 tuntia. Manuaalisessa vaihtoehdossa kahdelle vuorolle saadaan laskettua 11,5 tunnin ajalle noin 165 siirtoa. Näin ollen yksi manuaalisiirto vastaa noin 1,05 AGV:n siirtoa. Saadaan laskettua että 157 suoritusta pelkässä manuaalisessa prosessissa kestäisi pyöreästi 11 tuntia.



Näin ollen puoliautomaattinen prosessi säästäisi manuaalisen käsittelyn työaikaa yhteensä noin 7,43 tuntia, mikä tarkoittaisi noin 1,29 työvuoroa ja vuotuisina säästöinä noin 56 734 €.

vuodet	kassavirta	diskontattu	kum.diskont. kassavirta
	-140 000,00 €		
1	50 000,00 €	43 478,26 €	43 478,26 €
2	50 000,00 €	37 807,18 €	81 285,44 €
3	50 000,00 €	32 875,81 €	114 161,26 €
4	50 000,00 €	28 587,66 €	142 748,92 €
5	50 000,00 €	24 858,84 €	167 607,75 €
6	50 000,00 €	21 616,38 €	189 224,13 €
7	50 000,00 €	18 796,85 €	208 020,99 €
8	50 000,00 €	16 345,09 €	224 366,08 €
9	50 000,00 €	14 213,12 €	238 579,20 €
10	50 000,00 €	12 359,24 €	250 938,43 €

Kuva 25. Investoinnin kassavirta yhdellä tapauksella.

Kuvassa 25 on esitetty laskettu vuotuisten nettotuottojen kassavirta, jos se olisi esimerkiksi 50 000 € investoinnin pitoajalle. Diskontatussa kassavirrassa on huomioituna laskentakorkokanta. Laskelmat ovat tehty Excelissä. Kuvasta huomataan, että korollinen takaisinmaksuaika sijoittuu lähelle neljättä pitoajan vuotta.

Investoinnin lähtötiedot:	
Hankintameno	140 000,00 €
Nettotuotto	50 000,00 €
Laskentakorkokanta	15 %
Investointiaika (a)	10
Jäännösarvo	- €
Koroton takaisinmaksuaika	2,8
Korollinen takaisinmaksuaika	3,9
Nettonykyarvo	250 938,43 €
Kannattavuussuuhde	1,79
Sisäinen korkokanta	34 %

Kuva 26. Investoinnin kassavirta yhdellä tapauksella.

Kuvassa 26 on esitetty investointilaskelmien tulokset, jotka ovat laskettu myös Excelissä. Koroton takaisinmaksuaika saatiin jakamalla perushankintakustannus vuotuisilla nettotuotoilla. Korollinen takaisinmaksuaika saatiin käyttämällä =NJAKSO funktiota. Ennakoidusti korollinen takaisinmaksuaika sijoittui lähelle neljännettä vuotta. Investoinnin tuotot nykyarvon menetelmällä (=NA funktio) ovat 250 938,43 €, joka tarkoittaisi 15% korkokannalla ja 50 000 € vuotuisilla tasaisilla tuotoilla 110 938,43 € säästöjä. Kannattavuussuhteeksi muodostuu 1,79 ja sisäisen korkokannan menetelmällä (=SISÄI-NEN.KORKO) tuotoksi 34 %, mikä ylittää minimituottovaatimuksen.

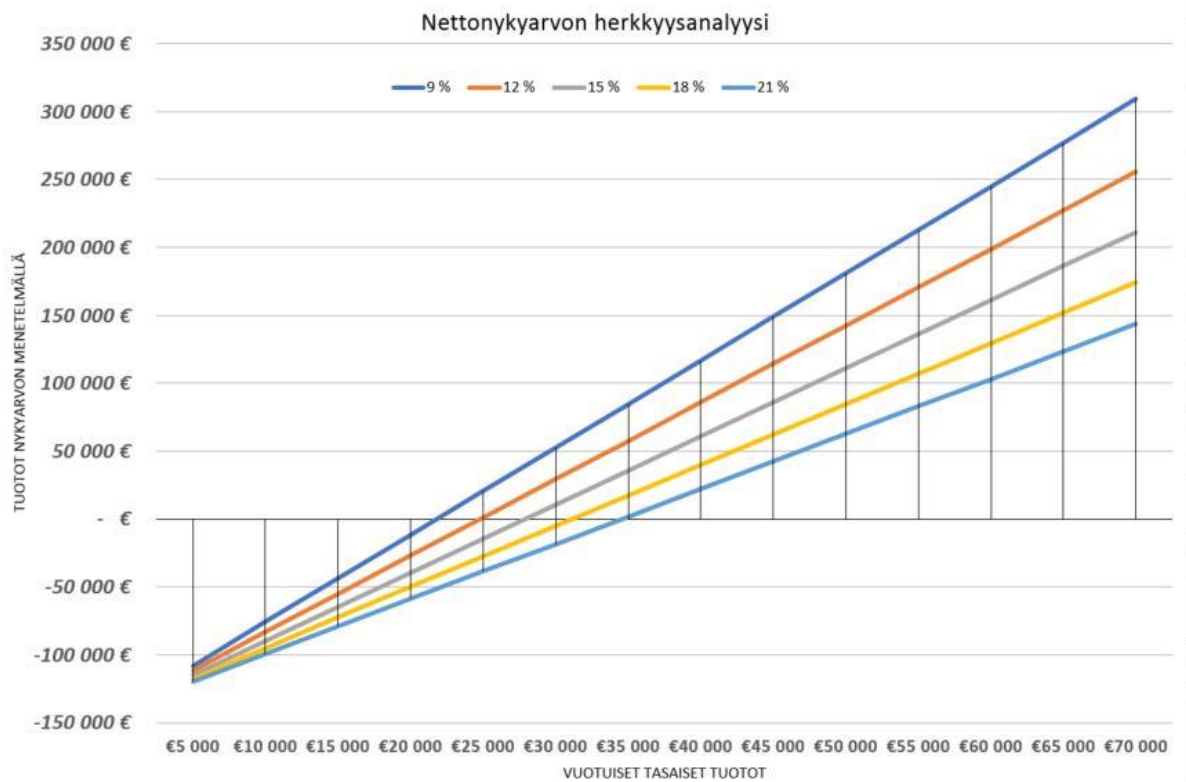
### 8.5 Herkkyysanalyysi

Herkkyysanalyysi toteutettiin Excelissä käyttäen Entä jos - analyysityökalua. Analyysi toteutettiin kaksisuuntaisena muuttaen investoinnin lähtöarvoja ja katsomalla, kuinka se vaikuttaa nettonykyarvoon. Nettonykyarvosta on vähennetty hankintameno, jotta nähdään heti, onko tuotot negatiivisia vai positiivisia.

nettonykyarvo 110 938,43 €		Laskentakorko				
		9 %	12 %	15 %	18 %	21 %
vuotuinen nettotuotto	5 000,00 €	- 107 912 €	- 111 749 €	- 114 906 €	- 117 530 €	- 119 730 €
	10 000,00 €	- 75 823 €	- 83 498 €	- 89 812 €	- 95 059 €	- 99 459 €
	15 000,00 €	- 43 735 €	- 55 247 €	- 64 718 €	- 72 589 €	- 79 189 €
	20 000,00 €	- 11 647 €	- 26 996 €	- 39 625 €	- 50 118 €	- 58 918 €
	25 000,00 €	20 441 €	1 256 €	- 14 531 €	- 27 648 €	- 38 648 €
	30 000,00 €	52 530 €	29 507 €	10 563 €	- 5 177 €	- 18 378 €
	35 000,00 €	84 618 €	57 758 €	35 657 €	17 293 €	1 893 €
	40 000,00 €	116 706 €	86 009 €	60 751 €	39 763 €	22 163 €
	45 000,00 €	148 795 €	114 260 €	85 845 €	62 234 €	42 434 €
	50 000,00 €	180 883 €	142 511 €	<b>110 938 €</b>	84 704 €	62 704 €
	55 000,00 €	212 971 €	170 762 €	136 032 €	107 175 €	82 974 €
	60 000,00 €	245 059 €	199 013 €	161 126 €	129 645 €	103 245 €
	65 000,00 €	277 148 €	227 264 €	186 220 €	152 116 €	123 515 €
	70 000,00 €	309 236 €	255 516 €	211 314 €	174 586 €	143 785 €

Kuva 27. Herkkyysanalyysi 1.

Ensimmäisessä herkkyysanalyysissä kokeiltiin vaikutuksia muuttamalla laskentakorkokantaa sekä vuotuisia nettotuottoja. Analyysin avulla huomataan, että vuotuisten nettotuottojen muutoksella on merkittävä vaikutus nykyarvon tuottoihin. Esimerkiksi 15 % korkokannalla 25 000€ vuotuisilla nettotuotoilla investointi ei enää olisi kannattava. Jos laskentakorkokantaa olisi 12% ja vuotuiset nettotuotot 25 000€, niin tällöin investointi olisi lähellä kannattavuuden raja-arvoa, eli kriittistä pistettä.



Kuva 28. Nettonykyarvon herkkyysanalyysin kuvaaja.

Herkkyysanalyysistä tehdyn kuvaajan avulla huomataan graafisella määrittelyllä investoinnin kriittinen piste nettonykyarvonmenetelmällä tasaisten vuosituottojen vaihdellessa ja eri korkokannalla, kun investoinnin pitoaika on 10 vuotta ja hankintameno 140 000 €. Esimerkiksi 9 % korkokannalla investoinnin kannattavuuden kriittinen piste olisi vuotuisilla tasaisilla tuotoilla noin kaksikymmentäkaksituhatta euroa, 12 % korkokannalla hieman alle 25 000 € ja 21 % korolla noin 35 000 €. Odotetulla 15% minimituottovaatimuksella investoinnin kriittinen piste on noin 27 000 euron luokkaa vuotuisten tasaisten tuottojen osalta.

	nettonykyarvo	investoinnin pitoaika (a)				
	110 938 €	6	8	10	12	14
hankintameno	200 000 €	- 10 776 €	24 366 €	50 938 €	71 031 €	86 224 €
	180 000 €	9 224 €	44 366 €	70 938 €	91 031 €	106 224 €
	160 000 €	29 224 €	64 366 €	90 938 €	111 031 €	126 224 €
	140 000 €	49 224 €	84 366 €	<b>110 938 €</b>	131 031 €	146 224 €
	120 000 €	69 224 €	104 366 €	130 938 €	151 031 €	166 224 €
	100 000 €	89 224 €	124 366 €	150 938 €	171 031 €	186 224 €
	80 000 €	109 224 €	144 366 €	170 938 €	191 031 €	206 224 €

Kuva 29. Herkkyysanalyysi 2.

Toisen herkkyysanalyysin avulla havaitaan, että investoinnin pitoajan muutoksella ei ole yhtä suurta vaikutusta nykyarvon nettotuottoihin johtuen korkokannan vaikutuksesta. Hankintamenoa muutoksella säästetään vain alussa sitoutuvasta summasta, jolloin sen vaikutus on huomattavasti pienempi kuin esimerkiksi vuotuisten nettotuottojen summan muutoksella. Käytännössä investoinnin hankintamenoa säästämällä 20 000 € saavutettaisiin 12 vuoden pitoajan nykyarvojen tuotot jo kymmenessä vuodessa.

Herkkyysanalyysin avulla saadaan pääteltyä investoinnin lopputulokseen kriittisimmin vaikuttavan lähtöarvon olevan automaattitrukista saadut vuotuiset nettotuotot. Näin ollen investoinnissa erityisesti tulee kiinnittää huomiota nettotuottoihin vaikuttaviin tekijöihin. Näitä ovat ainakin:

- Laskentatapa
  - Kuinka automaattitrukin toimintaa halutaan verrata manuaaliseen käsittelyyn? Miten manuaalinen prosessi toimii, johon sitä verrataan?
- Automaattitrukin siirtomäärät
  - Materiaalivirtojen ominaisuudet, siirtomäärät ja automaattitrukille soveltuvien nimikkeiden osuus, käsittelypisteiden vaateet. Esimerkiksi kuinka monta prosenttia vastaanottoon saapuvista käsittely-yksiköistä soveltuu automaattitrukille? Tarvitseeko high-mover-alue tai AS/RS-järjestelmän täyttöpiste monta lavaa lyhyessä ajassa?
- Puoliautomaattisen ratkaisun toteutustapa
  - wms-integraatio vai stand-alone? Kuinka paljon wms-integraation hinta tulisi olemaan, mitä hyötyjä, sillä saavutettaisiin. Esimerkiksi automaattitrukin hyllyttäessä reitillä A->D->A suoraan alueen 1.1 hyllyyn säästettäisiin manuaalisen työn osuus noin 4,58 tuntia mikä on pyöreästi

(4,58/5,75) 79,65 % yhden henkilön tehokkaasta työajasta per vuoro. Käytännössä tämä toisi pyöreästi 35 000€ lisäsäästön nostaan kokonaisu säästön kyseiselle reitille noin 90 000 € per vuosi, mikäli lasketaan AGV:n maksimisiirroilla per 16 tuntia. Tällöin kokonaisnettotuotot vähennettynä alkuketken investointikulu kohoaisivat 15 % korkokannalla ja kymmenen vuoden pitoajalla 311 700 €. Viidenkymmenentuhannen tasaisilla vuosituotoilla vastaavat tuotot olisivat pyöreästi 111 000 €, jolloin eroa syntyy pyöreästi kaksisataatuhatta. Integraatiota harkittaessa tulee kuitenkin huomioida mahdolliset muutokset työkäytäväleveyksiin ja menetetyt lava-paikat. Myös wms-integraation hyödyt ovat riippuvaisia siirtomääristä. Suuret siirtomäärät puoltavat integraation toteutusta, jonka avulla saavutetaan myös toiminnan parempaa hallittavuutta ja joustavuutta.



## 9 AUTOMAATTITRUKKIEN TULEVAISUUS JA ROBOTISAATIO

Automaattitruckien kysyntä on kasvamaan päin niistä saatujen hyvien kokemusten myötä, mikä tarkoittaa käytännössä niiden yleistymistä varasto- ja tuotantoympäristöissä. Esimerkiksi Roclan automaattioratkaisujen liikevaihto kasvoi viime tilikauden aikana 50 %, ja kasvun odotetaan jatkuvan vahvana vuoden 2017 aikana (Tekniikka&Talous 2017). Oletettavaa on, että markkinoiden kypsyessä ja kysynnän kasvaessa myös kilpailijoiden kiinnostus Suomen markkinoihin herää ja alalla nähdään uusia tulijoita sekä ratkaisuja. Kilpailun kiristyminen ja automaattitruckien tuotantomäärien kasvun seurauksena oletettavasti automaattitruckien hintojen tulisi laskea tulevaisuudessa sekä kasvat-  
taa automaattitruckien jälkimarkkinoita jossain määrin.

Uusien sekä kehittyvien automaattitruckia ohjaavien ohjelmistojen myötä järjestelmien käyttöönotot tulevat sujumaan asiakkaan näkökulmasta nykyistä helpommin ja nopeammin. Automaattitruckeissa käytettävät materiaalit tulevat pysymään oletettavasti samoina. Komponenttien sekä akkutekniikan kehittymisen myötä automaattitruckeista tulee tulevaisuudessa energiatehokkaampia. Tarkempien sensoreiden, paikannusmenetelmien sekä kehittyvien navigointimenetelmien ansiosta automaattitruckeilla voidaan tulevaisuudessa ajaa entistä nopeammin. Älykkäämpien turvallistamisratkaisuiden ilmaantuminen markkinoille vaikuttaa myös tulevaisuudessa automaattitruckien ajonopeuksiin. Tiukentuvat turvallisuusmääräykset saattavat rajoittaa automaattitruckien ajonopeuksien kasvattamista tulevaisuudessa. (J. Uusitalo, henkilökohtainen tiedonanto 1.12.2016.)

Automaattitruckeihin ja varastoihin vaikuttavana megatrendeinä voidaan pitää digitalisaatiota, robotisaatiota ja teollista internetiä: robotiikan, automaatiotekniikan sekä kokenäön kehityksen myötä mekaanisen ja manuaalisen työn osuus tulee laskemaan varasto- ja tuotantoympäristöissä. Turun kauppakorkeakoulun julkaisemassa vuoden 2016 logistiikkaselvityksessä selvitettiin tutkimuskohteena olevilta suomalaisilta teollisuuden ja kaupanalan yrityksiltä näkemyksiä vuoteen 2020 mennessä vaikuttavista teknologioista ja trendeistä. Kyselyyn vastanneista teollisuuden alan yrityksistä yli 60 % ja kaupanalan yrityksistä yli 45 % arvioi teollisen internetin sovellusten olevan operatiivisessa käytössä yrityksissä vuoteen 2020 mennessä. Tällä hetkellä vastanneiden teollisuusyritysten joukosta noin 30 % vastaajista on teollisen internetin sovelluksia operatiivisessa käytössä, ja vastaava luku kaupanalalla on alle 20 %. Kyselyyn vastanneissa yrityksissä uskotaan

selkeästi merkittävään muutokseen seuraavien lähivuosien aikana teollisen internetin sovellusten yleistymisessä. (Laari 2017.)

Viime vuosina automaattitruckien rinnalle ovat ilmestyneet erilaiset AMR:t, eli autonomisesti liikkuvat robotit (Fetch Robotics, Inc. 2016a). Hyvänä esimerkkinä kehityksestä voidaan pitää vuonna 2015 Hitachin julkistamaa kaksikätesen robotin prototyyppiä, AMR (*Automated Mobile Robotics*), jonka tarkoituksena on suorittaa keräilytyö hyllystä ja samalla kuitata nimike kerätyksi skannaamalla viivakoodi (Hitachi, Ltd. 2015).

Toinen esimerkki on Kawada Roboticsin kehittämä robotti, jota Hitachi High-Technologies Europe GmbH markkinoi Euroopassa. Nextage pystyy kehittyneen bilateraalisien konenäkönsä ja robottikäsiensä ansiosta suorittamaan monia ohjelmoituja tehtäviä, joita ihmiset suorittavat, kuten tuotteen kokoonpanon tehtäviä tai laboratorioissa esiintyviä työtehtäviä. Lisäksi robotti on nostettu automaattitrukin päälle, joka toimii sen kuljetusalustana, kun se siirtyy eri työpisteiden välillä.

Kolmas hyvä esimerkki on yhdysvaltalainen Fetch Robotics, Inc., joka suunnittelee ja valmistaa erilaisia AMR:iä. Fetch Robotics uskoo AMR:ien syrjäyttävän jossain määrin automaattitrukit tekoälyn ja hienostuneemman teknologian ansiosta, koska se tekee niistä nopeampia, ketterämpiä, juostavimpia, viisaampia ja kustannustehokkaampia. Asiaa he perustelevat sillä, että automaattitrukki joutuu siirtymään aina täsmällisesti sille valmiiksi määrättyjä reittejä pitkin, jolloin se esteen kohdatessaan joutuu pysähtymään, kunnes kulkureitti on jälleen vapaa. Vastaavasti esteen kohdatessaan AMR osaa väistää ja kiertää sitä kohtaavan esteen sen tekoälyn ja parempien sensoreiden avulla. Lisäksi AMR:n käyttöönotto olisi heidän mukaansa automaattitrukkeja yksinkertaisempaa ja nopeampaa siitä syystä, ettei AMR vaatisi ympärilleen kallista infrastruktuuria kehittyneen dynaamisen navigoinnin ansiosta. Näiden ominaisuuksien vuoksi he laskevatkin, että AMR:t olisivat joissain tilanteissa jopa 40 % edullisempia kokonaiskustannuksiltaan kuin AGV:t. (Fetch Robotics, Inc. 2017.)

Fetch Roboticsin AMR luo uuteen tilaan saapuessaan autonomisesti kartan kiinteästä ympäristöstään. Tekoälyn ja konenäön ansiosta AMR tunnistaa kiinteät esteet sekä pysyy jäljittämään liikkuvat kohteet, joten se osaa navigoida ja liikkua itsenäisesti sitä ympäröivässä vapaassa tilassa. Autonomisen karttojen luonnin ansiosta käyttöönoton kerrotaan olevan nopeaa ja edullista verrattuna vanhoihin menetelmiin, kun järjestelmän käyttöönottamiseksi ei tarvita erillistä infrastruktuuria, kuten heijastinpaneelien ja valmiiden karttojen luontia navigoimista varten. (Fetch Robotics, Inc. 2016b.) Lisäksi on



myös muita yhtiöitä, jotka valmistavat autonomisesti liikkuvia ja pientavarahyllyistä keräileviä robotteja, kuten I Am Robotics tai Magazinon valmistama TORU Cube.

Autonomisen liikkuvan robotin eli AMR:n sekä automaattitrukin (AGV) välillä vallitsee häilyvä jako. Mikäli AMR:n määritelmä on se, että siinä on enemmän tekoälyä ja se osaa navigoida dynaamisesti, ei automaattitrukeista ole pitkä matka kehityskulussa AMR:ksi varsinkaan, kun automaattitrukkien navigointitavat kehittyvät. Siinä vaiheessa, kun automaattitrukkeihin tuodaan lisää tekoälyä ja ne osaavat navigoida kuten autonomisesti liikkuvat robotit, niitä aletaan oletettavasti kutsua AMR:iksi viralliselta nimeltään. Trukkia muistuttavan ulkomuotonsa takia ne kuitenkin luultavasti pysynevät puhekielessä vakiintuneella nimityksellään, eli automaattitrukkeina.

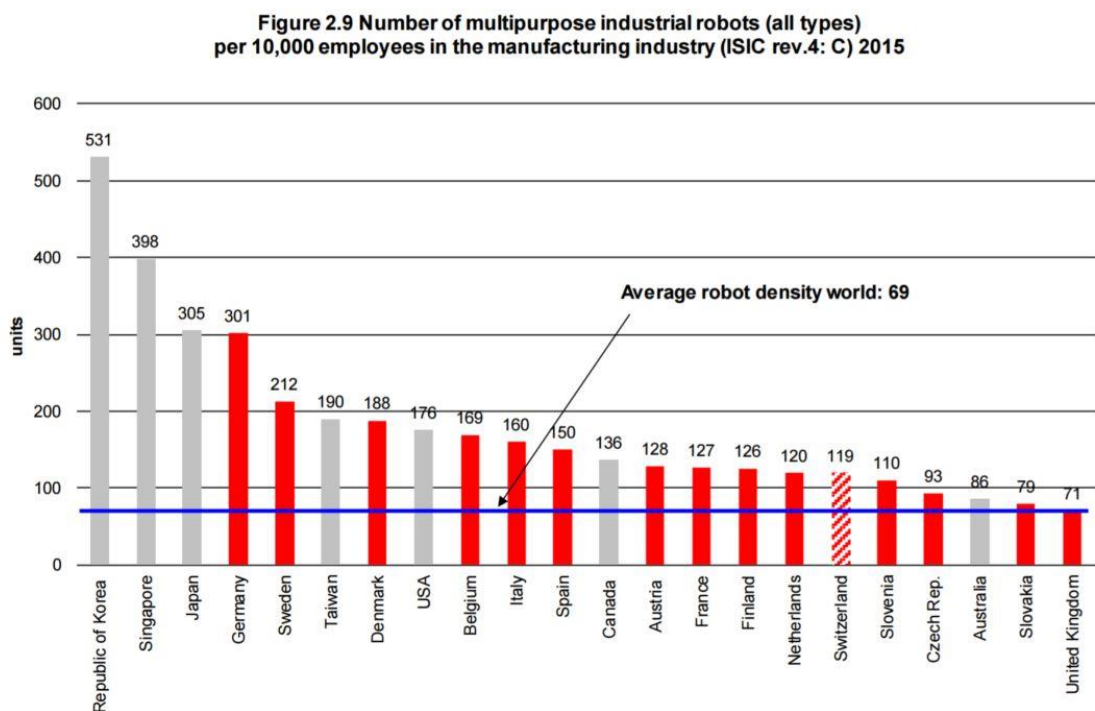
Uskoisin että nykyisen kaltaisia ja näköisiä automaattitrukkeja tullaan vielä tarvitsemaan jatkossa pitkään niin kauan, kuin materiaalia käsitellään kuormalavoilla ja muilla käsittely-yksiköillä, joihin trukkiipiikit sopivat. Lisäksi uskon, että varastoympäristössä erilaiset omiin tehtäviin erikoistuvat AMR:t tulevat yleistymään. Ei ole kannattavaa varustaa rutiinisiirtojen suorittamiseen tarkoitettuja nykyisiä automaattitrukkeja kalliilla tekniikalla esimerkiksi keräilytyötä varten, vaan kehittää keräilytyöhön erikseen soveltuva AMR-robotti ja koordinoida se toimimaan automaattitrukin kanssa.

Voi olla toki, että jossain vaiheessa nykyisiin automaattitrukkeihin ilmestynee myös robottikäsiä tekoälyn, konenäön ja autonomisen navigoinnin rinnalle. Tällöin ollaan jo melko pitkälle tilanteessa, jossa ne pystyisivät suorittamaan jo suurimman osan ihmisen tekemistä töistä varastoympäristöissä. Robottikädet eivät kuitenkaan ole kovin hyviä suorittamaan luovuutta ja hienomotoriikkaa vaativia töitä. Toistaiseksi robottikäsiillä varustettujen automaattitrukkien yleistymistä jarruttaa standardoimattomien pakkausten suuri määrä, mikä tekee niiden käyttämisestä kannattamatonta (J. Uusitalo, henkilökohtainen tiedonanto 1.12.2016).

Robotit ovat hyviä suorittamaan toistuvia, identtisiä töitä, joissa muuttujien osuus on pieni. Vielä menee kuitenkin jonkin aikaa siihen, että saadaan kehitettyä tekoälyltään ja kätevyydeltään sellainen robotti, joka korvaisi ihmisen joustavuudessa, luovuudessa, tarkkuudessa ja nopeudessa nimikkeiden keräilytyössä. Esimerkiksi Amazonilla työntekijä keräilee tällä hetkellä noin 400 nimikettä tunnissa, ja viime vuonna järjestetyssä Amazon Picking Challenge 2016:ssa kilpailun voittajajoukkueen robotti keräsi keskimäärin noin 100 nimikettä tunnissa virhemarginaalin ollessa 16,7 %:n luokkaa. Kehitys on

ollut merkittävää vuoden 2015 kilpailun voittajan tuloksesta, mutta toistaiseksi robotit eivät pärjää ihmiselle. (Heath 2016.)

Viime vuonna Frankfurtissa järjestetyssä IFR Press Conferencessä kansainvälinen robottijärjestö arvioi vuosittaisen teollisuusrobottien toimitusten kasvavan vuoteen 2019 asti noin 13 %:n vuosivauhdilla, jolloin kokonaistoimitusten määrä maailmassa ylttäisi 414 tuhanteen teollisuusrobottiin vuodessa. Vuonna 2015 luku oli noin 254 tuhatta. Vuonna 2019 järjestö arvioi operatiivisessa käytössä olevien teollisuusrobottien kokonaismääräksi maailmassa noin 2,6 miljoonaa robottia, kun se vuonna 2015 oli noin 1,6 miljoonaa kappaletta. Maailmanlaajuisesti luvut ovat kasvaneet jatkuvasti joka vuosi autoteollisuuden ollessa selkeimmin eniten robotisoitu teollisuuden ala. Vuoteen 2019 mennessä IFR ennustaa teollisuusrobottien kasvun kiihtyvän globaalisti miltei kaikilla mahdollisilla teollisuudenaloilla. Erityisesti kysyntä Kiinassa kasvaa voimakkaasti.



Kuva 30. Vuoden 2015 tilasto teollisuusroboteista globaalisti (IFR World Robotics 2016).

Kuvassa 33 on tilastokuvaaja vuodelta 2015 käytössä olevien teollisuusrobottien yleisyydestä maailmassa esitettyinä robottien määrät kappaleina per kymmentä tuhatta työntekijää kohden. Vuonna 2015 Suomi sijoittui miltei samalle asteelle Itävallan ja Ranskan kanssa keskiarvon yläpuolelle. Luku on kuitenkin selkeästi vähemmän verrattuna Sak-

saan, Ruotsiin, Tanskaan tai Yhdysvaltoihin nähden. (IFR World Robotics 2016.) Vuoden 2016 syyskuun lopussa Suomen Robotiikkayhdistys ry raportoi Suomen teollisuuden robottikannan vähenemisen pysähtymisestä, joka on johtunut yleisesti huonosta taloustilanteesta (Suomen Robotiikkayhdistys ry 2016).

Vaikka automaattitrukkeja ei standardien mukaan määritelläkään teollisuusroboteiksi, eikä siten tilastoida teollisuusrobottitilastoihin (Savolainen 2011), kertovat IFR:n ja Suomen Robotiikkayhdistyksen tilastot voimakkaasta kasvusta teollisuusrobottien yleistymisen suhteen. Teollisuusrobottien yleistyminen vaikuttaa suoraan logistiikkaan sekä varastojen automaatioasteeseen ja osaltaan puhuu myös automaattitrukkien yleistymisen puolesta.

## 10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää toimeksiantajan tarpeen pohjalta automaattitrukkijärjestelmän käyttömahdollisuuksia sekä kannattavuutta Vantaan Hakkilaan vuoden 2017 aikana käyttöön avattavalle varastolle. Lisäksi selvitettävänä asiana oli automaattitrukkien kehityssuunta tulevaisuutta ajatellen. Työn lopputuloksena saatiin laskettua automaattitrukkijärjestelmätoimittajien antamien tarjouksien pohjalta investointien kannattavuuksia erilaisille skenaariolle käyttäen MOST-analyysiä hyödyksi syntyvien säästöjen arvioinnissa. Erilaisia tilanteita voidaan jatkossa simuloida opinnäytetyön aikana syntyneen Excel-työkalun avulla. Opinnäytetyössä ehdotettu ratkaisu automaattitrukkijärjestelmän toiminnasta yhdessä esimerkkilaskelmien kanssa antavat hyvän pohjan mahdollisen investointipäätöksen ja lisäselvitysten tueksi tulevaisuudessa.

Automaattitrukin tuoma lisäarvo syntyy yksinomaan sen yksikkökuormien siirtojen tuomasta aikasäästöistä, jolloin sen mahdollisimman tehokas käyttö on avain investoinnin maksimaalisen hyödyn tavoittelussa. Keskenään vertailtavien manuaalisen ja puoliautomaattisen materiaalinkäsittelyn prosessien toteutustapa, siirtomäärät sekä matkat määrittävät investoinnin kannattavuuden ja mahdollisuuden onnistua tavoitteessaan. Mikäli toisessa vaihtoehdossa keskimääräinen siirtomatka suoritetta kohden on esimerkiksi vain 10 metriä ja toisessa 200 metriä, on ilmeistä, että lyhyemmän siirtomatkan omaava prosessi on huomattavasti tehokkaampaa. Tästä syystä johtuen investointipäätöstä tehtäessä on tunnettava mahdollisimman tarkasti keskenään verrattavien puoliautomaattisen ja manuaalisen vaihtoehtojen toimintatavat, niihin liittyvien materiaalivirtojen ominaisuudet sekä automaattitrukkille soveltuvien käsittely-yksiköiden osuus.

### 10.1 Jatkosuunnitelma

Investointilaskelmien lopputulokset vaikuttavat hyvin lupaavilta, mikäli arvioidut siirtomäärät toteutuisivat suunnitellulla tavalla. Mahdollisesti tulevan investointipäätöksen tueksi tulee suorittaa Hakkilan varaston nykytilankartoituksen materiaalivirtoihin ja siirtoihin liittyen entistä tarkempien lähtöarvojen selvittämiseksi. Opinnäytetyön kirjoitushetken ajankohdasta johtuen ei ollut mahdollista selvittää kaikkiin eri toimintoihin liittyviä lähtö-

tietoja, koska varasto oli vielä rakennusvaiheessa. Mahdollisen investointipäätöksen tekemisen jälkeen ja kun siirtomäärät ovat tiedossa, tulee selvittää eri pisteiden välisten reittien optimointi yhteistyössä automaattitrukkitoimittajan kanssa.

<p><b>Vahvuudet:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• valmiit, toimiviksi todetut ratkaisut</li> <li>• positiiviset käyttäjäkokemukset</li> <li>• tunnetut toimittajat</li> <li>• turvallisuus</li> <li>• työskentelee väsymättömästi vuorokauden ympäri olosuhteissa, joissa ihminen ei voisi toimia. Esimerkiksi pimeässä ja viileässä.</li> <li>• kustannustehokas riippuen prosessista.</li> </ul>	<p><b>Heikkoudet:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kiinteät reitit, minä vuoksi joustamattomampi ratkaisu kuin perinteinen manuaalitrucki+työntekijä – ratkaisu. Toisaalta joustavampi, kuin kiinteät kuljetinratkaisut.</li> <li>• manuaalitruckia suurempi perushankintakustannus</li> <li>• manuaalitruckia hitaampi</li> <li>• ei sovellu peräkäräryjen purkamiseen tai lastaamiseen</li> <li>• ei voi käsitellä yksikkökuormia yhtä monipuolisesti kuin manuaalitrucki</li> <li>• manuaalisen ja automaattitrukin materiaalinkäsittelyn rajapinnoissa voi esiintyä haasteita, kuten vinoon jätetyt lavat, repsottavat kelmut jne.</li> </ul>
<p><b>Uhat:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• uusien, parempien ratkaisujen ilmaantuminen (AMR)</li> <li>• piilokustannusten yllättäminen</li> <li>• riippuvainen langattomasta yhteydestä</li> <li>• odotettua pienemmät siirtomäärät</li> </ul>	<p><b>Mahdollisuudet:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• järjestelmän muuttaminen "stand-alone" mallista järjestelmäintegroiduksi</li> <li>• uusien käyttötapojen päivittäminen, esim. puhekeräilyyn yhdistäminen</li> <li>• laskevat laatu- ja kustannukset</li> <li>• lyhyt takaisinmaksuaika riippuen prosessista ja siirtomääristä</li> <li>• automaattitrukkien teknologinen kehittyminen</li> <li>• automaattitrukkien halpeneminen markkinoiden kehittymisen seurauksena</li> </ul>

Kuva 31. SWOT-analyysi automaattitrukin käyttöönotosta.

Kuvassa 34 on esitetty SWOT-analyysi automaattitrucki-investoinnin näkökulmasta niistä asioista, joita on tämän opinnäytetyön aikana tullut ilmi.

## 10.2 Jatkotutkimusaiheet

Opinnäytetyön tekemisen aikana syntyi seuraavia ajatuksia jatkotutkimusten osalta:

- Kapeakäytävämallisen automaattitrukin investoinnin käyttötapojen sekä hyötyjen määrittely Hakkilan varastoon. Yhtenä vaihtoehtona olisi tutkia sen käyttämistä yhteistyössä pienemmän automaattitrukin kanssa.

- WMS-integraation hyötyjen selvittäminen ja vertailu suunnitellussa sekä muissa mahdollisissa malleissa ja nykyistä suunnitelmaa laajempien käyttömahdollisuuksien tutkiminen yhden tai useamman vaunun järjestelmässä, kuten automaattitrukin käyttö keräilyprosessin tukena.
- Mahdollisen investoinnin jälkiseurannan suorittaminen.
- AMR:ien käytön tutkiminen HUB logisticsin tarpeisiin.
- Dronejen käytön tutkiminen esimerkiksi inventoimiseen.

### 10.3 Loppusanat

Opinnäytetyön toimeksianto annettiin syksyn 2016 aikana. Alkuvaiheessa toimeksiantajalla oli tarve hankkia lisätietoa automaattitrukkeihin liittyen sekä mahdollisia hyötyjä, sillä toimeksiantajalla ei ollut aikaisempaa kokemusta automaattitrukkeihin liittyen. Tässä vaiheessa ei vielä kuitenkaan tiedetty varmasti, mihin ympäristöön automaattitrukkijärjestelmän sopivuutta lähdettäisiin selvittämään. Melko pian kuitenkin tutkittavaksi ympäristöksi lukittiin Hakkilaan vuoden 2017 aikana valmistumassa oleva varasto.

Joulukuun 2016 aikana sovittiin tapaamiset haastatteluita varten kolmen eri automaattitrukkeja myyvän yrityksen edustajien kanssa. Tapaamisten aikana hankittiin lisätietoja eri toimittajien automaattitrukkijärjestelmien ominaisuuksiin, käyttösovelluksiin sekä teknologian ja markkinoiden kehityssuuntaan liittyen. Samalla luotiin kontaktit tulevia tarjouspyyntöjä varten.

Alkuvuoden 2017 aikana määriteltiin automaattitrukin tarkempi funktio tulevassa varastossa. Määrittelyprosessin aikana pohdittiin ja selvitettiin monia erilaisia variaatioita sekä automaattitrukin käyttömahdollisuuksia, joista suurin osa karsiutui pois hankalina toteuttaa kyseiseen ympäristöön tai ne eivät täyttäisi investoinnin reunaehjoja. Lopulta päätettiin opinnäytetyössä esitettyyn malliin, jossa automaattitrukki toimii osana AS/RS-automaattia tukevana toimintona sekä suorittaa rutiinisiirtoja vastaanotosta kuormalavavaraston takaosaan.

Opinnäytetyön kannalta haasteellisinta oli suunnitella automaattitrukin istuvuutta muihin varaston prosesseihin nähden johtuen siitä, että varasto oli opinnäytetyön kirjoitushetkellä vielä rakenteilla. Ensimmäisiä varastokalusteita ja automaatin elementtejä alettiin pystyttää tyhjään varastohalliin helmikuussa 2017. Huhti-maaliskuun aikoihin varmistui,

mitä asiakkaita siirtyisi valmistuvaan varastoon, mikä vaikutti varaston layouttiin ja trukki liikenteen reittivaihtoehtoihin.

Opinnäytetyön kirjoittaminen aikana on tullut opittua paljon uutta alaan, hankinta- ja investointiprosesseihin sekä automaattitrukkeihin liittyen. Lopuksi haluan kiittää lopputyön toimeksiantajaa, HUB logisticsia mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta sekä kaikkia niitä avainhenkilöitä, jotka ovat auttaneet ja mahdollistaneet minua tämän työn tekemisessä.

## LÄHTEET

Ahokas, P.; Neuvonen, J.; Tiihonen, J. & Suikki, M. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. Helsinki: EK-SAK tuottavuustyöryhmä.

Aminoff, A.; Kettunen, O. & Hyppönen, R. 2004. Varastotoiminnan benchmarking – yleiset tulokset. Helsinki: VTT Tuotteet ja tuotanto.

A.N.M. Karim.; H.M. Emrul Kays.; A.K.M.N. Amin, & M.H. Hasan. 2014. Improvement of Workflow and Productivity through Application of Maynard Operation Sequence Technique (MOST). International Islamic University Malaysia. Viitattu 2.5.2017 <http://ieomso-ciety.org/ieom2014/pdfs/463.pdf>.

Donald, W. 2003. Logistics - An Introduction to Supply Chain Management. New York: PALGRAVE MACMILLAN.

Fetch Robotics, Inc. 2016a. Autonomous mapping – video. Viitattu 19.4.2017. <http://fetchrobotics.com/resources-overview/>.

Fetch Robotics, Inx. 2016b. AMRs vs AGVs. Viitattu 19.4.2017. <http://fetchrobotics.com/amrs-vs-agvs/>.

Heath, N. 2016. Amazon's robot worker challenge won by AI-powered suction arm. Viitattu 3.5.2017 <http://www.techrepublic.com/article/amazons-robot-worker-challenge-won-by-ai-powered-suction-arm/>.

Hokkanen, S. & Karhunen, J. 2014. Johdatus logistiseen ajatteluun. 7., uudistettu painos. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.

Hokkanen, S. & Virtanen, S. 2012. Varastonhoitajan käsikirja. 1. painos. Kangasniemi: Sho Business Development Oy.

HUB logistics Oy 2016a. HUB logistics lyhyesti. Viitattu 4.12.2016 [www.hub.fi](http://www.hub.fi) > Yritys > HUB logistics lyhyesti.

HUB logistics Oy 2016b. Historia. Viitattu 4.12.2016 [www.hub.fi](http://www.hub.fi) > Yritys > Historia.

HUB logistics Oy 2016c. Vuoden logistiikkayritys 2016. Viitattu 4.12.2016. <http://www.hub.fi/ajankohtaista/hub-uutiset/191-vuoden-logistiikkayritys-2016>.

HUB logistics Oy 2017d. Esittelyvideo Vantaan logistiikkakeskuksen rakentamisesta. Viitattu 16.4.2017. <https://vimeo.com/189925055>.

Hitachi, Ltd. 2015. Lehdistötiedote kaksikätesen robotin prototyypistä. Viitattu 19.4.2017. <http://www.hitachi.us/press/08252015>.

Hitachi High-Technologies Corporation 2016. Humanoid Dual Arm Industriala Robot NEXTAGE. Viitattu 3.5.2017. <https://youtu.be/mz0xYE9O4I4>.

International Federation of Robotics – IFR. 2016. Presentation market overview World Robotics. Viitattu <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-report-2016>.

Inkiläinen, A.; Ritvanen, V.; Santala, J. & von Bell, A. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy.

Jungheinrich AG 2017a. ERC215a. Viitattu 19.4.2017 [www.jungheinrich.fi](http://www.jungheinrich.fi) > Kotisivu > Tuotteet > Automaattiset varastojärjestelmät > Automaattitrukit.



- Jungheinrich AG 2017b. AGV brochure EN. Viitattu 28.4.2017 [ww.jungheinrich.com](http://www.jungheinrich.com) > Automated guided vehicle.
- Jungheinrich AG 2014. Logistics Interface in press. Viitattu 20.4.2017 <http://www.jungheinrich.com/en/logistics-software/logistics-interface/>.
- Kanniainen, T. 2012. Robotit vähentävät varastojen työvoimatarvetta. Taloussanomat 19.9.2013. Viitattu 2.5.2017 <http://www.is.fi/taloussanomat/art-2000001810082.html>.
- Karhunen, J.; Pouri, R. & Santala, J. 2008. Kuljetukset ja varastointi. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy.
- Kille, C. & Schwemmer, M. 2014 Top 100 in European Transport and Logistics Services 2013-2014. Fraunhofer IIS.
- Kolttola, E.; Pösö, J. & Saaranen, P. 2010. Liike-elämän matematiikka. Helsinki: Edita Publishing Oy.
- Logistiikan maailma 2017. Viitattu 2.3.2017. [http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Tulo\\_sis%C3%A4\\_ja\\_l%C3%A4ht%C3%B6logistiikka](http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Tulo_sis%C3%A4_ja_l%C3%A4ht%C3%B6logistiikka).
- Laari, S.; Lorentz, H.; Malmsten, J.; Ojala, L.; Solakivi, T.; Töyli, J. & Viherlehto, N. 2014. Logistiikkaselvitys 2014. Turun kauppakorkeakoulun julkaisuja, sarja Keskustelua ja raportteja. Turku: Suomen yliopistopaino Oy – Juvenes Print.
- Neilimo, U. & Uusi-Rauva, E. 2014. Johdon laskentatoimi. 6.-12. painos. Porvoo: Bookwell Oy.
- PubliCo Oy 2014. Pro Logistiikka 2/2014. Viitattu 2.5.2017. <https://www.joomag.com/magazine/prologistiikka-2-2014/0376038001403519952?short>.
- Rocla Oy 2017a. Automated Guided Vehicles. Viitattu 22.1.2017. <http://www.rocla-agv.com/en/automated-guided-vehicles>.
- Rocla Oy 2017b. Roclan automaattitruckien historiaa. Viitattu 19.4.2017. <http://rocla.com/fi/customer-cases/roclan-automattitruckit-ovat-puurtaneet-taoutta-jo-30-vuoden-ajan>.
- Rocla Oy 2017c. Esite: "Maximizing your logistic performance". Viitattu 19.4.2017. <http://www.rocla-agv.com/> > Downloads.
- Sakki, J. 2009. Tilaus-Toimitusketjun hallinta. 7., uudistettu painos. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Salmivuori, J. 2010. Vaihto-omaisuuden hallinta pk-yrityksessä. Jyväskylä: WS Bookwell Oy.
- Savolainen, J. 2011. Robotit. Viitattu 3.5.2017. <https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/Robotit>.
- Suomen Robotiikkayhdistys 2017. Teollisuuden robottikannan väheneminen on pysähtynyt. Viitattu 3.5.2017. <https://roboyhd.fi/2016/09/30/teollisuuden-robottikannan-vaheneminen-on-pysahdynyt/>.
- Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2015. Koneturvallisuuden standardit. Viitattu 17.4.2017. <https://www.sfs.fi/files/63/Koneturvallisuusesite2015web.pdf>.
- Tapaninen, U. 2013. Merenkulun logistiikka. Tampere: Tampereprint Oy.
- Toyota Material Handling Finland Oy. 2017. Autopilot-esite. Viitattu 20.4.2017. [http://www.toyota-forklifts.fi/sitecollectiondocuments/uudet%20esitteet%202015/esite\\_autopilot\\_2015\\_web.pdf](http://www.toyota-forklifts.fi/sitecollectiondocuments/uudet%20esitteet%202015/esite_autopilot_2015_web.pdf).
- Tekniikka&Talous 2017. Lehto, T. Automaattitrucki ei kolaroi eikä vaadi taukoja – Rocla palkkaa lisää tuotekehittäjiä. Viitattu 19.4.2017. <http://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/automaattitrucki-ei-kolaroi-eika-vaadi-taukoja-rocla-palkkaa-lisaa-tuotekehittajia-6635492>.

TTS Työtehoseura 2017. Työntutkijan valmennusohjelma. Viitattu 2.5.2017. [http://www.tts.fi/images/images/tyontutkijan\\_valmennusohjelma.pdf](http://www.tts.fi/images/images/tyontutkijan_valmennusohjelma.pdf).

Taulukko 2. MOST-ajat manuaalisille siirroille.

<b>MOST-ajat manuaalitruckien siirtymille pisteestä pisteeseen (sekuntia):</b>															
	<b>Mihin</b>														
<b>Mistä</b>	A	B	C	D	E	F	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3
A	-	153	106	-	-	-	109	122	135	148	111	123	136	149	81
B	153	-	47	-	-	-	91	104	121	133	93	106	123	135	39
C	106	47	-	-	-	101	67	80	97	109	68	81	98	111	33
D	-	-	-	-	-	66	14	27	40	53	32	44	57	70	-
E	-	-	-	-	-	104	53	40	27	14	70	57	44	32	-
F	-	-	101	66	104	-	50	63	76	89	32	45	58	71	68
1.1	109	91	67	14	53	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2	122	104	80	27	40	63	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.3	135	121	97	40	27	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.4	148	133	109	53	14	89	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.1	111	93	68	32	70	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.2	123	106	81	44	57	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.3	136	123	98	57	44	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.4	149	135	111	70	32	71	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	81	39	33	-	-	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hyllytys / hyllystä oton aika (sekuntia):								35,6							

Taulukko 3. Automaattitrukin kulkureittien etäisyydet eri pisteiden välillä.

<b>Automaattitrukin etäisyydestaulukko (m)</b>					
	A	B	C	D	E
A	-	212,5	147,5	100	145
B	212,5	-	65	153	198
C	147,5	65	-	88	133
D	100	153	88	-	45
E	145	198	133	45	-

Taulukko 4. Arvioidut siirtomäärät päivän aikana.

<b>Arvioidut siirtomäärät (kpl / 16h)</b>					
	<b>Minne:</b>				
<b>Mistä:</b>	A	B	C	D	E
A	-	40	0	37	37
B	0	-	0	0	0
C	0	-	-	8	8
D	0	20	16	-	0
E	0	20	16	0	-

Taulukko 5. Automaattitrukin arvioidut siirtoajat eri käsittelypisteiden välillä.

<b>Automaattitrukin arvioidut siirtoajat pisteiden välillä per suunta (sekuntia)</b>					
	<b>Minne:</b>				
<b>Mistä:</b>	A	B	C	D	E
A	-	304	211	179	239
B	304	-	98	230	-
C	211	-	-	132	200
D	179	230	132	-	81
E	239	304	200	81	-