

Opinnäytetyö (AMK)

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

2024

Jukka Palmroos

# Sisälogistiikan toimintojen kehittäminen

– Vahterus Oy



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

2024 | 78 sivua

Jukka Palmroos

## Sisälogistiikan toimintojen kehittäminen

- Vahterus Oy

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Vahterus Oy:n sisälogistiikan toiminnoista keräilyä ja sisäisiä siirtoja. Vahterukselle on tuloillaan uusi keskusvarasto ja tuotantohalli, jonka myötä sisälogistiikka uudistuu. Uudistusten seurauksena tuli tarve opinnäytetyölle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli esittää ratkaisuja mainittujen toimintojen kehittämiseksi.

Vahteruksen keräilyn ja sisäisten siirtojen nykytilaa, tulevia muutoksia ja ongelmakohtia selvitettiin haastatteluilla ja henkilökohtaisilla tiedonannoilla. Keräilyn ongelmakohtiksi selvisi tuotteiden etsiminen varastossa sekä informaation kulku. Sisäisten siirtojen osalta suurimmiksi kehityskohteiksi muodostui siirtopyyntöohjelman tehokkuuden sekä käytössä olevan siirtokaluston toimivuuden pohdinta. Työssä käytettiin lähteinä logistiikan kirjallisuutta ja nettiä, joista saatiin kattavasti tarvittavaa tietoa.

Ratkaisuiksi saatiin keräilyn ja sisäisten siirtojen tietotekniikan parantaminen: tieto- ja varastohallintajärjestelmien käyttöönotto, tietojärjestelmän vaatimien tietokantojen luominen ja sisälogistiikan ottaminen osaksi uutta toiminnanohjausjärjestelmää. Keräilyn kehittämISRatkaisuiksi saatiin varastopaikkajärjestelmän luominen, tuotteiden sijoittaminen varastopaikoille XYZ-analyysin mukaan, keräilyn tapahtuminen mobiilipäätteellä, automaattisen tiedonkeruun käyttöönotto perustuen viivakooditekniikkaan ja erilaisten keräilymittarien käyttöönotto. Sisäisten siirtojen kehittämisen ratkaisuksi saatiin paranneltu siirtopyyntöohjelma ja oma versio esituotannollisille siirroille,

siirtelykaluston eri vaihtoehtojen vertailu, siirtelijöiden työajan optimointi sekä siirtelyreittien parantaminen.

Toimeksiantaja oli tyytyväinen opinnäytetyöhön. Kehitysratkaisuja pidettiin hyvinä ja mahdollisina ottaa käyttöön tulevaisuudessa. Saatuja kehitysratkaisuja voidaan hyödyntää myös muissa sisälogistiikan kehittämistä pohtivissa yrityksissä, joissa keräily tapahtuu tuotannon tarpeisiin.

Asiasanat:

sisälogistiikka, keräily, sisäiset siirrot, kehittäminen

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Automotive and Transportation Engineering

2024 | 78 pages

Jukka Palmroos

## Improving the functions of internal logistics

- Vahterus Oy

The objective of this thesis was to improve picking and internal transfers of Vahterus Oy. Vahterus will have a brand-new central warehouse in the future and whole internal logistics are going to be reformed because of it. The thesis became needed along with the reforms. Purpose of the thesis was to offer solutions to improve picking and internal transfers.

The present state, future and problematics of picking and internal transfers were sorted out with interviews and personal conversations. Main problems at the picking were finding the products in the warehouse and inadequate information flow. Targets for improvement in the internal transfers were efficiency of the transfer request program and analyzing the used transfer equipment. Logistics literature and internet was used as sources.

The result was to improve the information technology of the picking and internal transfers, i.e. the introduction of information and inventory management systems, creating a database and taking the internal logistics part of the ERP (enterprise resource planning). Solution for the picking was to create warehouse site system, sort the products to the warehouse sites by XYZ-analyze, do the picking by mobile terminal, introduce the barcode scanning and the different picking meters. Solution for the internal transfers was to improve transfer request program, which also includes own version for the pre-production transfers, give different options and comparison for transfer equipment, optimize the working time of the transporters, and improve the transfer routes.

The client was satisfied with the thesis. The improvement solutions were considered good and usable. Improvement solutions can be utilized also in other companies, whose picking is based on production.

Keywords:

internal logistics, picking, internal transfers, improving

# Sisältö

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>10</b>
<b>2 TUTKIMUSONGELMAT JA -STRATEGIA</b>	<b>11</b>
<b>3 VAHTERUS OY</b>	<b>13</b>
3.1 Yritysesittely	13
3.2 Sisälogistiikan nykytila	14
3.2.1 Keräily	15
3.2.2 Sisäiset siirrot	19
3.2.3 Tulevaisuuden muutokset	20
<b>4 SISÄLOGISTIIKKA</b>	<b>22</b>
4.1 Sisälogistiikka käsitteenä	22
4.2 Sisälogistiikan kustannusrakenne	22
<b>5 KERÄILY</b>	<b>24</b>
5.1 Keräilytavat	25
5.1.1 Paperinen keräilylista	25
5.1.2 Tarrakeräily	26
5.1.3 Puheohjattu keräily	27
5.1.4 Viivakoodin skannaus	28
5.2 Tuotteiden sijoittelu	30
5.2.1 ABC-analyysi	31
5.2.2 XYZ-analyysi	32
5.2.3 Muut luokitteluperusteet	33
5.3 Varastopaikkajärjestelmä	34
5.4 Keräilyreitit	35
5.5 Keräilyn eri mittarit	38
5.5.1 Materiaalivirran mittarit	39
5.5.2 Kustannustehokkuuden mittarit	40
5.5.3 Työntehokkuuden mittarit	41
5.5.4 Tilankäytöntehokkuuden mittarit	42

5.5.5	Palvelutason ja laadun mittarit	42
<b>6</b>	<b>SISÄISET SIIRROT</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>MATERIAALINKÄSITTELY</b>	<b>46</b>
7.1	Mekaaninen materiaalinkäsittely	47
7.1.1	Trukit	48
7.1.2	Muut mekaanisen materiaalinkäsittelyn koneet ja laitteet	54
7.2	Automaattinen ja puoliautomaattinen materiaalinkäsittely	56
7.2.1	Automatisoidut korkeavarastot	56
7.2.2	Automaatti- ja etäohjatut trukit	57
7.2.3	Robottiikka	60
7.2.4	Paternosterit ja hissiautomaatit	61
7.2.5	Automaattilajittelu	62
<b>8</b>	<b>VARASTON TIETO- JA HALLINTAJÄRJESTELMÄT</b>	<b>63</b>
8.1	Automaattiset tunnistamistekniikat	64
8.1.1	Viivakoodit	65
8.1.2	Saattomuisti / RFID-tunniste	67
8.1.3	Konenäkö	70
8.1.4	Puheentunnistus	71
8.1.5	Muut automaattiset tunnistamismenetelmät	72
<b>9</b>	<b>HAASTATTELUTUTKIMUS</b>	<b>74</b>
9.1	Ensimmäinen haastattelu (keräily)	74
9.2	Toinen haastattelu (keräily)	75
9.3	Haastattelu sisäiset siirrot	75
<b>10</b>	<b>KEHITYSRATKAISUT</b>	<b>76</b>
10.1	Keräily	76
10.2	Sisäiset siirrot	83
<b>11</b>	<b>YHTEENVETO</b>	<b>86</b>
	<b>Lähteet</b>	<b>88</b>

## Kuvat

Kuva 1. Vahteruksen lämmönsiirtimiä (Vahterus Oy 2023b).	13
Kuva 2. Vahteruksen työkortti.	15
Kuva 3. Osaluetteloiden lokerikko.	17
Kuva 4. Loppuhitsaukseen kerättyjä osia valmiina hyllyssä.	18
Kuva 5. Vahteruksen siirtopyyntöohjelma.	20
Kuva 6. Tavaravirran eri virtausratkaisut (Karhunen ym. 2008, 377). (muokattu)	37
Kuva 7. Varastotoiminnan mittausalueet (Aminoff ym. 2004, 15).	38
Kuva 8. Työntehtokkuuden mittarit (Aminoff ym. 2004, 18).	41
Kuva 9. Tilankäytöntehtokkuuden mittarit (Aminoff ym. 2004, 18).	42
Kuva 10. Palvelutason ja laadun mittarit (Aminoff ym. 2004, 19).	43
Kuva 11. Toyota Traigo (Toyota Material Handling Finland Oy 2022i).	50
Kuva 12. Toyota BT Optio (Toyota Material Handling Finland Oy 2022a).	51
Kuva 13. Toyota BT Staxio (Toyota Material Handling Finland Oy 2022c).	53
Kuva 14. Toyota BT Reflex (Toyota Material Handling Finland Oy 2022b).	54
Kuva 15. Mitsubishiin automaattiohjattu trukki (Mitsubishi Logisnext Europe B.V. 2024).	59
Kuva 16. Kaukosäädin keräilytukin etäohjaukseen (Toyota Material Handling Finland Oy 2022h).	59
Kuva 17. Agilon varastoautomaatti (Konecranes 2024b).	62
Kuva 18. Eri viivakoodityyppejä (Bonnier Pro 2024).	66
Kuva 19. RFID-järjestelmän toiminta (Shaikh 2022).	68
Kuva 20. Edellytykset varastotoiminnan kehittymiselle (Hokkanen ja Virtanen 2016, 98). (muokattu)	80
Kuva 21. Paranneltu siirtopyyntöohjelma.	84
Kuva 22. Siirtopyyntöohjelma esituotannollisille siirroille.	85

## Taulukot

Taulukko 1. Sisälogistiikan kustannusten jaottelu. (muokattu)	23
---	----



Taulukko 2. Tuotteiden luokittelu ABC-analyysissä. (muokattu)	31
Taulukko 3. Tuotteiden luokittelu XYZ-analyysissä. (muokattu)	32
Taulukko 4. Varaston osoitteiston muodostuminen (Hokkanen & Virtanen 2016, 97). (muokattu)	34
Taulukko 5. Materiaalivirran mittarit. (muokattu)	40
Taulukko 6. Kustannustehokkuuden mittarit. (muokattu)	41

# 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö suoritetaan toimeksiantona lämmönsiirtimiä valmistavalle Vahterus Oy:lle. Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää Vahterus Oy:n keräilyprosessia ja sisäisiä siirtoja sekä parantaa niiden toimivuutta ja tehokkuutta. Opinnäytetyö tarjoaa Vahterukselle näkemyksiä ja kehitysehdotuksia keräilyyn ja sisäisiin siirtoihin, jotta ne vastaisivat sisälogistiikan nykyisiä vaatimuksia ja auttaisi tehostamaan uuden tuotantohallin ja keskusvaraston toimintaa. Osa keräilyn ja sisäisten siirtojen tulevaisuuden näkymistä sekä kehitysratkaisuista on salattu.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia erilaisia vaihtoehtoja keräilyprosessin ja sisäisten siirtojen optimointiin sekä tarjota erilaisia ratkaisuja ja vertailla niitä. Työssä käydään läpi keräilyyn ja sisäisiin siirtoihin vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi työssä on otettu huomioon nykyajan automaattinen tiedonkeruu ja sen vaikutus sisälogistiikkaan. Materiaalinkäsittely on myös isossa osassa sisälogistiikassa ja työssä käydään läpi sen suhteen erilaisia vaihtoehtoja.

Opinnäytetyön empiirinen osuus toteutetaan kvalitatiivisena tutkimuksena ja työn tutkimusstrategiana on tapaustutkimus. Haastatteluiden ja havainnoinnin avulla selvitetään Vahteruksen keräilyn ja sisäisten siirtojen nykytilaa sekä selvitetään uuden keskusvaraston ja tuotantotilan tunnuslukuja ja toimintamenetelmiä. Teoriaosuus kerätään logistiikan alan kirjallisuutta, nettiaartikkeleita ja -julkaisuja apuna käyttäen. Kehitysehdotuksissa yhdistetään teoriaosuus sekä empiirinen osuus ja kootaan näistä toimivia ratkaisuja Vahteruksen sisälogistiikkaan.

Opinnäytetyö on ajankohtainen, sillä Vahteruksen sisälogistiikka on uudistumassa lähitulevaisuudessa. Vahteruksen Valintien toimipisteelle rakennetaan uutta tuotantotilaa sekä keskusvarasto. Tämä mullistaa koko sisälogistiikan Vahteruksella, minkä takia Vahterus halusi ulkopuolisen näkemyksen, miten heidän uudistuvan sisälogistiikan tulisi muodostua. Sisälogistiikan tehokkuus on suuressa osassa yritysten toiminnassa ja sen optimointi voi tuoda merkittäviä säästöjä.

## 2 TUTKIMUSONGELMAT JA -STRATEGIA

Keräilyprosessin ja sisäisten siirtojen tehostamisella on vaikutus koko Vahteruksen tuotantoprosessiin. Keräilijöiden ja siirtelijöiden työtä on tarkoitus helpottaa ja nopeuttaa sekä selvittää nykyisiä ongelmakohtia. Opinnäytetyön empiirinen osuus on suuressa roolissa, kun selvitetään Vahteruksen sisälogistiikan nykytilaa. Empiirinen osuus suoritetaan kvalitatiivisena tutkimuksena ja tutkimusstrategiana on tapaustutkimus.

Kvalitatiivinen tutkimus tarkoittaa laadullista tutkimusta. Kvalitatiivisen tutkimuksen ominaisia piirteitä ovat mm. aineiston kokoaminen todellisista tilanteista, tapauksien käsittelyn ja aineiston tulkinnan tapauskohtaisuus, kohdejoukon valinta sen käyttökelpoisuuden mukaan ja aineiston hankinnassa käytetään laadullisia menetelmiä. Ymmärrys tekstin tai toiminnan merkityksestä kuuluu kvalitatiivisen tutkimuksen kiinnostuksen kohteisiin. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara, 2007, 160–161.)

Tapaustutkimus keskittyy joko yksittäiseen tapaukseen tai pieneen joukkoon tapauksia, jotka ovat yhteydessä toisiinsa. Tapaustutkimus sisältää perusteellista tietoa tutkittavasta tapauksesta. Kiinnostuksen kohteena tapaustutkimuksissa on monesti prosessit, jolloin tutkittaessa tapaus on yhteydessä ympäristöönsä ja kyseessä on ns. luonnollinen tilanne. Valittu yksittäistapaus on siis osa prosessia ja tarvittavan aineiston keruuseen käytetään monia eri menetelmiä kuten havainnointia, haastatteluja ja dokumentteja. (Hirsjärvi ym. 2007, 130–131.)

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa on mahdollista, että tutkimusongelma voi muuttua tutkimuksen aikana ja siihen kannattaakin varautua. Termiä ”ongelma” ei välttämättä haluta käyttää ollenkaan, vaan sen tilalla käytetään enemmän termiä tutkimustehtävä. Mikäli kvalitatiivisen tutkimuksen tekijä ei spesifioi kysymyksenasettelua, on mahdollista tehdä käänteinen virhe, jolloin tutkimus ei täytä vaatimuksiaan vaan jää aineiston luokittelun tasolle. Tutkimusongelmat voidaan jakaa pääongelmiin sekä osa-/alaongelmiin. (Hirsjärvi ym. 2007, 122.)

Tämän opinnäytetyön tutkimusongelmia ovat:

**Pääongelma:** Miten kehittää Vahteruksen keräilyprosessia sekä sisäisiä siirtoja ottaen huomioon tulevaisuuden muutokset?

**Osaongelmat:** Mitä ongelmia/puutekohtia on nykyään Vahteruksen keräilyprosessissa sekä sisäisissä siirroissa, jotka vaikuttavat myös tulevaisuuden muutoksiin? Mitä täytyy ottaa huomioon tehostettaessa keräilyä ja sisäisiä siirtoja?

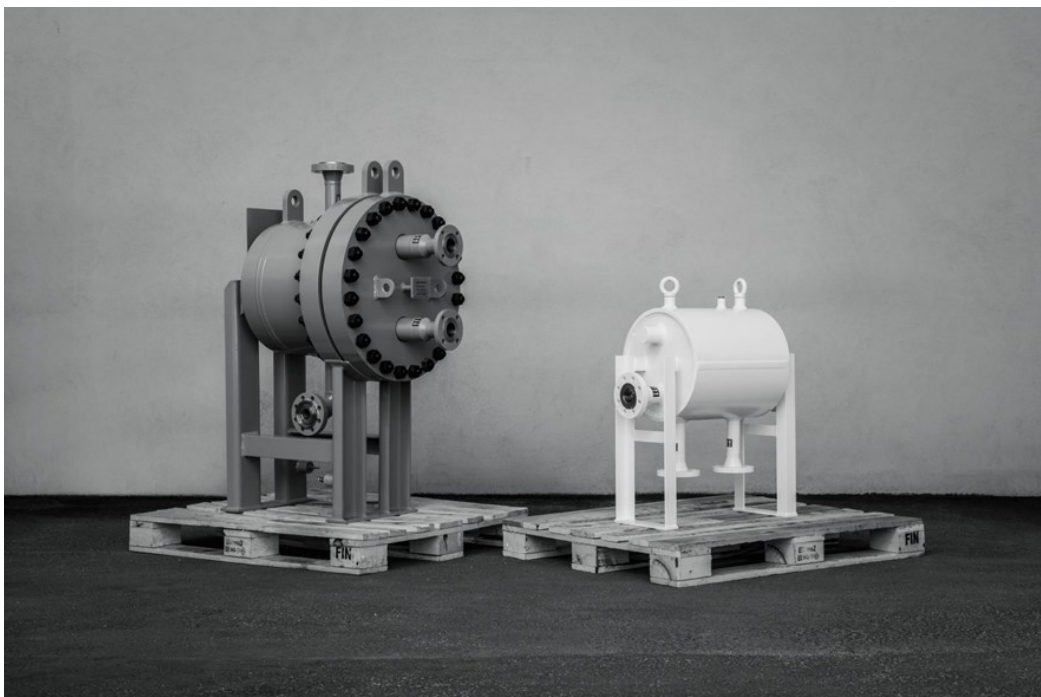
Näitä tutkimusongelmia lähdetään selvittämään keräämällä aineistoa. Aineiston keruussa menetelminä käytetään havainnointia, haastatteluja, logistiikan alan kirjallisuutta, nettiartikkeleita sekä -julkaisuja. Opinnäytetyön teoriaosuuden aineisto kerätään käyttämällä edellä mainituista menetelmistä logistiikan alan kirjallisuudetta, nettiartikkeleita ja -julkaisuja. Vahteruksen sisälogistiikan nykytilaa ja tulevaisuuden näkymiä selvitetään haastattelemalla työntekijöitä sekä havainnoimalla keräilyprosessia sekä sisäisiä siirtoja.

## 3 VAHTERUS OY

### 3.1 Yritysesittely

Vahterus Oy on Kalannissa sijaitseva suomalainen perheyritys. Vahterus valmistaa hitsattuja levylämmönsiirtimiä. Vahteruksen lämmönsiirtimistä alansa huippuja tekevät niiden ominaisuudet; koko, energiatehokkuus, kestävyys, ylläpito sekä asiakaskohtaisuus. (Vahterus Oy 2023c.)

Vahteruksen hitsatut levylämmönsiirtimet ovat pienikokoisia ja kevyitä, joten niitä on helppo kuljettaa ja asentaa. Levyjen välissä vaikuttava voimakas pyörteinen virtaus sekä todella matalat lämpötilaerot kylmän ja kuuman puolen välissä tekevät Vahteruksen lämmönsiirtimistä erittäin energiatehokkaita. Vahteruksen lämmönsiirtimet suunnitellaan asiakaskohtaisesti, ottaen huomioon kaikki asiakkaan tarpeet ja toiveet. Täten lämpötekniset mitoitukset ovat todella tarkkoja, minkä ansiosta kustannukset pienenevät ja lämmönsiirrinten hyötysuhde maksimoituu. Kuvassa 1 on kaksi erilaista Vahteruksen lämmönsiirrintä (Vahterus Oy 2023b.)



Kuva 1. Vahteruksen lämmönsiirtimiä (Vahterus Oy 2023b).

Vahteruksen toimialoja ovat prosessi ja kemia, energia ja kylmäteknikka. Näiden toimialojen parissa käytetään Vahteruksen levylämmönsiirtimiä jopa yli 50 eri maassa ympäri maailman, minkä takia Vahterusta voidaan kutsua alansa markkinajohtajaksi. Vahterus on tämän lisäksi edelläkävijä ja kehittäjä hitsatun levylämmönsiirrinteknologian alalla. (Vahterus Oy 2023a.)

Täysin hitsatun rakenteen ansiosta Vahteruksen lämmönsiirtimet kestävät kovaa kuormitusta ja ne toimivat myös haasteellisissa olosuhteissa, joten korkeat paineet eikä suuret vaihtelut lämpötilassa tai tehossa tuota ongelmia niiden toiminnalle. Kuormitus levypakassa jakautuu tasaisesti pyöreiden levyjen ansiosta. Lämmönsiirrinten ylläpito on helppoa, koska hitsatun rakenteen ansiosta lämmönsiirtimissä ei ole tiivisteitä, jotka voisivat mennä rikki ja aiheuttaa vuotoa. (Vahterus Oy 2023b.)

Vahteruksen toiminta Suomessa painottuu Varsinais-Suomeen. Pääkonttori sijaitsee Kalannissa ja sivukonttori Raisiossa. Pääkonttorin lisäksi myös lämmönsiirrinten valmistus tapahtuu Kalannissa. Vahterus on kansainvälistynyt ja toiminta on laajentunut Yhdysvaltoihin, Iso-Britanniaan, Saksaan sekä Kiinaan, joissa Vahteruksella on tytäryhtiöt. (Vahterus Oy 2023c.)

Vuonna 2022 Vahterus työllisti 354 henkilöä. Vahteruksen liikevaihto oli 66,4 miljoonaa euroa ja liikevoitto 5,2 miljoonaa euroa. Prosentuaalista muutosta liikevaihdossa oli +29,5 % ja liikevoitossa +7,8 %. (Asiakastieto 2023.)

### 3.2 Sisälogistiikan nykytila

Tässä luvussa käydään läpi Vahteruksen sisälogistiikan nykytilaa sekä tulevaisuuden muutoksia keräilyn ja sisäisten siirtojen suhteen. Vahteruksen toiminta on laajentunut Kalannissa ja nykyään siellä on tuotannolla useita eri toimipisteitä. Tässä työssä keskitytään Vahteruksen Valintiellä sijaitsevan toimipisteen keräilyyn ja sisäisiin siirtoihin. Valintiellä tapahtuu lämmönsiirtimen kuoren valmistus sekä lämmönsiirtimen kokoonpano, loppuhitsaus, koeponnistus, kuivaus, puhallus ja maalaus. Lisäksi Valintie on oleellinen osa

Vahteruksen sisälogistiikkaa, koska siellä sijaitsee tavaran vastaanotto sekä lähettämö, josta siirtimet lähtevät kuljetukseen asiakkaille.

### 3.2.1 Keräily


Vahteruksella keräilijät keräävät osia ja tarvikkeita tuotantoprosessin tilan sekä tuotannon työntekijöiden tarpeen mukaan. Keräilijät tarvitsevat työssään ymmärrystä lämmönsiirtimestä ja sen tuotantoprosessista. Vahteruksella on tällä hetkellä viisi eri keräilyaluetta. Keräilyalueilla on omat keräilijänsä ja keräilyalueet on nimetty sen kohdan mukaan, missä ne ovat lämmönsiirtimeen valmistusprosessissa.

### Koneistamo

Koneistamo on tuotantoprosessin ensimmäinen keräilyalue. Koneistamoon menevät tuotteet kerätään aina etukäteen. Kerääjä valitsee työkortin, josta näkee keräilyyn tarvittavat tiedot. (Henkilökohtainen tiedonanto 8.12.2023.) Kuvassa 2 on tällä hetkellä Vahteruksella käytössä oleva työkortti.

**VAHTERUS** XXX

**TYÖKORTTI**  
Tulostuspäivä 7.12.2023

Tuotekoodi Tuote Materiaali Koko NDE/NDT määrittely:	Määrä Työlle
Työnro/Rivinro Työkortin nro	
Työvaihe Käytetty aihio	Tarvepvm: <u>PE 22.11.</u>

Valmistuspäivä	Valmistettu määrä	Sulatusnumero	Käytetty aika (h)

Kuva 2. Vahteruksen työkortti.

Suurin osa kerättävistä tuotteista on koneistamattomia siirrinpäätyjä eli aihioita, joita menee jokaiseen siirtimeen 2 kpl. Aihiot sekä muut koneistukseen menevät osat kerätään pääosin niille tarkoitettuun varastohyllystä, jossa kyseiset tuotteet on eroteltu värikoodeilla. Tarvittavat osat etsitään siirrinnumeron perusteella ja keräyksen jälkeen kerääjä kuittaa materiaalivähennykset. Keräilyssä käytetään pääsääntöisesti työntömastotrukkia. (Henkilökohtainen tiedonanto 8.12.2023.)

### **Vaippapuoli**

Vaippa tarkoittaa Vahteruksen lämmönsiirtimissä levypankan ympärille tulevaa kuorta. Vaippapuolen keräilyssä kerätään tarvittavat osat mitkä kiinnitetään vaippaan ennen sen siirtymistä eteenpäin valmistusprosessissa. Vaippapuolen keräilyssä on tärkeää seurata missä kohtaa vaipan valmistus on ennen kuin aloittaa keräily (Henkilökohtainen tiedonanto 8.12.2023).

Ennen keräilyä alkua siirrinlevystä poltetaan oikean kokoinen levy, jonka jälkeen levy mankeloidaan lieriön muotoiseksi. Seuraavaksi vaippaan hitsataan pituussauma ja rei'itetään, jonka jälkeen keräily alkaa. Keräilijän on hallittava konepiirustuksien lukeminen, sillä niistä katsotaan hitsauksessa tarvittavat osat. Osanumeroiden avulla löytyy oikea tuote osaluettelosta. Vaippapuolen keräilyssä yleisimpiä kerättäviä tuotteita ovat erilaiset vaippaan kiinnitettävät putket sekä kauluslaipat. Kun tarvittavat tuotteet on kerätty, niin keräilijä tekee materiaalivähennykset ja merkitsee osaluetteloon sulatusnumerot. Tämän jälkeen keräily on valmis ja kerätyt tuotteet viedään hyllyyn, josta hitsaaja hakee ne. (Henkilökohtainen tiedonanto 8.12.2023.)

### **Kokoonpano**

Koneistamalla tulevat ja lähtevät aihiot ovat eriteltynä hyllyssä. Isomman koon lämmönsiirtimien aihioissa on oranssi lappu helpottamassa oikean aihion löytymistä. Koneistukseen tulevat aihiot viedään hyllyyn ja hyllypaikkaan merkitään selkeästi siirrinnumero, tuki- ja siirrinpääty. Seuraavaksi varasto-ohjelmasta etsitään siirrinnumeron perusteella oikea lämmönsiirrin ja otetaan työkortit erikseen jokaiselle koneistamattomalle osalle. Sitten katsotaan tarvepäivä ja kuitataan kerätyksi. Tällöin osat ovat valmiita koneistettaviksi.



Kokoonpanon keräilijä hoitaa aihiot koneistukseen. Koneistuksen jälkeen valmiit aihiot menevät hyllyyn lähtevien puolelle ja ovat valmiita kokoonpanoon.

(Henkilökohtainen tiedonanto 8.12.2023.)

Kokoonpanon keräilijän vastuulla on hoitaa koneistamolta tulleet siirrinpäädyt tarkastukseen, jonka suorittaa ulkopuolinen toimija Vahteruksen tiloissa. Kun tarkistus on suoritettu niin keräilijä laittaa siirrinpäädyt ja muut osat odottamaan varastohyllyyn niiden keräilypäivää. (Henkilökohtainen tiedonanto 8.12.2023.)

Kokoonpanossa yhdistetään vaippa, levypakka ja koneistetut siirrinpäädyt.

Kokoonpanoon tarvittavat osat kerätään koontipäivää edeltävänä päivänä. Kun osat on kerätty niin keräilijä vie osat kerättyjen osien hyllyyn, josta kokoonpanon työntekijät hakevat ne. Tämän jälkeen keräilijä tekee tarvittavat merkinnät osaluetteloon ja suorittaa materiaalivähennykset. Viimeisenä osaluettelo viedään kuvassa 3 näkyvään lokerikkoon. Kokoonpanon keräilyssä on seuranta, mistä näkee keräyksen tilan ja syyn, mikäli keräys on kesken.

(Henkilökohtainen tiedonanto 8.12.2023.)



Kuva 3. Osaluetteloiden lokerikko.

## Loppuhitsaus

Loppuhitsauksessa lämmönsiirrin hitsataan siihen kuntoon, että se on valmiina koeponnistukseen. Kokoonpanosta tulleeseen lämmönsiirtimeen hitsataan siirrinpäädyt kiinni jauhekaarella, jonka jälkeen hitsaaja nostaa lämmönsiirtimeen jäähtymään hitsauspisteen viereiselle alueelle papereineen. Sen jälkeen loppuhitsauksen keräily alkaa. Keräilijä vertaa piirustuksissa olevaa kuvaa sekä lämmönsiirintä ja niiden täsmätessä ottaa osaluettelon ja aloittaa keräilyn.

Agilon varastoautomaatti on keskeisellä paikalla loppuhitsauksessa ja sieltä tulee aina jotain kerättävää. Keräilijä syöttää tuotekoodin ja tuote tulee keräilypisteelle, josta se on helppo kerätä. Keräily tapahtuu laatikoihin, jotka ovat keräilykärryssä. Tämän jälkeen keräilijä kerää loput tarvittavat osat muualta hyllyistä keräilykärryllä. Lopuksi kaikki kerätyt osat laitetaan samaan laatikkoon ja laatikko viedään odottamaan kuvassa 4 näkyvään hyllyyn, josta loppuhitsauksen suorittava hitsaaja hakee laatikon siinä olevan siirrinnumeron perusteella. (Henkilökohtainen tiedonanto 8.12.2023.)



Kuva 4. Loppuhitsaukseen kerättyjä osia valmiina hyllyssä.

## Varaosakeräily

Varaosakeräily on suhteellisen tuore keräilyalue, sillä se oli aikaisemmin lähettämön vastuulla. Varaosakeräilyssä kerätään lämmönsiirtimen mukana asiakkaalle menevät varaosat. Varaosakeräily suoritetaan lämmönsiirtimen pakkausvaiheessa. (Henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2024.)

### 3.2.2 Sisäiset siirrot

Vahteruksella on omalla kalustolla tehtäviä kuljetuksia Kalannin toimipisteiden välillä, mutta kuten luvussa kuusi (6) käydään läpi niin sisäisissä siirroissa kuljetus/siirto tapahtuu kokonaan yrityksen omalla alueella. Toimipisteiden välillä tapahtuvissa kuljetuksissa on pakko käyttää julkista tietä, joten niitä ei lasketa sisäisiksi siirroiksi. Valintien tuotantolaitoksessa työskentelee kaksi siirtelijää per vuoro. Mikäli siirroissa on ruuhkaa niin koeponnistuspaikalta tulee työntekijä auttamaan siirtojen kanssa. (Henkilökohtainen tiedonanto 7.2.2024.)

Siirtelijät hoitavat pääosin kaikki hitsausalueella tapahtuvat siirrot, mutta jos siirrintä tarvitsee esimerkiksi siirtää hitsauksen yhteydessä eri asentoon, niin sen suorittaa työvaiheen tekijä itse. Joitain suuremman kokoluokan siirtimiä siirtelijät kuljettavat maalauksen ja lähettämön alueella. Siirtimen valmistuksen loppupäässä (koeponnistus, puhallus, maalaus & lähettämö) koeponnistuksen ja lähettämön työntekijät hoitavat siirrot. Hyllytyksen osalta sisäisen siirtelyn suorittavat vastaanoton työntekijät. Keräilijät tuuraavat vastaanottoa, mikäli hyllytyksen aikana vastaanotolla on kiire muiden työtehtävien kanssa. (Henkilökohtainen tiedonanto 7.2.2024.)

Vahteruksella on käytössä siirtopyyntöohjelma, jonka avulla siirtelijät tekevät pyydyt siirrot ja siirtoa pyytänyt taho voi seurata siirron tilaa. Siirtelijät hoitavat ohjelmaan tulleet siirtopyynnöt tulojärjestyksessä. Poikkeustapauksissa todella kiireiset siirrot pääsevät jonon ohi. Tiimivetäjät tai työnjohtajat ovat vastuussa siirtopyyntöjen teosta, mutta Vahteruksella on tavoitteena saada myös hitsaajille mahdollisuus tehdä siirtopyyntöjä. (Henkilökohtainen tiedonanto 7.2.2024.) Kuvassa 5 on näkymä Vahteruksen siirtopyyntöohjelmasta.

Siirtopyynnöt				
0 avointa				
		Hae	UUSI SIIRTOPYYNTÖ	Näytä suljetut
Numero	Sulkemisaika	Pyyntö	Esittäjä	Tila
#1668	29.2.2024 12.39	70458 Vaippapuolelta lähettämöön	Vuorovastaava vaippahitsaus	Suljettu
#1669	29.2.2024 12.49	Lähettämöön 71115. Kirkkaan puolen ponnistuspaikalla.	Tiiminvetäjä PuMaKu & Lähettäm	Suljettu

Kuva 5. Vahteruksen siirtopyyntöohjelma.

Siirtelijät seuraavat siirtopyyntöohjelmaa uusien siirtojen varalta. Siirtopyyntöjä voi tulla monia samanaikaisesti ja välillä on taas rauhallisempaa. Mikäli siirtoja ei ole jonossa niin siirtelijä menee muihin työtehtäviin auttamaan siksi aikaa, että uusia siirtopyyntöjä tulee. Siirto voi kestää viidestä minuutista yhteen tuntiin ja siirron keston vaikuttaa siirtimen fyysiset ominaisuudet (koko ja muoto) sekä siirtomatkan pituus. Siirtelijät käyttävät siirroissa vastapaino- ja työntömastotrukkeja sekä hallissa olevia nostureita. (Henkilökohtainen tiedonanto 7.2.2024.)

### 3.2.3 Tulevaisuuden muutokset

Keskusvaraston suunnittelu ja toimintatavat ovat vielä työvaiheessa, joten opinnäytetyöllä on hyvä mahdollisuus vaikuttaa tuleviin ratkaisuihin ja tarjota erilaista näkökulmaa asioihin. Palavereja on kuitenkin pidetty jo ja kokonaisuus keskusvaraston suhteen alkaa muodostua. Keskusvaraston ja uuden tuotantohallin väliin tulee katto, että myös talvisin on mahdollista kuljettaa materiaaleja vaivattomasti.

Uuden keskusvaraston myötä siellä tapahtuu kaikki keräily. Keräilijät keräävät lämmönsiirtimen valmistuksessa tarvittavat materiaalit ja vievät ne tuotantoon. Kirkkaat ja mustat materiaalit kulkevat samasta ovesta sisään uuteen tuotantohalliin. Tuotantoon tulee sisäänkäynnin läheisyyteen hyllykkö, johon keräilijät jättävät kerätyt tuotteet ja josta ne jatkavat matkaansa omien osastojensa työpisteille. Keräily tulee muuttumaan paljon jo siinä suhteessa, että kerättävät ovat samassa hallissa. Tämän hetken tietojen mukaan keräilyalueet tulevat säilymään ennallaan. Keräilijät kuitenkin koulutetaan

tulevaisuudessa siten, että jokainen kykenee keräämään miltä tahansa keräilyalueelta.

Lay-outissa vastaanotto sijaitsee kahdessa osassa, jossa toisessa vastaanotetaan pientavara ja toisessa lavat, pitkät ja raskaat tavarat. Niiden välissä on jäte- ja kierrätyspiste sekä hyllyköt, joihin voi laittaa vastaanottamattomat tuotteet odottamaan vastaanottoa. Pääosin kaikki tuotteet mitkä menevät koneistukseen ovat aihioita. Isoimmille asiakkaille on varattuna x-määrä aihioita ja niitä sitten menee tilausten mukaan kaksi kappaletta per lämmönsiirrin. Lisäksi varastoituna on myös yleisimpien materiaalien aihioita. Lähes kaikki ahiot menevät koneistukseen. (Henkilökohtainen tiedonanto 24.5.2024.)

Vasemmalla reunassa on erikoishylly painaville tuotteille, joihin varastoidaan painavia siirrinpäätyjä suurikokoisimmille lämmönsiirtimille. Lisäksi siihen voidaan varastoida lämmönsiirtimen vaipan valmistuksessa käytettäviä levykeloja. Niin ikään vasemmalla on pitkien tuotteiden säilytykseen varattu pitkä hylly, johon varastoidaan mm. lämmönsiirtimissä käytettäviä tiivisteitä, jotka on pakattu pitkulaisiin laatikoihin. (Henkilökohtainen tiedonanto 24.5.2024.)

Erikoishyllyn vieressä on pari hyllyä, jotka on tarkoitettu keräilijöille. Keräilijät voivat siihen säilöä mm. keskeneräisiä keräyksiä. Keräilyhyllyjen ja pientavaran vastaanoton välissä on Kardex-varastoautomaatti. Sieltä tapahtuu keräilyä säännöllisesti. Varastohyllyistä on tarkoitus tehdä korkeita ja mahdollisesti 4 tai 5 tasoisia. (Henkilökohtainen tiedonanto 24.5.2024.)

Sisäisten siirtojen suhteen muutokset eivät ole niin merkittäviä kuin keräilyssä. Uutena asiana tulee uuden tuotantohallin sisäänkäynnin hyllykkö. Lisäksi siirtomatkojen etäisyydet kasvavat uuden tuotantohallin myötä ja muutoksia tulee myös materiaalivirtoihin. (Henkilökohtainen tiedonanto 24.5.2024.)

## 4 SISÄLOGISTIikka

### 4.1 Sisälogistiikka käsitteenä

Sisälogistiikka termiä käytetään kuvaamaan kokonaisuutta, mikä kattaa toiminnan ja ylläpidon logistiikkakeskuksissa, terminaaleissa ja varastoissa. Sisälogistiikan kuvaama kokonaisuus koostuu kolmesta eri osasta; suunnittelusta, rakenteista sekä operatiivisesta toiminnasta. Kaikki varaston rajojen sisäpuolella tapahtuva toiminta kuuluu sisälogistiikkaan. Sisälogistiikan katsotaan alkaneeksi siitä hetkestä, kun kuljetusyksikkö eli kontti tai rekka saapuu varastolle ja kuormaa aletaan purkaa. Sisälogistiikka päättyy, kun kuorma on saatu lastattua kuljetusyksikköön eikä kuormaa enää käsitellä. Sisälogistiikka ei sulje pois ulkovarastointia, vaan ulkovarastointi tavaran käsittelyineen voi kuulua myös sisälogistiikkaan. (Bonnier Pro 2023.)

Sisälogistiikkaan kuuluu erilaisia fyysisiä toimintoja. Fyysisiä toimintoja ovat tavaran vastaanotto (sisältäen tavaran tarkastuksen), hyllytys, sisäiset siirrot, keräily, pakkaus ja merkintä sekä lähetys. Fyysisiä toimintoja ohjaa informaatiovirrat eli tilaus itsessään sekä varaston johto. Tilaus aloittaa sisälogistiikan prosessin ja varaston johdon tehtävänä on varmistaa informaation liikkuvuus ja prosessin toteutuminen. (Bonnier Pro 2023.)

### 4.2 Sisälogistiikan kustannusrakenne

Liikenne- ja viestintäministeriö sekä Turun yliopiston kauppakorkeakoulu ovat yhdessä toteuttaneet Logistiikkaselvityksen. Logistiikkaselvityksessä käsitellään logistiikan nykytilaa ja tulevaisuuden näkymiä Suomen näkökulmasta. Logistiikkaselvityksen mukaan Suomessa teollisuuden ja kaupan alalla toimivien yritysten logistiikkakustannukset olivat vuonna 2019 39,3 miljardia euroa ml. ulkomaiset toiminnot. Logistiikkakustannusten osuus yritysten liikevaihdosta oli 13,5 %. Kun tarkastellaan logistiikkakustannuksia vain Suomen osalta, logistiikkakustannukset olivat 25,9 miljardia euroa.

Sisälogistiikan kustannukset olivat 7,6 miljardia euroa. (Solakivi, Ojala, Laari, Töyli, Malmsten, Bask, Rintala, Ojala, Kilpi & Leino 2021, 17, 22.)

Sisälogistiikkaa kehittämällä voidaan parantaa yrityksen kustannustehokkuutta, sillä varastointi aiheuttaa huomattavan määrän kustannuksia yrityksissä. Kun tarkastellaan tarkemmin sisälogistiikan kustannuksia, niin henkilöstökulut ovat kustannuselementeistä kaikista suurimmat. Henkilöstökulut aiheuttavat yli puolet sisälogistiikan kustannuksista. Rakennukset ja tontit, koneet, laitteet ja kalusteet sekä erilaiset IT-ohjelmistot ja -laitteet jakavat loput kustannukset. Kustannuksien pienentämistä varten on tärkeä tunnistaa varastonohjauksen eri kustannustekijät, joita ovat raaka-aineen tai tuotteen hinta, varastonpito-, täydennyserä- ja puutekustannukset. Näistä kustannustekijöistä selkeä ja suora kustannustekijä on raaka-aineen tai tuotteen hinta. (Ritvanen, Inkiläinen, von Bell, Santala & Relander 2011, 91–92.)

Kustannukset ovat aina yrityskohtaisia, joten ne poikkeavat toisistaan. Jakamalla sisälogistiikan kustannukset kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin, on helpompi hahmottaa kustannusten kokonaisuutta. Kiinteisiin kustannuksiin lasketaan kaikki kulut, joita syntyy siitä huolimatta, onko toimintaa vai ei. Muuttuvat kustannukset ovat taasen kustannuksia, joita alkaa syntyä varaston toiminnan seurauksena. Alla olevassa taulukossa 1 on eroteltu sisälogistiikan kiinteät ja muuttuvat kustannukset. (Karhunen, Pouri & Santala 2008, 412–413.)

Taulukko 1. Sisälogistiikan kustannusten jaottelu. (muokattu)

<b>Kiinteät kustannukset</b>	<b>Muuttuvat kustannukset</b>
rakennukset (poistot tai vuokrat)	keräys ja pakkaaminen
rakennusten kunnossapito	lähetys ja lastaus
koneet ja laitteet (poistot tai vuokrat)	kuormien purku
johto, kehitys ja hallinto (palkat)	hyllitys
	siirrot
	muut kustannukset (esim. inventointi, järjestelyt, siivous)

## 5 KERÄILY

Keräily on yksi eniten työtä vaativa tehtävä varastossa ja suuri osa työntekijöiden henkilökohtaisesta työpanoksesta kohdistuu keräilyn eri tehtäviin. Keräily yhdistää kaikkia varastoja, sillä keräilyä tapahtuu jokaisessa varastossa. Keräilyn voi suorittaa nimike tai kuormalava kerrallaan. Tuotantolaitoksen yhteydessä toimivan varaston työntekijöiden työajasta osa voi kulua tuotannon tarpeisiin menevien pakkaus- tai raaka-aineiden kuljetuksiin. Tämäkin lasketaan keräilyksi. Keräily organisoidaan vastaamaan asiakkaiden/tuotannon tarpeita ja tilauksia. Keräily on tärkeä työvaihe, sillä se määrittää isolta osin varaston tehokkuuden. (Hokkanen & Virtanen 2016, 34–35.)

Keräilyn onnistumiseen vaikuttaa moni eri tekijä, jotka keräilijän pitää hallita (Hokkanen & Virtanen 2016, 38):

- tilauksen otto koneelta eli keräilylistan tulostus
- keräilylistan luku ja mahdollisten epäselvyyksien huomioiminen
- oikeiden tuotteiden keräily → hyllyjärjestyksen ja tasojen tuntemus
- kerättyjen tuotteiden merkintä kerätyiksi
- oikea keräilyjärjestys tuotteilla (mahdollista saada keräilylistasta)
- huomioida paras paino/tilajakauma tuotteiden sijoittelussa keräilyyksikölle
- keräilyn asiakirjat sekä tiedonvälitys
- hallita käytössä olevat keräilyvälineet sekä tarvittavat pakkauskoneet.

Tuotteiden kuljettaminen ja etsiminen on eniten aikaa vievät keräilyn työvaiheet. Keräilytoiminnan kehittämisen perustana onkin näiden aikojen minimointi. Keräilyn oikeellisuus on kriittinen vaihe, sillä tuotteiden tunnistamista ja oikean tuotteen keräilyä käytetään tunnuslukuina määrittämään keräilyn laadullisia tavoitteita. Keräilyn tehokkuutta itsessään mitataan tavallisesti kerättyjen rivien määrällä. (Hokkanen & Virtanen 2016, 36.)

Keräily on keskeinen ja tärkeä vaihe sisälogistiikassa. Jos kyseessä on varasto mikä toimii käsikeräilyperiaatteella, on keräilyn aiheuttamat kustannukset



melkein puolet varastotyön kokonaiskustannuksista. Toimitusaikojen pitävyys ja toimitusten virheettömyys ovat laadukkaan keräilyvaiheen ansiota. Keräilyn toteuttamiseen on erilaisia menetelmiä. Niissä keräily jaetaan tuotteen, tuoteryhmän, asiakkaiden tai alueiden mukaan. Projektitoimitukset sekä päivittäiset ja viikoittaiset toimitukset voidaan yhdistellä keräillessä toimitustavan mukaisesti. (Ritvanen ym. 2011, 86–87.)

Keräily voidaan toteuttaa kahdella eri menetelmällä. Ensimmäinen menetelmä on toteuttaa keräily siten että kerättävä tuote tulee keräilijän luo. ”Tuote keräilijän luo” menetelmä saavutetaan käyttämällä automaattisia materiaalinkäsittelyjärjestelmiä. Se on hyvä menetelmä varastoissa, joiden nimikemäärä on suuri. Toinen ja yleisempi menetelmä on ”keräilijä tavaran luo” ja se edellyttää keräilijöiden käyttöä tuotteiden hakemiseen. Tässä menetelmässä on välttämätöntä määrittää optimaalisin keräilyreitti ja keräilylista, joka koostuu varastoalueelta haettavista tuotteista. (Ghiani, Laporte & Musmanno 2013, 276.)

## 5.1 Keräilytavat

Keräilytapoja on erilaisia aina paperisen keruulistan käytöstä automatisoituun keräilyyn. Tämän työn kannalta oleellisimpia keräilytapoja ovat paperinen keräilylista, tarrakeräily, puheohjattu keräily sekä viivakoodien skannauksella tapahtuva keräily. Edellä mainittujen lisäksi muita keräilytapoja on mm. valo-ohjattu keräily, RFID-tunnistamiseen perustuva keräily sekä automaattinen keräily (Richards 2022, 182).

### 5.1.1 Paperinen keräilylista

Yleensä keräilylista sisältää tilausnumeron sekä keräilyssä tarvittavia tietoja tuotteesta, joita ovat tuotekoodi, sijainti varastossa, kuvaus tuotteesta ja kerättävä määrä. Jos yrityksellä on käytössä varastonhallintajärjestelmä niin kaikki tuotteet ovat keräilylistalla järjestyksessä sijainnin mukaan. Tällöin

keräilijän on mahdollista kulkea kaikkein tehokkainta reittiä varaston ympäri ja keräily päättyy mahdollisimman lähelle lähettämöä. Keräilijä voi halutessaan kuitenkin vapaasti valita toisen reitin, mikäli keräilijä kokee sen olevan parempi. Varaston nopeimmin kiertävät tuotteet tulee sijoittaa lähettämön lähelle keräilijän matkan minimoimiseksi. Varastohallintajärjestelmillä ja manuaalisilla sovelluksilla ei mahdollisesti ole kykyä tähän ja sen takia on hyvä edellyttää jonkinlaista manuaalista toimenpidettä keräilymatkan vähentämiseksi. (Richards 2022, 183.)

Keräilylistaan merkitään kaikki mahdolliset poikkeamat. Kun keräilylista palautetaan työnjohtajalle, tulee poikkeamat tarkistaa välittömästi ja tarjota vaihtoehtoiset sijainnit tuotteille, jos niille on tarvetta. Keräyksen tietojen syöttäminen järjestelmään tapahtuu manuaalisesti, mikä on aikaa vievää ja se voi johtaa virheisiin, mikäli kirjoitettu teksti on lukukelvotonta tai numeron merkintätyylin suhteen tulee sekaannusta. Paperisen keräilylistan avulla tapahtuva keräily ei vaadi isoja investointeja, mutta sitä käyttämällä keräilyn tarkkuus voi olla matala sekä tilaukset voivat vaatia validointia. (Richards 2022, 183.)

Tilauksen keräämisen jälkeen keräilijän tarvitsee mennä takaisin toimistoon hakemaan lisää keräilylistoja tai ohjeita. Paperisen keräilylistan käyttö ei ole reaaliaikainen järjestelmä. Paperia kuluu isoja määriä, mikä rasittaa ympäristöä ja lisää paperijätteen määrää. (Richards 2022, 183.)

### 5.1.2 Tarrakeräily

Tässä järjestelmässä keräilylistat ovat sarja arkilla olevia liimattavia tarroja, jotka tulostetaan keräilyjärjestyksessä. Keräilijä kiinnittää tarran jokaiseen kerättyyn tuotteeseen. Kun kaikki tarrat on kiinnitetty tuotteisiin niin silloin keräilyn pitäisi olla valmis kyseisen tilauksen osalta. Jos tarroja jää kuitenkin yli (tyhjän varastopaikan seurauksena), ne pitää palauttaa työnjohtajan toimistoon. Kaikki poikkeamat täytyy tarkistaa mahdollisimman nopeasti ja tulostaa

tarvittavat lisätarrat, mikäli tuotetta on saatavilla toisaalla varastossa. (Richards 2022, 183.)

Paperisen keräilylistan käyttöön verrattuna tarrojen avulla tapahtuva keräily on tarkempaa. Tarrakeräilyssä huomaa nopeasti, jos on tullut keräilyvirheitä rivimäärien suhteen. Varastohallintajärjestelmä täytyy päivittää jokaisen keräilyn loppuvaiheessa, joten tarrakeräily ei ole reaaliaikainen järjestelmä. Paperinen keräilylista ja tarrakeräily ovat todella manuaalisia järjestelmiä ja ne ovat tietojen tallennuksen suhteen riippuvaisia, että ihmiset (keräilijä, työnjohtaja, toimistotyöntekijä) hoitavat oman osuutensa. Manuaalisuuden lisäksi alhainen tuottavuus ja tarkkuus ovat osasyitä siihen, että teknologian käyttö varastoissa on lisääntynyt. (Richards 2022, 183–184.)

### 5.1.3 Puheohjattu keräily

Puheteknologia otettiin käyttöön ensimmäistä kertaa jo noin 30 vuotta sitten, jolloin sen käyttökohteena olivat kylmävarastoinnin sovellukset. Kylmässä työskennellessä käsineet sekä matalat lämpötilat vaikuttivat negatiivisesti skannerien ja paperipohjaisten järjestelmien käyttöön, joten puheteknologiaa ruvettiin kehittämään. Puheteknologian käyttö on saamassa jalansijaa globaalisti tilausten keräilyssä. Useat yritykset ohittavat viivakoodin skannaukseen perustuvan keräilyn ja siirtyvät suoraan paperisesta keräilylistasta puheohjattuun keräilyyn. (Richards 2022, 184.)

Keräilijä on varustettu kuulokkeilla, mikrofonilla ja pienellä päälaitteella. Päätelaite on mahdollista kiinnittää vyöhön, mutta sitä voidaan pitää myös ranteessa tai olkavarressa. Keräilijän ei ole pakko käyttää kuulokkeita, sillä äänijärjestelmä on mahdollista sisällyttää myös puettavaan liiviin. Varastoon asennetaan lähettimiä, joita käyttäen varastohallintajärjestelmä lähettää tietokoneeseen radiotaajuisten lähetysten kautta viestejä. Keräilijä pystyy myös kommunikoidaan takaisin järjestelmään ääntä käyttäen. (Richards 2022, 184.)

Puheohjatulla keräilyllä on monia hyviä puolia. Se lisää keräilyn tarkkuutta ja tuottavuutta sekä parantaa turvallisuutta käsien ollessa kokonaan vapaana.

Järjestelmä on reaaliaikainen, joten varastopäivitykset ja tiedot mahdollisista puutteista tulevat reaaliajassa, minkä ansiosta täydennykset saadaan suoritettua nopeasti ja tarkasti. Lisäksi puheteknologian käyttöönotolla saa tavallisesti nopean tuoton sijoitetulle pääomalle ja paperin käyttö vähenee merkittävästi. (Richards 2022, 184–185.)

#### 5.1.4 Viivakoodin skannaus

Viivakoodien skannauksessa tieto siirtyy reaaliajassa. Viivakoodinlukijoita on monia erilaisia malleja. Ne voivat olla kädessä pidettäviä, paikallaan olevia, trukkiin asennettuja tai puettavia. Skannauksen lisäksi lukija purkaa koodin ja tallentaa tai siirtää koodin tiedot tietokoneelle. Myös matkapuhelimissa ja kämmentietokoneissa voi olla skannerit ja kamerat, joiden avulla on mahdollista lukea 1D- ja 2D-viivakoodeja. Tämän ratkaisun avulla saa säästettyä kustannuksissa, mutta matkapuhelimien ja kämmentietokoneiden ongelmana on niiden kestävyys verrattuna teollisiin viivakoodinlukijoihin. (Richards 2022, 193.)

Kädessä pidettävillä lukijoilla on valmius valmistajasta, mallista ja hinnasta riippuen lukea monia erityyppisiä viivakoodeja. Kädessä pidettävässä lukijassa on näyttö ja liipaisin, jota painamalla keräilijä saa skannattua viivakoodin. Tämän hyödyntäminen käsikäyttöisten viivakoodinlukijoiden kanssa on tehnyt tiedonkeruusta nopeampaa ja tarkempaa nykyaikaisessa varastoympäristössä. Viivakoodien käyttö lisää myös tuottavuutta, kun keräilijöiden ei tarvitse palata toimistoon hakemaan ohjeita jokaisen suoritettun tehtävän jälkeen. Ohjeet ovat tekstimuodossa näytöllä, joita keräilijä selaa läpi ja etenee valitsemalla tietyt komennot. (Richards 2022, 193.)

Käsikäyttöisten viivakoodinlukijoiden käytössä on kuitenkin haittapuoliakin. Keräilijän täytyy asettaa lukija alas tehtävien suorittamisen ajaksi tai keräilijä joutuu kamppailemaan pitääkseen viivakoodinlukijan hallussaan ja suorittaakseen tehtävän samanaikaisesti. Virheitä on tapana sattua kädessä pidettävissä lukijoissa, kun ne on koteloitu tai laskettu alas tasolle. Tämä liike

voi olla syynä, jos keräilijä kerää väärästä keräilypaikasta tai laskee tuotteet väärin. Viivakoodinlukijoiden putoaminen tai niiden väärinkäsittely mahdollistaa vielä suuremmat vahingot. Mikäli keräilijät yrittävät lukea ohjeita liikkeellä ollessaan, myös turvallisuus voi aiheuttaa ongelmia. (Richards 2022, 193.)

Paikallaan oleva viivakoodinlukija lukee viivakoodin, kun se ohittaa lukijan esimerkiksi kuljettimella tai lajitteluhihnalla. Tämän edellytyksenä on, että viivakoodin tulee olla helposti näkyvässä, ehjä sekä samassa kohtaa joka tuotteessa. Päälle puettavan ja langatonta yhteyttä käyttävän tietokoneen avulla keräilijä pystyy reaaliaikaisesti vastaanottamaan ohjeita, skannaamaan viivakoodeja sekä syöttämään ja lähettämään tietoja reaaliajassa. Puettavat tietokoneet puetaan yleensä ranteeseen tai käsivarteen ja ne on varustettu näytöllä ja pienellä näppäimistöllä tai kosketusnäytöllä. Lisäksi niiden kanssa on mahdollista käyttää sormiin kiinnitettävää lukijaa, joka joko kytketään laitteeseen taikka kommunikointi tapahtuu Bluetooth-tekniikkaa hyödyntäen. Puettavat tietokoneet ovat suosiossa varastoissa, jossa molempien käsien pitää olla vapaana tehtävien suorittamiseen. (Richards 2022, 193–194.)

Puettavien tietokoneiden käyttöönotto vaatii vain vähän muutoksia jo olemassa oleviin varastotoimintoihin, jos käytössä on ollut aiemmin kädessä pidettävät lukijalaitteet. Niiden käyttö nopeuttaa keräilyprosessia ja vähentävää mahdollisesti virheitä, minkä seuraamuksena tuottavuus ja tarkkuus parantuvat, mikä taas voi tuoda nopeasti merkittäviäkin säästöjä yrityksille. Henkilöstön koulutus ei vaadi paljoa puettavien tietokoneiden osalta ja niissä ei tavallisesti ole mitään ohjelmistomuutoksia. (Richards 2022, 194.)

Keräilijöiden pitää siis vain tottua puettavien osien pukemiseen, ranteessa olevaan tietokoneeseen sekä mahdolliseen sormessa pidettävään lukijaan. Nykyään puettavat laitteet painavat vain muutaman kymmenen grammaa, joten yleensä rasitus ja mukavuus eivät ole ongelmana käyttöönotolle. Puettava tietokone saa toimintaansa tarvitsemansa virran akusta, joka on sijoitettu joko käsivarteen tai alaselkään. (Richards 2022, 194.)

## 5.2 Tuotteiden sijoittelu

Varastoissa tuotteiden löytyminen pohjautuu hyllypaikkakartassa tai varaston lay-outissa kuvattuun osoitteistoon. Varastokohtainen käytettävissä oleva hyllypaikkaosoitteisto, rakenne, mitat sekä keräilyprioriteetit on merkittynä hyllykartassa. Hyllypaikkasaldoista muodostuu varaston kokonaissaldo, joten varastohyllypaikka on myös edellytyksenä varastonohjauksen käyttöönotolle, mikä tarkoittaa, että jokaiselle tuotteelle täytyy perustaa minimissään yksi hyllypaikka. (Hokkanen & Virtanen 2016, 95.)

Ensisijaisvarastoksi kutsutaan varaston osaa, johon korkean kysynnän tuotteet laitetaan varastoitaviksi. Ensisijaisvarastossa on keräilylle vakioireitti ja sen varrelta poistetaan kaikki tuotteet, jotka eivät ole korkean kysynnän piirissä. ABC-analyysi on hyvä työkalu määrittämään ensisijaisvaraston tuotteet. Usein jos ensisijaisvarasto on iso niin se tarkoittaa pitkiä keräilymatkoja. Pieni ensisijaisvarasto aiheuttaa monia poikkeamia toissijaisessa varastossa ja sekin lisää keräilymatkaa. (Hokkanen & Virtanen 2016, 96.)

Reservivarastossa tuotteet varastoidaan kuljetuspakkauksissaan. Usein reservivarastot ovat pinta-alaltaan isoja, jotta sinne mahtuu paljon varastoitavia tuotteita. Reservivarastossa on tärkeää, että materiaalinkäsittelyyn tarkoitettut laitteet/koneet ovat kuljetuskapasiteetilta tarpeeksi tehokkaita. Reservivarasto on mahdollista sijoittaa myös eri varastohalliin tai varastoon ja tavallisesti reservivaraston keräilykorkeus on >2m, eli yli normaalin keräilykorkeuden. (Hokkanen & Virtanen 2016, 96.)

Keräilyvarasto tarkoittaa aktiivista varastonosaa, jossa keräily tapahtuu normaaliilta keräilykorkeudelta. Tuotteet siirretään reservivarastosta keräilyvarastoon kuljetuspakkaus kerrallaan sen mukaan mitä tarve vaatii. Keräilyvarasto on kooltaan pienempi kuin reservivarasto. Mikäli varastossa on paljon eri tuotteita, ei kannata tehdä ollenkaan jakoa keräilyvarastoon ja reservivarastoon. (Hokkanen & Virtanen 2016, 96.)

Keräilytoiminnan tehokkuus ja varastotyön kustannukset ovat molemmat yhteydessä tuotesijoitteluun, ja tuotesijoittelulla on suuri vaikutus molempiin. Tuoteryhmät ja varastotapahtumat ovat tuotteiden sijoitteluperusteita, joiden mukaisesti tuotteet sijoitellaan varastoon. Tuotesijoitteluun on apuna erilaisia tuotteiden luokittelutyylejä. (Ritvanen ym. 2011, 87.)

### 5.2.1 ABC-analyysi

Pareton kehittämää 20/80-sääntöä seurataan ABC-analyysiä hyödyntäen. 20/80-sääntö tulee Pareton tulojaon tutkimuksesta, missä Pareto havaitsi tulojen ja varallisuuden jakautuvan siten, että 20 %:lla asukkaista oli 80 % kaikista tuloista ja varoista. On kuitenkin tärkeä ymmärtää, että prosenttiosuudet ovat suuntaa antavia, mutta riippuvuus on kuitenkin lähempänä 20/80 suhdetta kuin 50/50 suhdetta. 20/80-säännössä on kaksi luokkaa, kun taas ABC-analyysissä on useampia. Taulukossa 2 on esitettyä esimerkki, miten tuotteet voidaan luokitella ABC-analyysissä (Sakki 2009, 90–91.)

Taulukko 2. Tuotteiden luokittelu ABC-analyysissä. (muokattu)

<b>Tuoteryhmä</b>	<b>Prosentuaalinen osuus myynnistä/kulutuksesta</b>
A-tuotteet	ensimmäiset 50 %
B-tuotteet	seuraavat 30 %
C-tuotteet	seuraavat 18 %
D-tuotteet	viimeiset 2 %
E-tuotteet	ei myyntiä tai kulutusta

ABC-analyysi tarkoittaa tuotteiden luokittelua kolmesta viiteen eri luokkaan perustuen tuotteiden kulutukseen tai euromääräiseen myyntiin. ABC-analyysissä on tärkeää keskittyä vain yksittäisten tuotteiden luokitteluun. ABC-analyysin tarkoituksena on saada tietoa kulutuksen ja myynnin mukaan jakautuvista tapahtumamääristä ja varastoarvoista. Tuotteiden sopivalla

luokittelulla ABC-analyysistä voi saada ryhmiä verrattaessa nopeallakin vilkaisulla yksityiskohtia isosta, jopa satojen tuotteiden massasta. (Sakki 2003, 91.)

ABC-analyysissä myynnin määrä, myyntikate, tuotteen menekki ja asiakkaiden määrä ovat varastoitavien tuotteiden luokitteluperusteita. Tuotteiden elinkaari otetaan huomioon ABC-analyysin luokittelussa, eli varastossa voidaan pitää tärkeitä tuotteita, vaikka logistisia perusteita ei olisikaan niiden varastoinnille. Tuotteiden saatavuutta pystyy parantamaan ABC-analyysillä ja sen avulla voidaan vaikuttaa varaston kokonaisarvoon alentamalla sitä. (Ritvanen ym. 2011, 91.)

### 5.2.2 XYZ-analyysi

XYZ-analyysi on muunneltu versio ABC-analyysistä. XYZ-analyysissä tuotteiden luokitteluperusteena käytetään myynnin tai kulutuksen tapahtumamääriä. Tuotteet luokitellaan siten, että tapahtumien jakautuminen havainnollistetaan lopputuloksessa mahdollisimman tarkasti suhteessa 20/80-sääntöön. Taulukossa 3 on esitettyä esimerkki, miten tuotteet voidaan luokitella XYZ-analyysissä. (Sakki 2009, 96.)

Taulukko 3. Tuotteiden luokittelu XYZ-analyysissä. (muokattu)

<b>Tuoteryhmä</b>	<b>Prosentuaalinen osuus kaikista tapahtumista</b>
X-luokka	50 % kaikista tapahtumista
Y-luokka	30 % tapahtumista
Z-luokka	18 % tapahtumista
zz-luokka	2 % tapahtumista
z0-luokka	ei tapahtumia



Kun halutaan kehittää logistisia toimintoja, on XYZ-analyysi hyödyllinen ja tärkeä. Se sopii erityisen hyvin käytettäväksi tavarankäsittelyn kehittämiseen, kuten esimerkiksi varastopaikkojen määrittelyyn. X-luokkaan luokitellut tuotteet sijoitetaan varastossa parhaille keräilypaikoille, minkä ansiosta keräilystä tulee nopeampaa ja helpompaa sekä keräilymatkat lyhenevät. (Sakki 2009, 96,100.)

### 5.2.3 Muut luokitteluperusteet

ABC- ja XYZ-analyysit on mahdollista yhdistää. Esimerkiksi ABC-luokitus on asetettu pystysuuntaan ja XYZ-luokitus vaakasuuntaan. Sitten tuote sijoitetaan molempien luokitusten mukaan. Tätä tapaa kutsutaan nelikenttäluokitteluksi, mikä sopii myynnin ja hankintojen suunnittelun tueksi. (Sakki 2009, 97.)

Jos tuotteista halutaan saada liiketulos selville, niin silloin käytetään liiketuloksen mukaista luokittelua. Liiketuloksen perusteella luokitelluista tuotteista on mahdollista saada selvyys hyvän ja huonon liiketuloksen eri syistä. Perusteena luokittelulle voi yritys käyttää omia haluamiaan luokkia ja jokaiseen luokkaan liitettyä liiketuloksen prosentuaalista määrää. ABC-analyysin tavoin myös liiketuloksen mukaan luokiteltujen tuotteiden syyt hyviin ja huonoihin tuloksiin löytyy tunnusluvuista, joita pitää tutkia ja analysoida huolellisesti. (Sakki 2009, 97–98.)

Yrityksille on olennaista seurata myytyjä tuotemääriä per asiakas. Jos asiakas tilaa vain yhtä tuotetta niin sillä on mahdollisesti vaikutusta tulokseen. Yhden tuotteen asiakkailta myyntikatteen olisi hyvä olla suurempi, koska kaikki kulut, joita tulee jo pelkästään hankinnasta ja varastoinnista ovat vain tämän yhden asiakkaan kannettavina. Tuotteita per asiakas-luokittelussa luokittelun perusteena voi käyttää esimerkiksi määrää kuvaavia luokittelunimiä ja liittää joka luokkaan rajan, kuinka paljon asiakkaita siinä luokassa pitää olla. (Sakki 2009, 98–99.)

Myyntilähetysten koon mukainen luokittelu on myös hyvä ottaa huomioon yrityksissä. Tilaus-toimitusprosessissa syntyvien kustannusten suuruuteen vaikuttaa merkittävästi myyntitapahtuman koko. Luokitteluperusteena voi

käyttää joko tapahtumarivejä taikka euromääräistä myyntiarvoa. Raja-arvot luokituksille voi yritys asettaa itse omien intressien mukaan. (Sakki 2009, 99.)

### 5.3 Varastopaikkajärjestelmä

Varastossa käytössä olevat järjestelmät ovat tavallisesti perustana varaston osoitepaikkajärjestelmälle. Osoitejärjestelmässä on omat merkintänsä ja esimerkiksi käytävät voivat olla merkittynä aakkosin ja varastopaikat numeroin. Käytävät merkitään yleensä vielä puolen mukaan parittomiin ja parillisiin. Järjestelmään voi määrittää aakkoset kuvaamaan korkeussuuntaa. (Hokkanen & Virtanen 2016, 96.)

Käytävissä käytettävän aakkostuksen on hyvä alkaa A-kirjaimella ja edetä siitä eteenpäin aakkosjärjestyksessä. Käytävillä olevien aktiivisten keräilypaikkojen osoitteisto tehdään numeroinnilla, jolloin käytävän pariton puoli aloitetaan numerolla yksi (1) ja parillinen puoli numerolla kaksi (2). Numerointi jatkuu keräilyjärjestyksen perusteella pienimmästä numeroinnista alkaen suurempaan ja numeroinnin suuruus määräytyy varaston-layoutin mukaan. Aakkosella merkitään korkeus lattianpinnasta ja alimmat tasot on mahdollista jakaa aktiivivarastossa numeroilla vielä pienempiin osiin. Taulukossa 4 on esimerkki varaston osoitteiston muodostumisesta. (Hokkanen & Virtanen 2016, 96–97.)

Taulukko 4. Varaston osoitteiston muodostuminen (Hokkanen & Virtanen 2016, 97). (muokattu)

Tunnus	Tarkoittaa
A	Käytävän tunnus
1	Pariton puoli
01	Osoitepaikka
A	Tason korkeus lattiasta
2	Yhden lavapaikan lokeroititunnus

Tämän taulukon avulla voidaan varastopaikkaa kuvata osoitejärjestelmässä esimerkiksi seuraavasti: A1 01 A2. Täten osoitteistosta saadaan selkeä ja sen avulla uuden työntekijän perehdyttäminen on vaivattomampaa helpon omaksuttavuuden ansiosta. Kun osoitteistoa kehitetään, niin selkeys on tärkein prioriteetti. Täten saavutetaan osoitteiston tavoite eli löytää vaivattomasti kerättävät tuotteet. (Hokkanen & Virtanen 2016, 96–97.)

Kun kaikki varastopaikat ja niiden saldot ovat tietojärjestelmässä erillään, on kyseessä monipaikka- ja monisaldohallinta. Järjestelmiä on kaksi eri vaihtoehtoa: kiinteäpaikkainen sekä muuttuva järjestelmä. Suuren kierron omaaville tuotteille sovelletaan tavallisesti kiinteäpaikkajärjestelmää ja hitaan kierron tuotteille muuttuvaa järjestelmää. Kiinteäpaikkajärjestelmässä varastopaikka on kiinteästi yhdellä tuotteella eikä se vapaudu, vaikka saldo laskisi nolnaan. Muuttuvapaikkaisessa järjestelmässä tuotteen saldon laskiessa nolnaan se on mahdollista ottaa käyttöön toiselle tuotteelle. (Hokkanen & Virtanen 2016, 97.)

#### 5.4 Keräilyreitit

Keräilyreittien muodostaminen on edellytys tehokkaalle keräilylle. Keräilyreittiä muodostettaessa päätavoitteena on pitää kuljettava matka mahdollisimman lyhyenä. Tähän tavoitteeseen pääsee sijoittamalla tuotteet luvussa 5.2.2 esitetyllä XYZ-analyysillä ottotiheyden mukaan. Suurimman ottotiheyden tuotteet ovat keräilyreitien alussa ja täten keräily voidaan lopettaa jo keräilyreitien alkupäässä. Keräilyreittejä suunnitellessa on myös hyvä ottaa huomioon tuotteiden paino. Painavimmat tuotteet on hyvä sijoittaa keräilyreitien alkuun ja mahdolliset särkyvät tuotteet keräilyreitien loppuun. Kuljettavan matkan määrää voidaan vähentää ja täten keräilyä tehostaa yhdistämällä tilauksia. Yhdistely onnistuu, jos yhden tilauksen tuotteet eivät täytä kokonaan keräilyvälineen kuromatilaa. (Karhunen ym. 2008, 386.)

Suora reitti on aina edullisempi vaihtoehto mitä mutkittelu. Siirtoväline voi soveltua mutkitteluun ilman suurempia ongelmia, mutta mutkat lisäävät aina

siirtovälineen tehontarvetta, vaativat kalliimman rakenteen ja aiheuttavat nopeampaa kulumista. Mutkittelua ei ole aina mahdollista välttää ja mutkat on tällöin hyvä tehdä suurella kaarevuussäteellä. Siirtovälineet eivät yleisesti aseta mitään rajaa reitin pituuden suhteen, mutta on hyvä huomioida siirtovälineiden mahdolliset määritetyt taloudelliset toimintaetäisyydet, joita ei ole hyvä ylittää. (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2011, 143.)

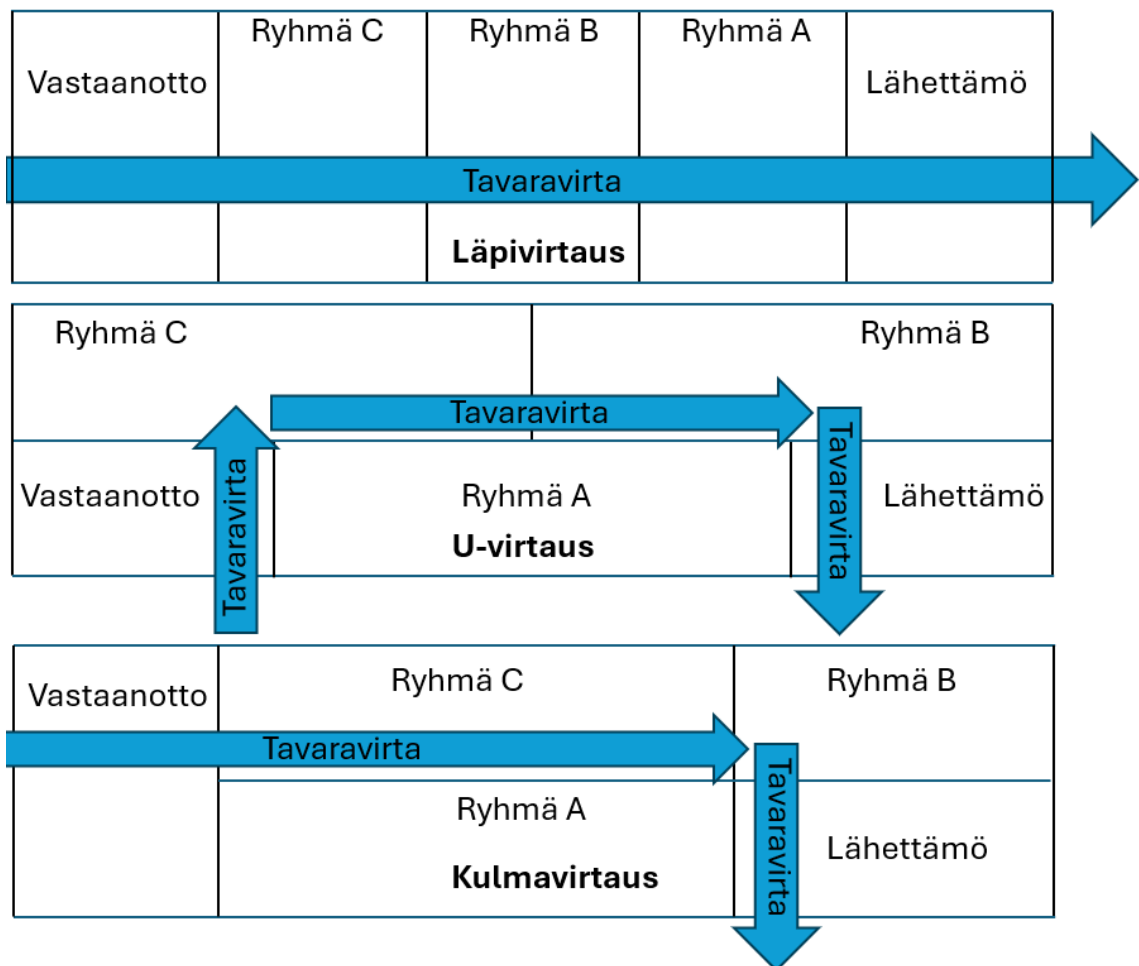
Reitin laatuun pitää panostaa. Reitin laatua tarkastellessa erotetaan toisistaan kuljetusympäristö sekä kuljettava reitti, jota pitkin siirtovälineet kulkevat. Kuljettavan reitin laatu on ratkaisevassa asemassa tavarankuljetuksen mukana liikkuvien siirtovälineiden kuten trukeiden. Sopivan siirtovälineen löytäminen vaikeutuu mitä huonommassa kunnossa kuljettava reitti on. Pidempi reitti on monesti lyhyttä kannattavampi valinta, jos se on laadultaan merkittävästi parempi. Reitin laatua kannattaa jopa parantaa, että saa käyttöönsä kuljetusvälineen, joka on taloudellisempi ja yksinkertaisempi mitä huonommalla reitillä käytettävä. Kuljetusympäristön suhteen pitää huomioida ulkona olevat sääilmiöt. Jos kuljetusreitti kulkee osittain tai kokonaan ulkona, niin pitää ottaa huomioon Suomen talviolosuhteet valittaessa kuljetusvälinettä. Tällöin kuljetusväline on hyvä varustaa suojakatoksella. (Hokkanen ym. 2011, 143.)

Tavaravirran suunta vaikuttaa luvussa 5.2 läpi käydyn tuotteiden sijoittelun lisäksi myös keräilyreittien muodostumiseen. Erilaisia tavaravirtojen virtausratkaisuja ovat läpivirtaus (tai suora virtaus), U-virtaus sekä kulmavirtaus. Näistä kolmesta virtausratkaisusta ns. perusratkaisuja tavaravirran virtaukseen ovat suoravirtaus ja U-virtaus. (Karhunen ym. 2008, 376; Ritvanen ym. 2011, 85.)

Läpivirtauksessa vastaanotto ja lähettäminen sijaitsevat vastakkaisilla puolilla varastoa. Varaston leveys ja pituus voidaan määrittää läpivirtauksessa kohtuun vapaasti ja tämä voidaan laskea eduksi kyseisessä virtausratkaisussa. Huonoja ominaisuuksia läpivirtauksessa on leveyttä vaativa pääkäytävä sekä tarve suureen tonttiin. Pääkäytävän pitää olla leveä, jotta kaksi trukkia voi ajaa sitä vastakkaisiin suuntiin. Suuren tontin tarve tulee vastaanotolle ja lähettämölle vaadittavista ajopihoista. (Ritvanen ym. 2011, 85.)

U-virtauksessa vastaanotto ja lähettämö sijaitsevat varaston samalla puolella. U-virtauksessa on monta eri pääkäytävää, minkä avulla tuotteita on mahdollista sijoittaa suurempi määrä lyhyiden keräysmatkojen varrelle. U-virtaus mahdollistaa hyllyjen sijoitteluun useita eri vaihtoehtoja. Läpivirtaukseen verrattuna U-virtaus ei tarvitse yhtä isoa tonttia, mutta U-virtauksessa on tarve suuremmalle määrälle käytävätilaa. (Ritvanen ym. 2011, 85–86.)

Kuvassa 6 on esitetty tavaravirran eri virtausratkaisut. Kuvaan on merkitty tavaravirran lisäksi vastaanotto ja lähettämö sekä ottotiheyden mukaan lajitellut nimikkeet. Ottotiheys on järjestyksessä A → B → C suurimmasta pienimpään. (Karhunen ym. 2008, 376–377.)

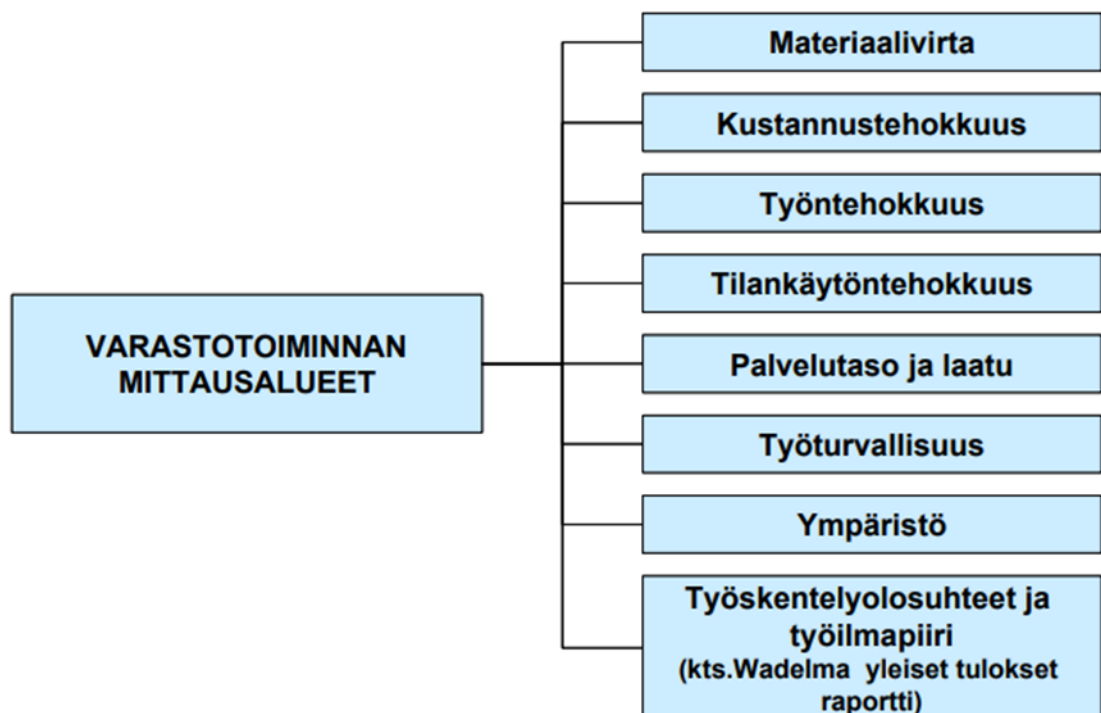


Kuva 6. Tavaravirran eri virtausratkaisut (Karhunen ym. 2008, 377). (muokattu)

## 5.5 Keräilyn eri mittarit

Erilaisia mittareita käytetään paljon mittaamaan tehokkuutta, joka on logistiikassa yksi keskeisimmistä tavoitteista. Erilaiset mittarit, jotka liittyvät suoraan tehokkuuteen ovat nykyään laajalti käytössä koko ajan kiristyvän kilpailun takia. Tärkeimpänä tehtävänä mittareilla on ilmoittaa yrityksen logistiikan tila ja tehokkuus kattavana sekä puolueettomana. Kun mittarit on valittu oikein, ne löytävät ongelmakohtia ja näyttävät vaikutukset sekä tehot valituille korjaustoimenpiteille. Mittareilla voidaan seurata tehokkuuden kehittymistä yrityksen toiminnassa ja se on niiden kaikkein tärkein käyttökohde. (Karrus 2003, 169–170.)

Varastotoiminnassa on erilaisia mittausalueita. Mittausalueet mittaavat varaston eri toimintoja. Kuvassa 7 on esiteltyä varastotoiminnassa käytettävien mittarien mittausalueet. (Aminoff, Hyppönen & Kettunen 2004, 15.)



Kuva 7. Varastotoiminnan mittausalueet (Aminoff ym. 2004, 15).

Mittareita tarkastellessa keskitytään yleensä keskiarvojen laskentaan. Tekijät eivät yleensä ole normaalijakautuneita logistiikassa ja tämän takia keskiarvon

mukaan lasketut mittarit voivat johtaa asiaan perehtymättömän henkilön väärään tulkintaan asiasta. Erityisesti materiaalivirtaa mittaavien mittarien kohdalla voi keskiarvon toinen puoli olla täynnä monia pieniarvoisia tapahtumia ja toisella puolella muutama tapahtuma joissa arvot ovat suuria. Tämän takia suuriarvoiset tapahtumat nostavat keskiarvoa eikä tilanne ole lukumäärällisesti oikein. Jotta keskiarvo ei johda tällaisissa tilanteissa harhaan, on hyvä käyttää asioiden esittämiseen myös jakaumia. (Aminoff ym. 2004, 16.)

Mittareiden määrittelyyn on erilaisia perusteita. Yrityksen strategia ja tavoitteet on huomioitava mittareita määrittäessä. Mittareiden tulee olla selkeitä ja niiden pitää mitata vain asioita, jotka ovat oleellisia yrityksen kannalta. Useissa tapauksissa 3–5 on sopiva määrä mittareita. Mittareiden käyttöönoton jälkeen niitä pitää myös seurata ja arvioida. Niiden tulee olla muokattavissa, mikäli jotain oleellista muuttuu yrityksen toimintatavoissa tai liiketoiminnassa. Mittarit ovat aina yrityskohtaisia ja yritykset valitsevat mittarit omien intressiensä mukaisesti. (Ritvanen ym. 2011, 103–104.)

### 5.5.1 Materiaalivirran mittarit

Materiaalivirran mittareilla seurataan varastotoiminnan tehokkuutta ja niiden avulla pyritään tehostamaan varaston eri toimintoja. Keräilyssä materiaalivirran mittarit kohdistuvat yleensä rivien kokoon ja tilauksien rivimäärään. Jos rivimäärät ovat vähäisiä tai niitä on vaikea mitata, niin kolli on hyvä valinta yksiköksi. Kolli + materiaalivirran tunnusluvut auttavat tarkastelemaan materiaalivirrassa tapahtuvia muutoksia ja materiaalivirran rakennetta. Jos seuranta ja mittarien laskenta on kolliperusteista niin se korostaa toimituseräkokojen seurantarvetta niin toimittajien kuin asiakkaidenkin kohdalla. (Aminoff ym. 2004, 16–17.)

Materiaalivirran mittareita on monia erilaisia. Tässä työssä oleellisia ovat mittarit, jotka liittyvät keräilyn tehokkuuden määrittämiseen ja parantamiseen. Taulukossa 5 on listattu esimerkkejä materiaalivirran mittareista, jotka ovat keräilyn osalta olennaisia (Aminoff ym. 2004, 16).

Taulukko 5. Materiaalivirran mittarit. (muokattu)

Mittari	Yksikkö
keräiltyjen rivien määrä/tilaus	kpl/tilaus
keräilyyn rivin koko	kg, m3, kpl tai kolla per rivi
keräilyyn kollin volyymi	kg tai m3 per kolli
1-rivisten tilauksien osuus kokonaistilausmäärästä	%
tilauksen rakenne	rivilukumäärä/tilaus

### 5.5.2 Kustannustehokkuuden mittarit

Kustannustehokkuuden seuranta yrityksen joka alueella on erityisen tärkeää. Tämä pitää paikkansa myös varastotoiminnan osalta. Varastotoiminnan lisäksi kustannustehokkuuden mittarit auttavat tarkastelemaan kauttaaltaan yrityksen logistista ketjua. Kustannustehokkuuden mittarien avulla pystytään laskemaan logististen toimintojen kustannukset, joiden avulla pystytään valitsemaan parhaat ratkaisut toimintatapoihin ja -malleihin. (Aminoff ym. 2004, 17.)

Toimintolaskenta on edellytys kustannustehokkuuden mittarien laskennalle. Toimintolaskennassa kustannuksia kohdennetaan eri toiminnoille, asiakkaille ja nimikkeille. Sen takia toimintolaskenta voi olla isokin haaste yrityksen seurantajärjestelmälle. Yleensä kustannustehokkuuden mittarit lasketaan erikseen, mutta niiden toimintolaskennat ja seurantatiedot olisi hyvä saada integroitua yrityksen varastohallintajärjestelmään. Integroinnin avulla pystytään hallitsemaan tapahtuvia muutoksia. (Aminoff ym. 2004, 17–18.)

Kustannustehokkuuden mittareista keräilyyn tueksi voidaan valita esimerkiksi yksikkökohtaisen keräilykustannuksen, keräilytilauksen käsittelykustannuksen tai luvussa 5.2 mainitun tuotteiden sijoittelun rinnalle säilytyskustannukset varastopaikkaa kohden. Taulukko 6 esittää keräilyyn vaikuttavat kustannustehokkuusmittarit. (Aminoff ym. 2004, 17.)



Taulukko 6. Kustannustehokkuuden mittarit. (muokattu)

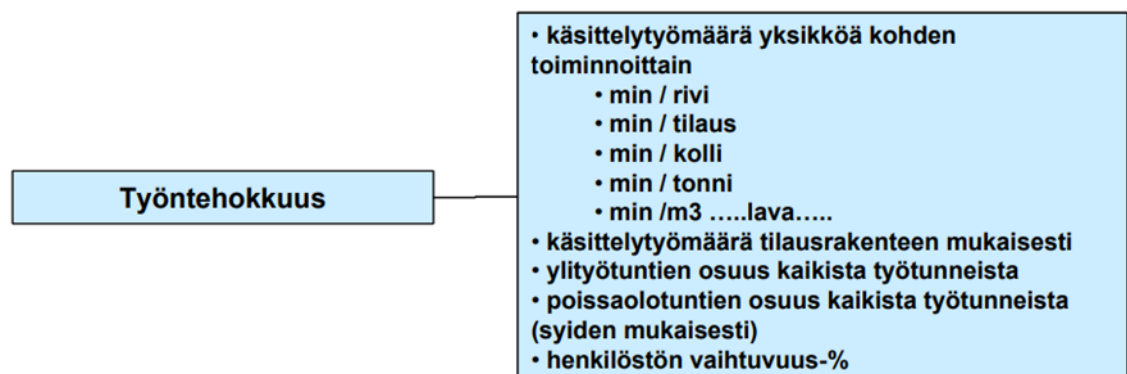
Mittari	Yksikkö
Yksikkökohtainen käsittelykustannus	€ per rivi, tilaus, kolli, tonni, m3 tai lava
keräilytilauksen käsittelykustannus	€
säilytyskustannus	€ per varastopaikka, lavapaikka, lattiavarastopaikka tai pientavarahylly m3

### 5.5.3 Työtehokkuuden mittarit

Henkilöstökustannukset ovat merkittävä osuus varaston kokonaiskustannuksista, ja tämän takia työtehokkuuden mittarit on tärkeä ottaa huomioon varaston toimintoja kehittäessä. Materiaalivirran rakenteissa tapahtuvat muutokset, kuten esimerkiksi rivin koko tai tilauksen rivien lukumäärä, kulkevat rinnakkain työtehokkuuden kanssa. Tämän takia on hyvä käsitellä materiaalivirran ja työtehokkuuden mittareita yhdessä.

Työtehokkuuden mittarit seuraavat pääasiassa käytettyä aikaa riviin tai tilaukseen, mutta niiden avulla voidaan seurata poissaolo- ja ylityötunteja.

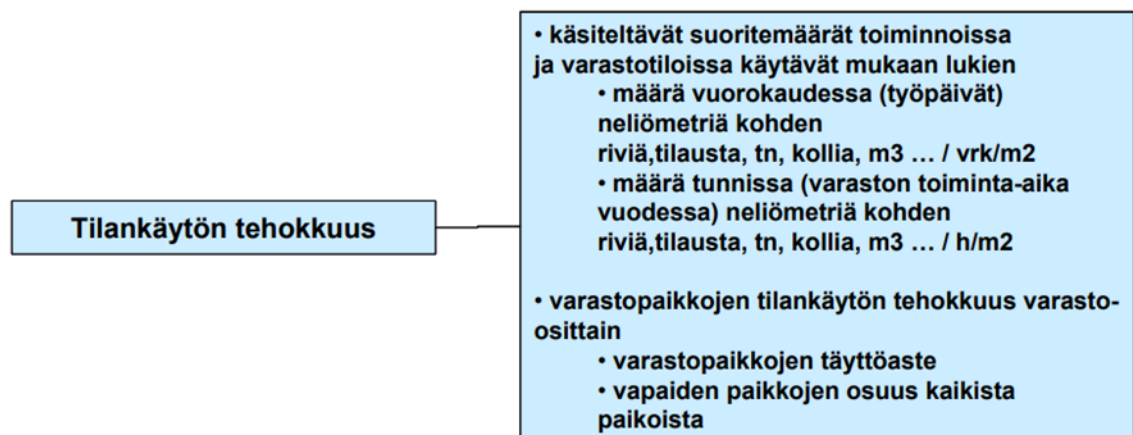
Työtehokkuuden mittarit sopivat hyvin mittaamaan keräilyn työtehokkuutta omalle tuotannolle keräillessä. Kuvassa 8 on esitetty työtehokkuuden mittarit. (Aminoff ym. 2004, 18.)



Kuva 8. Työtehokkuuden mittarit (Aminoff ym. 2004, 18).

#### 5.5.4 Tilankäytön tehokkuuden mittarit

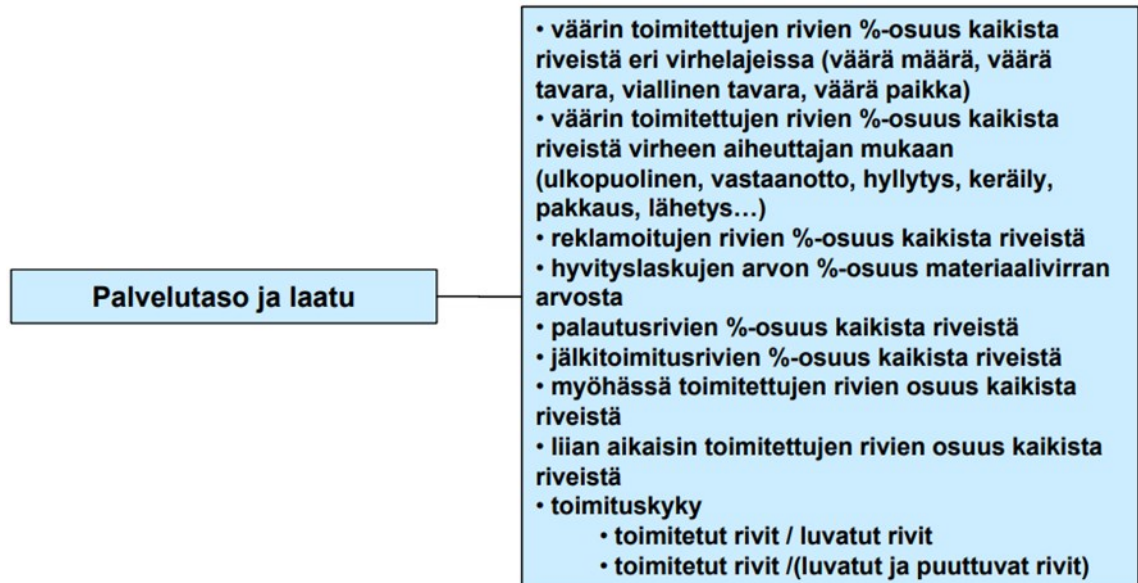
Tilankäytön tehokkuuden mittarit ovat nimensä mukaisesti mittareita, joilla mitataan varastossa toimintotilojen, käytävien tai varastopaikkojen tehokkuutta tilankäytön suhteen. Varastopaikan koko sekä nimikkeiden lukumäärät ja mitat ovat tarvittavia tietoja, kun halutaan laskea varastopaikan täyttöastetta. Lukua tulkittaessa tavaroiden eriävät koot ja muodot on hyvä ottaa huomioon eikä täyttöastetta saa asettaa liian korkeaksi. Mikäli mittareissa käytetään tuntiperusteisia lukuja niin silloin pitäisi huomioida vain ne tunnit, jolloin varasto toimii täydellä teholla. Kuvassa 9 on eritelty tilankäytön tehokkuuden mittarit. (Aminoff ym. 2004, 18–19.)



Kuva 9. Tilankäytön tehokkuuden mittarit (Aminoff ym. 2004, 18).

#### 5.5.5 Palvelutason ja laadun mittarit

Asiakaskohtainen palvelun ja laadun seuranta kattaa ulkopuoliset asiakkaat ja oman tuotannon. Asiakaskohtaisuudella tarkoitetaan palvelua mitä varasto tarjoaa. Täten se on peruste varastotoiminnan kehittämiseksi. Kuvassa 10 esitetään palvelutason ja laadun eri mittarit. (Aminoff ym. 2004, 19.)



Kuva 10. Palvelutason ja laadun mittarit (Aminoff ym. 2004, 19).

Palvelutason ja laadun mittareilla voidaan mitata keräilyn toimituskykyä eli kuinka monta riviä on toimitettu suhteessa luvattuihin toimitettaviin riveihin. Myös keräilyvirheiden seuranta onnistuu näillä mittareilla virhelajien ja virheen aiheuttajien mukaan. Varaston seurantajärjestelmä on keskeisessä osassa näiden mittarien mittauksissa. Puutteellinen tietojen taltiointi seurantajärjestelmässä johtaa tilanteeseen, jossa toimituskyky kuvaa ainoastaan luvattuja toimituksia. Jos seurataan aikaa, niin tapahtumien seurannan on oltava välitöntä ja tehokasta mittareita käytettäessä. Tämän lisäksi pitää määrittää tavoitearvo mikä on asetettu toimitusajoille. (Aminoff ym. 2004, 19.)

## 6 SISÄISET SIIRROT

Varastossa suuri osa työstä on materiaalin siirtämistä paikasta toiseen. Esimerkkinä tästä kuljetusyksikön purku ja lastaus sekä niiden välissä tapahtuva tavaran siirtely eri varastointitoimintojen yhteydessä. Sen lisäksi että jokainen tuotteen siirto aiheuttaa kuluja ja vie aikaa, niin se myös antaa mahdollisuuden tuotteen vaurioitumisen tai virheeseen. Tehokas varasto vähentää siirtelyn tarpeen minimiin ja suorittaa tarvittavat siirrot mahdollisimman tehokkaasti. (Waters 2003, 297.)

Sisäiset siirrot ovat osa varastointia ja niillä on monta tärkeää tehtävää liittyen varastointiin. Tehtäviä ovat esimerkiksi saapuvan tavaran siirto vastaanotosta varastopaikalle, tuotteiden siirtely varastopaikkojen välillä, siirrot varaston ja tuotannon välillä, lähtevän tavaran siirto varastopaikalta lähettämöön sekä kaikki kuormaukseen ja purkuun liittyvät toiminnot. Sisäiset siirrot eivät aina rajoitu nimensä mukaisesti sisätiloihin. Yrityksen tontilla voi sijaita tuotantotilat ja varasto useissa eri rakennuksissa, joten sisäiset siirrot tapahtuvat rakennuksien välillä ulko- ja sisätiloissa. Tuotteiden on tällöin hyvä kestää erilaisia säävaihteluja. (Hokkanen ym. 2011, 140.)

Yleisesti kuljetukset jaetaan kauko- ja lähikuljetuksiin. Kaukokuljetuksien etäisyydet ovat pitkiä ja niitä hoitaa jokin ammattikuljetusliike. Lähikuljetuksissa etäisyys on lyhyt (tyypillisesti 1 km tai alle) ja yrityksen oma osasto hoitaa niiden kuljetuksia. Sisäiset siirrot ovat lähes samanlaisia kuljetuksia mitä lähikuljetukset, mutta sisäisissä siirroissa kuljetus tapahtuu kokonaan yrityksen omalla alueella. Sisäiset siirrot voidaan jakaa osastojen välisiin, osaston sisäisiin ja valmistuspaikkojen välisiin kuljetuksiin. (Hokkanen ym. 2011, 82–83.)

Sisäisten siirtojen jaon voi tehdä myös kuljetusajan mukaisesti. Tällöin verrataan siirron ajankohtaa siihen, että missä kohtaa valmistusprosessia se tapahtuu. Tässä jaottelussa on kolme ryhmää: preproduktiiviset, interproduktiiviset sekä postproduktiiviset siirrot/kuljetukset. (Hokkanen ym. 2011, 83.)

Preproduktiiviset kuljetukset ovat esituotannollisia kuljetuksia, mitkä tapahtuvat ennen valmistuksen aloitusta. Esituotannollisia kuljetuksia ovat esimerkiksi raaka-aineiden kuljetukset tuotantolaitokselle ja siirto varastosta valmistukseen. Preproduktiivisten kuljetusten olisi hyvä olla halpoja ja tehokkaita, koska yleensä tässä kohtaa materiaalia on määrällisesti paljon ja se on halpaa sekä kestävä. (Hokkanen ym. 2011, 83.)

Interproduktiiviset kuljetukset tarkoittavat tuotannon välillä tapahtuvia kuljetuksia. Interproduktiivisia kuljetuksia on valmistusvaiheiden aikana tai niiden välissä. Tyypillisesti tuotannonvälisten kuljetusten kohteena on puolivalmisteet tai valmistuksessa syntyneet jätteet. Mikäli interproduktiivisia kuljetuksia ei ole synkronoitu tuotannon valmistuksen kanssa voi seurauksena olla ruuhkaa taikka koneiden tyhjäkäyntiä. Tämän takia on todella tärkeää varmistaa, että ne on synkronoitu ajallisesti tarkkaan tuotannon kanssa. (Hokkanen ym. 2011, 83.)

Postproduktiivisia kuljetuksia ovat jälkituotannolliset kuljetukset mitkä tapahtuvat vasta kaikkien tuotannon valmistusvaiheiden jälkeen. Tällöin kuljetuskohteena on valmis tuote, mikä kuljetetaan valmistuksen loppupisteen sijainnista joko varastoon tai suoraan lähettämöön. Postproduktiivisen kuljetuksen on oltava nopea ja varovainen, sillä valmis tuote on arvokas ja se voi vahingoittaa kuljetuksessa. Valmiin tuotteen ollessa kallis saa kuljetuskin maksaa, koska rikki mennyt tai vahingoittunut tuote voi aiheuttaa suurenkin rahallisen tappion. (Hokkanen ym. 2011, 83.)

## 7 MATERIAALINKÄSITTELY

Sisäiset siirrot ovat oleellisesti osallisia tuotantolaitoksen materiaalivirtaan ja tämän takia ne lasketaan materiaalinkäsittelyksi. Materiaalinkäsittely tarkoittaa materiaalin fyysistä liikuttelua sekä materiaalin muokkaukseen liittyviä tuotannon toimintoja. Myös keräily kuuluu materiaalinkäsittelyyn. (Hokkanen ym. 2011, 84, 139, 141.) Materiaalinkäsittely liittyy siis oleellisesti tähän työhön ja tässä luvussa käydään läpi materiaalinkäsittelyä sisäisten siirtojen sekä keräilyn näkökulmasta.

Materiaalinkäsittelyn tehokkuuden takaamiseksi on hyvä miettiä erilaisia tavoitteita. Esimerkkejä tavoitteista (Waters 2003, 297):

- materiaalia siirrellään varastossa vain tarpeen mukaan
- vähemmän siirtoja ja lyhyemmät siirtelyvälit → siirtely nopeutuu
- hukatun tilan määrän vähentäminen → varastointikapasiteetti kasvaa
- tehokkaiden työvaiheiden käyttö → säästää kustannuksia
- tehokkaan materiaalinhallintaohjelmiston käyttö → vähemmän virheitä.

Edellä mainitut tavoitteet riippuvat suurelta osin materiaalinkäsittelyssä käytettävistä koneista/laitteista ja niiden valinnasta. Oikein valitut koneet ja laitteet vaikuttavat mm. siirtojen nopeuteen, minkälaisia ja kokoisia tuotteita voidaan siirtää, kustannuksiin, työntekijöiden määrään ja layoutiin.

Materiaalinkäsittely voi tapahtua joko mekaanisesti, puoliautomaattisesti tai automaattisesti. (Hokkanen ym. 2011, 140; Waters 2003, 297.)

Automaatiotasoon vaikuttavat tavaramäärät: suurempiin tavaramääriin käytetään korkeampaa automaatiotasoa, kun taas pienillä tavaramäärillä mekaaninen materiaalinkäsittely on edullisempaa. Tavaramäärän lisäksi automaatiotason valintaan vaikuttavat useat eri tekijät ja se vaatii paljon analyysiä, avaintekijöinä: kuormien fyysiset ominaisuudet (koko, paino, jne.), siirrettävien kuormien määrä, siirrettävän matkan pituus sekä vaadittu siirtonopeus. Automaation kanssa voi tulla ongelmia, jos pakkausten fyysiset ominaisuudet vaihtelevat paljon. Automaatio sopii siis parhaiten isojen

tavaramäärien käsittelyyn, kun pakkaukset ovat kooltaan yhdenmukaisia. (Hokkanen ym. 2011, 142; Waters 2003, 300.)

### 7.1 Mekaaninen materiaalinkäsittely

Mekaaninen materiaalinkäsittely tarkoittaa materiaalinkäsittelyä, jonka työvoimana käytetään ihmisiä ja/tai työkoneita. Pääpointti mekaanisessa materiaalinkäsittelyssä on, että oli sitten ratkaisu mikä tahansa, niin koneet/laitteet ovat jonkin käyttäjän hallinnassa. Esimerkiksi jonkun pitää ajaa trukkia ja kontrolloida nosturia. Jossain varastoissa ei ole lainkaan työkoneita, jolloin materiaalinkäsittely on manuaalista. Täysin manuaalisessa materiaalinkäsittelyssä tavarat ovat joko hyllyissä tai laatikoissa ja keräilijät keräävät niistä tuotteet suoraan johonkin laatikkoon tai vastaavaan keräilyastiaan, mikä on jonkinlaisessa keräilykärjessä. Mekaanisessa materiaalinkäsittelyssä korvataan osa/osia manuaalisen varaston työstä koneilla/laitteilla. Esimerkkejä korvaavista koneista/laitteista (Hokkanen ym. 2011, 140; Waters 2003, 298–299):

- erilaiset trukit (työntömasto-, keräily-, vastapainotrukki yms.)
- nosturit
- hinausvaijerit
- kuljettimet
- karusellit
- traktorit.

Seuraavaksi käsitellään erilaisia mekaanisessa materiaalinkäsittelyssä käytettäviä koneita ja laitteita. Trukki on tässä työssä kaikkein oleellisin materiaalinkäsittelyyn tarvittava kone, joten trukkityyppit käydään tarkasti läpi omassa luvussaan. Muut koneet ja laitteet käydään läpi pintapuolisesti.

### 7.1.1 Trukit

Trukki on moottorikäyttöinen työkonne, jota käytetään materiaalin siirtelyyn. Trukki on yleisimmin varustettu haarukoilla ja nostokelalla, mutta haarukoiden tilalle voidaan laittaa myös tartuntapihdit. Trukkien ominaisuudet poikkeavat toisistaan ja on tärkeää osata valita sopiva trukki yrityksen tarpeiden mukaan. Trukkien nostokorkeudet vaihtelevat metristä kymmeneen metriin ja nostokyky sadasta kilosta jopa yli viiteenkymmeneen tonniin. Trukit ovat käyttöominaisuuksiltaan joustava ja sen takia se on käytetyin kone tavaroiden siirtelyyn varastoissa. Trukin kääntyvät pyörät mahdollistavat kuljetusreitien vaihtelun. Trukki on edullinen työväline suhteessa sen monikäyttöisyyteen sekä kompaktiuteen. (Hokkanen ym. 2011, 144.)

Trukki ei kuitenkaan ole sopiva kaikkiin siirtoihin. Tavarat tulee olla pakattu käsittely-yksiköihin, jotta trukki soveltuu esimerkiksi nesteiden ja jauheiden siirtelyyn. Tasainen lattiapinta ja varaston yksitasaisuus on edellytyksiä trukin käytölle. Vaihtelu lattiatasoissa sekä liikkuminen useissa kerroksissa vie trukin käytöstä tehokkuuden. Trukki ei sovellu myöskään irtokäsittelyyn, jos kyseessä on suuret kappaletavaravolyymit. Tällöin tavaroiden siirto trukin kyytiin vie liikaa aikaa. (Hokkanen ym. 2011, 144.)

Trukkeja on mahdollista saada nostokyvyltään, kooltaan, käyttövoimaltaan ja käyttökohteeltaan monia erilaisia. Trukin moottorin voimanlähteenä käytetään joko sähköä, dieseliä, bensiiniä tai nestekaasua. Vastapainotrukit sekä varastotrukit ovat kaikista yleisimmät trukkityypit. (Mitsubishi Logisnext Europe B.V. 2024.)

Tässä työssä oleellisia trukkityyppejä ovat vastapaino-, keräily-, pinonta- ja työntömastotrukit. Tämän takia muita trukkityyppejä ei käsitellä tarkemmin. Seuraavaksi käydään läpi edellä mainitut työn kannalta oleelliset trukkityypit. Trukkien välillä voi olla pieniä eroja valmistajan mukaan ja sen takia nostokyky ja -korkeus sekä ajonopeus ovat suuntaa antavia. Ominaisuudet ja käyttökohteet sen sijaan ovat suhteellisen samoja valmistajasta riippumatta. Tässä työssä käytetään trukkien vertailussa Toyota Material Handling Finland



Oy:n trukkeja, koska heidän nettisivunsa olivat selkeimmät ja trukkeja pystyi helposti vertailemaan jo pelkän yleisnäkymän perusteella.

### **Vastapainotrukit**

Kaikista eri trukkityypeistä suosituin on vastapainotrukki. Ne sopivat monipuolisesti varaston eri tehtäviin (purku, lastaus, keräily, siirrot) ja niitä on mahdollista saada sekä ulko- että sisäkäyttöön. Vastapainotrukkien toimintaperiaate on hyvin yksinkertainen: trukin takana on vastapaino ja sen suuruus määrittää trukin nostokyvyn. Eli mitä suurempi vastapaino niin sitä suurempi nostokyky trukilla on. Vastapainotrukit toimivat joko sähköllä, dieselillä tai nestekaasulla. Kaikkien käyttövoimatyyppien vastapainotrukit sopivat ulko- ja sisäkäyttöön, mutta dieselillä toimiviin vastapainotrukkeihin pitää asentaa suodatin, jos niitä aiotaan käyttää sisällä. Yleisillä kulkuväylillä ajettaessa trukin tulee olla rekisteröity ja sillä on oltava liikennevakuutus. (Mitsubishi Logisnext Europe B.V. 2024.)

Käyttövoiman mukaan vastapainotrukeissa on hieman eroja. Polttomoottorilliset vastapainotrukit ovat useimmiten varustettu neljällä pyörällä, kun taas sähkömoottorilliset kolmella tai neljällä pyörällä. Kolmipyöräinen trukki kulkee ahtaissa tiloissa paljon sulavammin, sillä sen kääntyvyys on parempi mitä nelipyöräisillä. Nelipyöräiset trukit ovat taasen käytöltään vakaampia kuin kolmipyöräiset. (Mitsubishi Logisnext Europe B.V. 2024.)

Sähkökäyttöisten vastapainotrukkien nostokyky on 1000–8000 kg ja nostokorkeus on 4700–7500 mm, kun taas polttomoottorikäyttöisissä lukemat ovat 1500–8000 kg ja 6000–7000 mm. Ajonopeus on polttomoottorikäyttöisissä 12,5–24 km/h, mikä on hieman suurempi mitä sähkökäyttöisissä (12,5–20 km/h). Kuvassa 11 on Toyota Traigo 48 V, 3-pyöräinen sähkökäyttöinen vastapainotrukki 2 t nostokyvulla. (Toyota Material Handling Finland Oy 2022g; Toyota Material Handling Finland Oy 2022i.)



Kuva 11. Toyota Traigo (Toyota Material Handling Finland Oy 2022i).

### **Varastotrukit**

Varastotrukit ovat käytöltään monipuolisia. Varastotrukeilla pystyy siirtelemään, pinoamaan ja hyllyttämään kuormalavoja sekä ne sopivat keräilyyn. Yleisesti varastotrukkeja käytetään vain sisätiloissa ja niiden käyttövoimana on akut. Varastotrukit voidaan jakaa käyttötarkoituksen perusteella kapeakäytävä-, keräily-, lavansiirto-, monitie-, pinoamis-, työntömasto- ja vetotrukkeihin. (Mitsubishi Logisnext Europe B.V. 2024.)

### **Keräilytrukit**

Keräilytrukit kiihtyvät nopeasti ja niiden ajonopeus on suuri (~12 km/h). Sen takia ne soveltuvat myös hyvin pitkille matkoille nopeisiin kuljetuksiin. Keräilytrukkeihin meno ja niistä poistuminen on vaivatonta ja niissä on hyvät säilytystilat työkaluille sekä muille tarpeellisille tavaroille. Kuvassa 12 on Toyotan BT Optio matalakeräilytrukki 2500 kg nostokyvyllä. (Toyota Material Handling Finland Oy 2022a.)



Kuva 12. Toyota BT Optio (Toyota Material Handling Finland Oy 2022a).

Keräilytrukit jaetaan matalakeräily- ja korkeakeräilytrukkeihin sekä keskitason keräilytrukkeihin. Matalakeräilytrukeilla nostokyky on 1000–2500 kg, keskitason keräilytrukeilla max 1 000 kg ja korkeakeräilytrukeilla 1000–1200 kg. Nostokorkeus matalakeräilytrukeilla on 200–4200 mm, keskitason keräilytrukeilla 1700–2500 mm ja korkeakeräilytrukeilla 10200–11200 mm asti. (Toyota Material Handling Finland Oy 2022e.)

Nykyajan keräilytrukeissa on ohjausjärjestelmät kehittyneet niin pitkälle, että trukin ohjauspylvästä pystyy siirtämään oikealle tai vasemmalle keskiasennosta ja täten trukkia pystytään liikuttamaan eteen ja taakse trukin vierellä ollessa. Toinen nykytrukkeihin tullut ominaisuus on nopeuden rajoitus käänöksissä (25° ylitys ohjauspyörän kulmassa) tai kuormattuna. (Toyota Material Handling Finland Oy 2022a.)

### **Pinontatrukit**

Pinontatrukit soveltuvat sekä kevyiden että raskaiden tuotteiden pinoamiseen. Niitä voidaan soveltaa pinoamisen lisäksi varaston sisäisissä kuljetuksissa ja keräilyssä. Pinontatrukkien käsittely on helppoa ja pinontatrukit pystyvät toimimaan ahtaassakin tilassa. Pinontatrukit pystyvät nostamaan ja pinoamaan kuormia maksimissaan jopa kuuteen metriin. Pinontatrukit voidaan jakaa niiden

ominaisuuksien perusteella kävellen käytettäviin sekä ajotasolla, työntömastolla tai tukipyörillä varustettuihin pinontatrukkeihin. (Toyota Material Handling Finland Oy 2022f.)

Kävellen käytettävien pinontatrukkien nostokyky on 1000–2000 kg ja nostokorkeus 2100–5400 mm. Ne soveltuvat lyhyille kuljetusmatkoille. Kävellen käytettävien pinontatrukkien valikoimasta löytyy ratkaisu, jos on tarve käsitellä yhtä tai kahta kuormalavaa kerrallaan, käyttöalue on epätasainen tai ihan vaan kevyet pinontatehtävät. Ajotasolla varustetut pinontatrukit ovat nostokyvyltään samaa luokkaa mitä kävellen käytettävät, mutta ajotasolla varustetuissa nostokorkeus on 2500–6000 mm. Nopeus on mallin mukaan 6–10 km/h välillä. Ajotasolla varustetut pinontatrukit soveltuvat pitkiin matkoihin varaston sisällä sekä kuorman lastaukseen ja purkamiseen. Ne suoriutuvat myös yhden tai kahden kuormalavankäsittelystä, raskaista ja kevyistä kuljetuksista sekä epätasaisesta käyttöalueesta. (Toyota Material Handling Finland Oy 2022f.)

Nykyaikaiset tukipyörillä varustetut pinontatrukit ovat soveltuvia mallin mukaan kapeillakin käytävillä pinontaan, hyllytykseen ja keräilyyn, kuorman purkuun ja lastaukseen sekä varaston sisäisiin kuljetuksiin. Tukipyörätrukkien nostokyky on 1600–2000 kg, nostokorkeus 2500–5400 mm ja nopeus 10–12,5 km/h. Tukipyörätrukeissa on keräilytrukeissa-kohdassa mainittu nopeuden rajoitus käänöksissä ja sen lisäksi hyvä näkyvyys joka suuntaan sekä pieni kääntöympyrä tuomaan helpotusta ohjaukseen. Mallin mukaan pystyy valitsemaan eri ominaisuuksia, kuten esimerkiksi kuljettajan tilan suojan (5400 mm nostokorkeuden malleissa) tai kahden lavan käsittelyn (trukki nostaa haarukoilla sekä tukihaarukoilla 2 x 1000 kg). Kuvassa 13 on Toyotan BT Staxio 1,6 Li-on tukipyöräinen pinontatrukki. (Toyota Material Handling Finland Oy 2022c; Toyota Material Handling Finland Oy 2022d.)



Kuva 13. Toyota BT Staxio (Toyota Material Handling Finland Oy 2022c).

Työntömastolla varustetuissa pinontatrukeissa yhdistyvät pinontatrukin kompakti koko ahtaissakin väleissä ja työntömastotrukin joustavuus työskentelyssä. Työntömastolla varustetut pinontatrukit ovat hyviä silloin, kun tukihaarukoiden tiellä on jokin este, esimerkiksi hyllyn alaosa. Niillä on mahdollista käsitellä kaikkia mahdollisia kuormalavamalleja. Nostokyky on maltillinen 1200 kg ja nostokorkeus 4800 mm. Nopeus vaihtelee mallin mukaan 6–8 km/h. (Toyota Material Handling Finland Oy 2022f.)

### **Työntömastotrukit**

Työntömastotrukki on monipuolinen trukki, joka soveltuu moniin eri toimintoihin varastossa. Työntömastotrukkeja on erilaisia käyttökohteiltaan ja ominaisuuksiltaan. Niitä on saatavilla perusmalleina, korkeaan nosteluun, kallistuvalla ohjaamalla, ahtaisiin tiloihin soveltuvina sekä ulko- ja sisätiloihin. Työntömastotrukeissa on korkeampi nostokorkeus mitä keräily- ja pinontatrukeissa. Nostokorkeus vaihtelee mallin mukaan 7000–13000 mm. Myös ajonopeus on työntömastotrukeissa hieman nopeampi: 10–14 km/h. Nostokyky on 1200–2500 kg. (Toyota Material Handling Finland Oy 2022j.)

Kuvassa 14 on Toyotan sisä- ja ulkotiloihin soveltuva työntömastotrukki BT Reflex 1600 kg nostokyvyllä. Korkea maavara sekä kumipyörät ovat edellytys

käyttöön ulko- ja sisätiloissa. Maavara on jopa 145 mm ja kumipyörissä on joustoa. (Toyota Material Handling Finland Oy 2022b.)



Kuva 14. Toyota BT Reflex (Toyota Material Handling Finland Oy 2022b).

Perusmallit soveltuvat yleisiin työntömastotrukin tehtäviin ja niillä pystyy tekemään monipuolisesti töitä työvuoron aikana. Korkean nostokorkeuden ja -kyvyn sekä kallistuvan ohjaamon työntömastotrukit sopivat vaativiin ja korkeisiin nostoihin. Molemmissa on hyvä näkyvyys kuormalle, mutta kallistuvan ohjaamon ansiosta trukin kuljettaja näkee vielä paremmin kuorman. Ahtaiden tilojen työntömastotrukit sopivat ominaisuuksiltaan esimerkiksi lattiatasolla tapahtuvaan pinontaan ja syväkuormaushyllystöihin. Ulko- ja sisätiloissa operoivat työntömastotrukit soveltuvat pihatyöskentelyyn ja kuljetusyksikön purkamiseen ulkona, hyllytyksen sisällä sekä ulko- ja sisäkuljetuksiin varaston alueella. (Toyota Material Handling Finland Oy 2022j.)

#### 7.1.2 Muut mekaanisen materiaalinkäsittelyn koneet ja laitteet

##### **Nosturit**

Tyypillisimmät teollisuudessa ja varastossa käytettävistä nostureista ovat siltanosturit. Siltanostureita käytetään raskaiden materiaalien käsittelyssä,

esimerkkinä teräslevyt ja -kelat. Erilaisia siltanosturityyppejä ovat ketjunostin- ja köysinostinnosturit sekä raskaammat teollisuusnosturit. (Hokkanen ym. 2011, 146: Konecranes 2024a.)

### **Hinausvaijerit**

Hinausvaijerit soveltuvat omalta osaltaan materiaalinkäsittelyyn. Hinausvaijerit on asennettu tietyn kiinteän reitin varrelle. Niiden avulla pystyy siirtämään reittiä pitkin erilaisia vaunuja. (Waters 2003, 298.)

### **Kuljettimet**

Kuljettimet toimivat sähkömoottorilla, ne ovat tyypillisesti kiinteärakenteisia ja niiden runko on kuljetettavan matkan pituinen. Kuljetinratkaisuja on paljon erilaisia: hihna-, lamelli-, rulla-, kiekko- ja ketjukuljettimet, pneumaattiset kuljettimet sekä elevaattorit. Kuljettimet ovat ominaisuuksiltaan helposti muokattavissa, sillä ne ovat joko upotettuja tai pintarakenteisia. Niitä saa vaakatasoon sekä nousevina/laskevina ja niitä voi asentaa varastossa melkein päähän mihin vaan (seinät, lattiat, katot). (Hokkanen ym. 2011, 144.)

Kuljetin sopii käytettäväksi, kun siirrettävät määrät ovat suuria ja intensiivisiä kahden kiinteän pisteen välillä. Kuljettimia suunniteltaessa varastoon on huomioitava suunnittelun tärkeys, sillä asennetun kuljettimen reitin muuttaminen on vaikeaa ja kustannukset voivat karata suuriksi. Kuljettimet vievät paljon tilaa lattialla, joten se pitää ottaa myös huomioon. (Hokkanen ym. 2011, 145.)

### **Karusellit**

Karuselleja on pysty- ja vaakasuoria. Pystysuorat karusellit eli paternosterit käsitellään puoliautomaattisen materiaalinkäsittelyn yhteydessä. Vaakatason karuselli voi olla esimerkiksi rinnakkain olevia rullakkoja tai hyllyjä, jotka on kiinnitetty toisiinsa. Rullakot/hyllyt liikkuvat kiinteää rataa pitkin ja matkan varrella on tavaran keräily- ja täyttöpaikat. Vaakatason karusellien pituuteen vaikuttavat vaadittava hakunopeus sekä käytössä oleva tila. (Karhunen ym. 2008, 366–367; Waters 2003, 299.)

## Traktorit

Traktoreita voidaan käyttää ulkona tapahtuvassa materiaalinkäsittelyssä. Traktorit ovat vahvoja voimayksiköitä, joiden avulla pystytään esimerkiksi vetämään raskaita kuormia, jotka on lastattu perävaunuyksikköihin. Niiden avulla pystytään kuljettamaan perävaunuyksikkö haluttuun paikkaan. (Waters 2003, 299.)

### 7.2 Automaattinen ja puoliautomaattinen materiaalinkäsittely

Puoliautomaattinen materiaalinkäsittely tarkoittaa sitä, että automatisoinnilla tuetaan joitain tiettyjä mekaanisen materiaalinkäsittelyn toimintoja. Täysin automatisoituja varastoja ovat materiaalinkäsittelyltään usein korkeavarastot, joissa on tietokoneohjaus sekä tunnistustekniikat ja niiden laitteisto on joko AS/RS (engl. Automated Storing/Retrieving System) tai hyllytalo. Robotiikka, paternosterit, automaatti- ja etäohjatut trukit sekä automaattilajittelu ovat myös esimerkkejä automatisoiduista materiaalinkäsittelyjärjestelmistä. (Hokkanen ym. 2011, 146, 148; Toyota Material Handling Finland Oy 2022h.)

AS/RS-järjestelmiä käytetään yleisesti tuotanto- ja jakelulaitoksissa. Niiden avulla säästetään hyllytilaa, parannetaan turvallisuutta ja nostetaan tuottavuutta. AS/RS-järjestelmä varastoi tuotteet tehokkaasti ja tuotteiden keräily on nopeaa ja vaivatonta. Järjestelmä toimii tavara keräilijän luo periaatteella. Luvussa 7.2.4 käsitellään paternostereita ja hissiperiaatteella toimivia varastoautomaatteja, jotka ovat esimerkkejä AS/RS-järjestelmistä. (Kardex 2024.)

#### 7.2.1 Automatisoidut korkeavarastot

Automatisoitu korkeavarasto on varasto, jossa varastonkorkeus 12,5–45 m, jolloin mekaanisten materiaalinkäsittelylaitteiden nostokorkeus ei ole riittävä. Automatisoituihin korkeavarastoihin voidaan varastoida lava- sekä pientavaraa. Korkeavarastoissa keräilyn ja hyllytyksen hoitaa käytävillä kulkevat tietokoneilla



ohjatut noutimet. Useimmiten noutimien nousunopeus on 0,5 m/s ja vaakanopeus vaihtelee 1,5–2 m/s välillä. Noutimien ohjaus perustuu varastohallintajärjestelmään, joka antaa saapuvalle tavaralle koodin, jonka mukaan se määrittää tavaralle hyllypaikan. Noutimilla on omat asemat, joihin automaattikuljetin tuo hyllytettävät tavarat. Keräys tapahtuu käänteisesti eli noutimet tuovat kerättävät tavarat asemalle, josta automaattikuljetin siirtää ne eteenpäin. Automaation ansiosta tarvitaan ihmisiä vain lähettämöön ja vastaanottoon tämän tyylisissä varastoissa. (Hokkanen ym. 2011, 148; Karhunen ym. 2008, 353–354, 356.)

Toinen automatisoitu korkeavarastotyyppi on hyllytalo, jonka järjestelmän toiminta poikkeaa automaattinoutimesta vähäsen. Tässä järjestelmässä on hyllystöhissi sekä poikittais- ja pitkittäiskäytävät, joista hyllyt koostuvat. Tavaroiden siirtelyyn käytetään erikoisvaunua, joka on suunniteltu liikkumaan käytävillä. Käytävät itsessään ovat hyllypaikkoja ja vaunu kulkeekin niiden alla olevia johteita pitkin. Vaunuja on yksi per käytävä ja vaunujen liikennettä käytävillä valvoo tietokone, mikä estää törmäykset. Hyllystö toimii kantavana rakenteena ulkoseinille sekä katolle ja tästä tuleekin nimi hyllytalo. (Hokkanen ym. 2011, 148.)

### 7.2.2 Automaatti- ja etäohjatut trukit

Automaattiohjatusta trukeista käytetään eri nimityksiä kuten AGV (Automated Guided Vehicle) ja vihivaunu. Vihivaunu ja sen ohjaukseen tarkoitetut laitteet muodostavat yhdessä vihivaunujärjestelmän. Vihivaunujärjestelmän materiaalinkäsittelyssä on paljon samaa mitä mekaanisessa materiaalinkäsittelyssä, mutta olennainen ero on vihivaunusta puuttuva trukin kuljettaja. Vihivaunujärjestelmässä on suunniteltuna reitti, jota pitkin vaunut kulkevat. Ennen tekniikan kehittymistä vihivaunujen ohjaus tapahtui induktiokaapeloinnilla. Vihivaunut kulkivat lattiaan upotetun kaapelin mukaisia kulkureittejä. Nykyään vihivaunujen ohjaukseen on kaksi erilaista tapaa: kiinteään rataan ja vapaaseen sijainninmääritykseen perustuvat ohjaukset. (Hokkanen ym. 2011, 146.)

Kiinteän radan ohjaus on alkuperäisen ohjauksen kaltainen, mutta sen toteutukseen on valittavissa nykyään useita eri vaihtoehtoja. Lattian pinnalle voidaan asentaa magneettinauhoja, valoa heijastavia nauhoja tai nauhoja, joissa on päällysteenä valoherkkä kemikaali. Magneettiset tai induktiiviset kaapelit ovat myös nykyään käytössä ja ne upotetaan lattiaan. Lattian pinnalle asennetut ohjaimet ovat huomattavasti helpommin muokattavissa mitä upotettavat ohjaimet. (Hokkanen ym. 2011, 146.)

Kuten kiinteän radan ohjaus niin myös sijainninmääritykseen perustuva ohjaus on mahdollista suorittaa monella eri tapaa. Yleisimmät tavat ovat laserohjaus sekä paikanmääritys mikä perustuu magneettipisteisiin. Näissä järjestelmissä vihivaunussa sijaitsevaan tietokoneeseen asennetaan käytettävät kulkuväylät ja tietokone määrittää vihivaunulle sijainnin pyörien pyörimisnopeuden ja ohjaukskulmien perusteella. Tämä määrittäminen on mahdollisesti epätarkka ja sitä korjataan kahdella eri järjestelmällä. Laserohjauksessa asennetaan vihivaunuihin peilejä, joiden avulla vihivaunu laskee tasokoordinaatit ja määrittää sijainnin. Vähintään kahteen peiliin on saatava heijastussäde, jotta tämä onnistuu. Magneettipisteohjauksessa lattiaan upotetaan magneeteista luotu verkosto ja vihivaunuun asennetaan magneeteille tunnistin, jonka avulla sijainti määrittyy. (Hokkanen ym. 2011, 146–147.)

Vihivaunujärjestelmän selkeitä etuja ovat työntekijöiden määrän vähentäminen ja inhimillisten virheiden poistaminen trukki ajosta. Puoliautomaattisessa materiaalinkäsittelyssä on keräilyalue, jossa keräilijä keräilee tavaroita vihivaunulle, joka kuljettaa ne eteenpäin. Vihivaunu voi olla myös osa materiaalinkäsittelyautomaatiota. (Hokkanen ym. 2011, 147.) Kuvassa 15 Mitsubishin vihivaunu eli automaattiohjattu trukki.



Kuva 15. Mitsubishin automaattiohjattu trukki (Mitsubishi Logisnext Europe B.V. 2024).

Etäohjattavuus on toiminto, mikä on kehitetty keräilytrukkeihin. Etäohjattavuus mahdollistaa trukin liikuttelun ilman että keräilijän tarvitsee nousta trukkiin ja ajaa sitä. Täten keräilijä voi olla trukin takana tai vieressä ja jatkaa keräilyä samalla kun trukki liikkuu eteenpäin. Etäohjattavuus säästää huomattavasti aikaa, millä on suora yhteys keräilijöiden tuottavuuden kasvuun ja keräilyn virtauksen sujumiseen. Manuaalisiin keräilytrukkeihin verrattuna tuottavuus voi kasvaa jopa 20 % etäohjattavien trukkien ansiosta. Kuvassa 16 on havainnollistettuna kaukosäätimen sormiohjaus. (Toyota Material Handling Finland Oy 2022h.)



Kuva 16. Kaukosäädin keräilytukin etäohjaukseen (Toyota Material Handling Finland Oy 2022h).

Etäohjattavuus perustuu kaukosäätimeen. Kaukosäätimessä on kaksi painiketta ja se kiinnitetään käyttäjän etusormeen. Kaukosäädin toimii sekä oikeassa että vasemmassa kädessä ja sitä voi käyttää paljain käsin sekä hanskojen kanssa. (Toyota Material Handling Finland Oy 2022h.)

Tämä puoliautomaattinen ratkaisu vähentää myös keräilijän tapaturmariskiä sekä kuormitusta, koska keräilijän ei tarvitse koko ajan nousta ja poistua trukin kyydistä. Keräilijän kädet pysyvät myös täysin vapaina koko ajan sormiohjauksen ansiosta. Muita turvallisuutta lisääviä tekijöitä etäohjauksessa ovat turvaskanneri (havaitsee yhden metrin sisällä olevat esineet), maltillinen 4 km/h nopeus sekä vilkkuva varoitusvalo. (Toyota Material Handling Finland Oy 2022h.)

### 7.2.3 Robotiikka

Robotiikka on järjestelmä, jossa ohjelmoidaan haluttu määrä toimintoja mikroprosessoriohjattuun laitteeseen, joka kykenee suorittamaan erilaisia liikeratoja. Robotteja käytetään teollisuudessa paljon esimerkiksi hitsauksen ja maalauksen toiminnoissa. Näissä toiminnoissa robotin pitää suorittaa samat liikesarjat, jolloin sen ohjelmointikin on helpompaa. Logistiikassa robotiikan käyttö on haastavampaa materiaalinkäsittelyssä käsiteltävien tavaroiden fysikaalisten ominaisuuksien sekä tarvittavien toimenpiteiden vaihtelevuuden takia. (Hokkanen ym. 2011, 147.)

Logistiikassa robotiikan yleisimpiä käyttökohteita ovat automaattisena pakkaus koneena tai kuormien purkajana toimiminen. Edellä mainituissa vihivaunuissa on hyödynnetty robotiikkaa ja niihin on tarjolla lisälaitteita eri tyyppisten materiaalien käsittelyyn. Epäinhimilliset olot kuten kova melu ja pakkasvarastot ovat myös syitä robotiikan käytölle. (Hokkanen ym. 2011, 147–148.)

#### 7.2.4 Paternosterit ja hissiautomaatit

Paternoster on pystysuora karuselli. Paternoster on umpinainen ja se koostuu karusellihyllystä. Asettamalla kaksi paternosteria selät vastakkain, säästetään varastointi- ja käytävätilaa. Paternostereita on mahdollista käyttää erilaisissa varastointitarpeissa kuten lavatavaroiden, pitkien tavaroiden ja pientavaroiden varastoinnissa. Täyttö ja keräily tapahtuvat joko koneella tai käsin samasta paikasta hyllystön edestä lattiatasolta. Paternosterien koko vaihtelee muutamasta hyllystä jopa 20 metriin. (Hokkanen ym. 2011, 148; Karhunen ym. 2008, 366.)

Keräily ja täyttö paternosterilta tapahtuu asettamalla halutun hyllytason koodi laitteeseen. Tämän jälkeen laite tuo koodilla olevan hyllytason keräilytasolle. Paternosterit kannattaa yleensä integroida yrityksen tietojärjestelmään, jotta automaatin suorittama keräily on mahdollista tehdä tilausnumeroiden perusteella. Umpinaisen rakenteensa ansiosta paternosterit suojaavat tuotteita mm. pölyltä, liialta, auringonvalolta ja katseilta. Paternosterit parantavat työturvallisuutta poistamalla korkeat nostot ja nousut eri tasojen välillä ja työskentelykorkeus on ergonominen. (Hokkanen ym. 2011, 148; Karhunen ym. 2008, 367.)

Hissiperiaatteella toimivat varastoautomaatit soveltuvat parhaiten pientavaran varastointiin. Hissipöytä tuo tavarat keräily- ja täyttöpaikalle. Hissikuilu sijaitsee laitteen keskellä ja paletit laitteen etu- ja takapuolella. Palettien koko vaikuttaa säilytettävän tavarankokoon ja suuria paletteja käyttämällä on mahdollista varastoida myös suurikokoisia tuotteita. Sisätiloja on mahdollista muokata varastoitavan tavarankokoon mukaisesti. Hissiperiaatteella toimivat varastoautomaatit lyhentävät paternosterien tapaan keräily- ja hyllytyksen viemää aikaa. (Intolog 2024.)

Hissiautomaatit toimivat samalla periaatteella mitä paternosterit, eli tavarankokoon vastanottaa, hyllyttää ja antaa keräilijälle laite itse ts. varstorobotti. Tavara asetetaan hissiautomaattiin ja kuitataan saldoille ja sitten automaatti vie tavarankokoon sopivalle paikalle. Varastosaldo pysyy täten täydellisenä, koska jokainen

täyttö ja keräily tallentuu automaatin järjestelmään. Varastoautomaatti toimii käytössä ihan omana järjestelmänään, mutta sen käyttö on tehokkainta, kun varastohallintajärjestelmä sisältyy varastoautomaattijärjestelmään. Täten varastopaikkojen hallinta ja prosessien tehostus helpottuu. Kuvassa 17 on Konecranesin Agilon varastoautomaatti kuvattuna sisältä. (Intolog 2024; Konecranes 2024b.)



Kuva 17. Agilon varastoautomaatti (Konecranes 2024b).

### 7.2.5 Automaattilajittelu

Automaattilajittelua käytetään logistiikassa useimmiten kuljetinjärjestelmien kanssa ja tällöin toimintona on toimittaa kerätyt tuotteet oikean kuormauslaiturin luo. Kuljetinradalla on optiset lukijat, jotka lukevat pakkaamisen yhteydessä tavaroihin asennetut koodit ja ohjaavat tavarat kuljetinrataa pitkin oikeaan paikkaan. Yleensä käytössä on numeerinen viivakoodi, jonka sisältö on muokattavissa järjestelmän vaatimusten mukaisesti. Asiakastilauksen syöttö yrityksen tietojärjestelmään on tehokkain tapa hyödyntää automaattilajittelua. Kun tilaus on syötetty järjestelmään, se aktivoi keräilyn ja tarvittava koodi tulostuu automaattisesti. Tämä koodi kiinnitetään pakkausvaiheessa tilaukseen ja sen avulla tilaus ohjautuu eteenpäin. Näin vähennetään työmäärää ja lisätään nopeutta sekä tarkkuutta. (Hokkanen ym. 2011, 147.)

## 8 VARASTON TIETO- JA HALLINTAJÄRJESTELMÄT

Tietotekniikkaa hyödynnetään keräilyssä monin eri tavoin. Tietotekniikan käyttö keräilyn ohjauksessa on nykyään miltei välttämätöntä. Tietotekniikan avulla pystytään vaikuttamaan missä järjestyksessä tuotteet kerätään, ajoittamaan keräilyn aloitus haluttuun ajankohtaan, rytmittämään keräilyä halutun objektin mukaan (asiakaskohtaisuus ja jakelusuunta) ja kohdistamaan keräilyä eri varastoalueille. Tietotekniikka pystyy parhaimmillaan kohdistamaan keräilyä työntekijä- ja keräilykonekohtaisesti. (Ritvanen ym. 2011, 87.)

Usein yritykset sisällyttävät varaston tietojärjestelmät osaksi omaa toiminnanohjausjärjestelmäänsä. Tietojärjestelmien tehtävänä on tuottaa tiedot, joita tarvitaan työn suorittamiseen. Tieto saadaan tuotettua yrityksen tietokannoista ja ohjelmista, jotka käsittelevät tietokantoja. Varastossa laadukkaan ja tehokkaan toiminnan edellytyksenä on tietojärjestelmä, mikä on optimoitu yrityksen tarpeisiin ja todettu hyväksi ja toimivaksi. Tietokantoihin on tallennettu varaston kannalta oleelliset tiedot, kuten esimerkiksi tuotteiden (nimet, koodit, mitat & hinnat), varastoinnin (varastopaikat & -saldot), tavaran toimittajien, asiakkaiden ja kuljettajien tietoja. (Karhunen ym. 2008, 394.)

Tietojärjestelmien tavoin myös varastohallintajärjestelmät kytketään usein yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään. Varastohallintajärjestelmä auttaa hallitsemaan ja ohjaamaan sisälogistiikan fyysisiä toimintoja.

Varastohallintajärjestelmän olisi hyvä rekisteröidä kaikki sisälogistiikan toimintoihin liittyvät tapahtumat, jotta siitä saataisiin kaikki hyöty irti.

Varastohallintajärjestelmän käytöstä on monia erilaisia hyötyjä. Sen avulla pystyy jäljittämään tuotteita ja tilauksia, määrittämään varastopaikan ja tarkan sijainnin tuotteille, tehostamaan keräilyä sekä karsimaan virheiden määrää.

Tavarankäsittelyn minimointi ja tilausten käsittelyn maksimointi on keskeinen tehtävä varastohallintajärjestelmille. (Ritvanen ym. 2011, 62.)

Varastohallinnassa käytetään apuna erilaisia teknologioita, kuten viivakoodeja, puheohjausta sekä saattomuistia (RFID). Mainitut teknologiset ratkaisut tehostavat sisälogistiikan kannalta tärkeiden kohteiden (materiaalit, pääoma,

henkilöstö) käyttöä. Ne ovat hyviä työkaluja myös parantamaan laatua ja palvelutasoa sekä vähentämään turhaa työtä varastossa. (Ritvanen ym. 2011, 62.)

### 8.1 Automaattiset tunnistamistekniikat

Automaattisen tiedonkeruun tehtävä on yksinkertaistaa yrityksen operatiivista toimintaa, joka liittyy tietojärjestelmistä kerättävän tiedon tallentamiseen.

Automaattinen tiedonkeruu on vaatimus tarkan ja reaaliaikaisen tiedon saamiseksi, minkä lisäksi sen etuja ovat vähenevät virhemahdollisuudet sekä nopeutuvat työvaiheet. Viivakoodit, saattomuistit ja konenäkö ovat mm. erilaisia automaattisen tiedonkeruun tunnistamistekniikoita. Tunnistamistekniikat pohjautuvat kahteen eri tekniikkaan: optiseen tunnistamiseen (viivakoodit ja konenäkö) sekä radiotaajuustunnistamiseen (saattomuistit). Sekä optisen tunnistamisen että radiotaajuustunnistuksen tekniikka perustuu sähkömagneettisiin aallonpituuksiin. (Pastinen, Mäntynen & Koskinen 2003, 113.)

Kun laitteet kommunikoivat keskenään ilman että ihmisen tarvitsee osallistua siihen, on kyseessä automaattinen tunnistaminen. Automaattinen tunnistaminen tapahtuu, kun tunnistettavaan tuotteeseen kiinnitetty tunniste luetaan lukijalaitteella. Tunnisteen lukemiseen pystyy käyttämään lukijalaitetta, joka on kädessä pidettävää tai kiinteää mallia. Tunnisteen lukeminen tapahtuu ennalta määrättyssä paikassa ja lukemisen jälkeen luettu tieto muutetaan digitaaliseen muotoon ja siirretään tietokoneelle. Tiedon on mahdollista pitää sisällään yksityiskohtaisia tietoja tunnistettavasta tuotteesta. (Hokkanen & Virtanen 2016, 88–89.)

Nopeus, tarkkuus ja edullisuus ovat automaattisen tunnistuksen vahvuudet. Varastoissa ja toimitusketjuissa käytettäviä ohjausperiaatteita on mahdollista muuttaa automaattisen tunnistamisen avulla. Materiaalivirtojen ohjausta pystyy kohdistamaan siten, että se vaikuttaa yksittäisiin lähetyksiin tai tuotteisiin. (Hokkanen & Virtanen 2016, 89.)



### 8.1.1 Viivakoodit

Viivakoodilla tarkoitetaan optisesti tunnistettavaa merkkijonoa tai -muodostelmaa. Viivakoodin merkit, numerot, kirjaimet ja erikoismerkit muodostuvat erikokoisista mustista sekä vaaleista palkeista ja jokaiselle niille voidaan määrittää yksilöllinen palkkien yhdistelmä. Koodin reunoilla olevat marginaaliosat, selkokielineen osa ja viivakoodi itsessään muodostavat viivakoodin kolme osaa. Selkokielineen osa merkitään viivakoodin alapuolelle. Viivakoodi on siis järjestelmä, jonka avulla numerot ja kirjaimet voidaan esittää optisessa muodossa. (Hokkanen & Virtanen 2016, 91; Hokkanen ym. 2011, 228.)

Viivakoodi luetaan koneellisesti, jolloin lukijalaite lukee viivakoodin ja muuttaa sen tietojärjestelmälle sopivaan muotoon. Manuaaliseen tietojen syöttöön verrattuna viivakoodin käyttö on paljon nopeampaa ja virheettömämpää. Lisäksi viivakoodin käytön etuna on sen edullisuus. Varastojen hallinta, tavarankäsittely sekä tavaratoimitusten seuranta ovat viivakoodien käyttökohteita logistiikassa. (Bonnier Pro 2024.)

On olemassa useita erilaisia tapoja muodostaa viivakoodi. Käytettävä viivakoodityyppi määräytyy koodausvaatimusten mukaan. Viivakoodityyppien koodauksen vaativuuteen vaikuttavat koodaustapa, tiedon ja merkkien määrä, viivakoodin pituus sekä merkkivalikoima. Koodausvaatimus määräytyy pakkausten tyypin ja siten käyttäjän tarpeiden mukaan. (Bonnier Pro 2024; Ghiani ym. 2013, 227.)

270:stä ympäri maailmaa olevasta viivakoodista yleisessä käytössä on noin 50. Eniten käytettyjä viivakoodeja ovat lineaariset 1D-koodit. Niissä on vuorotellen peräkkäin mustia ja vaaleita palkkeja, joiden leveydet vaihtelevat ja palkkien eri yhdistelmillä voidaan muodostaa haluttuja merkkejä. 1D-koodit on mahdollista lukea myös takaperin koodissa olevien alku- ja lopputunnisteiden avulla. 1D-koodit muodostuvat maa- ja yritystunnuksesta sekä vapaasti määritettävästä tuotekoodista, joka on kolmenumeroinen. Tarkistusnumero on koodin lopussa

oleva viimeinen numero, jonka tehtävänä on varmistaa koodin oikeinluku. (Hokkanen & Virtanen 2016, 92.)

Kaksiulotteiset 2D-koodit ovat kuitenkin sivuuttamassa 1D-koodit. 2D-koodit voidaan jakaa kahteen eri ryhmään: pinottuihin koodeihin ja matriisikoodeihin. Pinotuissa koodeissa käytetään lineaarisia koodeja, mutta niitä on pinottu päällekkäin, mikä kasvattaa tietokapasiteettia. Pinottuja viivakoodeja voidaan kutsua myös monirivisiksi viivakoodeiksi. Matriisikoodeissa on mustia ja vaaleita elementtejä eri muodoissa, ja ne ovat muodoltaan erilaisia mitä lineaariset viivakoodit. 2D-koodeissa on vain pieni luentavirheen todennäköisyys, mikä on niissä olevien monien eri tarkistusmerkkien ansiota. Matriisikoodeissa oleva tieto on mahdollista tunnistaa osittain tuhoutuneesta viivakoodistakin. 2D-koodit ovat kaiken kaikkiaan kehittyneempiä mitä 1D-koodit. (Bonnier Pro 2024; Hokkanen & Virtanen 2016, 92.)

Yksiulotteiset koodit pystyvät esittämään reilun sata merkkiä, kun taas kaksiulotteiset matriisikoodit kykenevät kuvaamaan 8-bitin tavuina jopa tuhansia merkkejä. EAN, 2/5 interleaved ja code 39 ovat kaikkein käytetyimmät lineaariset viivakoodit. Yleensä lineaariset viivakoodit sisältävät 15–50 merkkiä. Monirivisistä viivakoodeista käytetyin on PDF417, jonka maksimikapasiteetti on 1800 merkkiä. Matriisikoodit ovat tehokkaita ja niistä tehokkain on Data Matrix-koodi. Se voidaan mitoittaa todella pieneksi (jopa 2 mm x 2 mm) ja silti se kykenee sisältämään 2335 alfanumeerista merkkiä. Kuva 18 havainnollistaa, minkä näköisiä eri viivakoodityypit ovat. (Bonnier Pro 2024; Hokkanen ym. 2011, 228–229.)



Kuva 18. Eri viivakoodityyppejä (Bonnier Pro 2024).

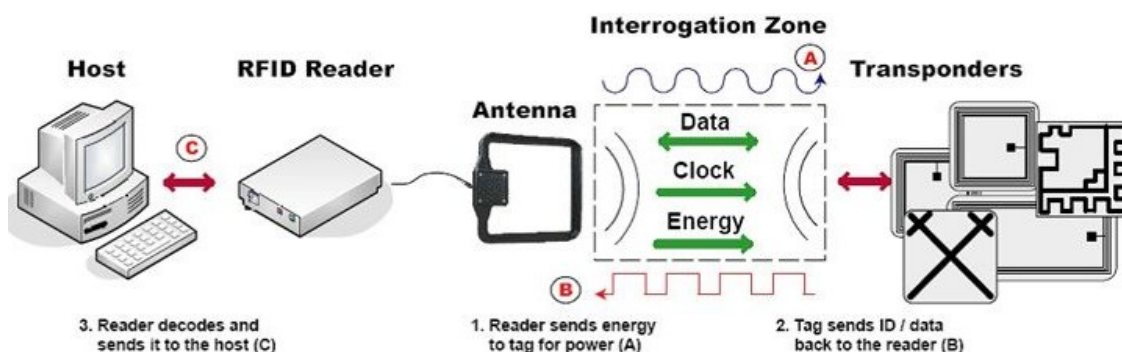
Teknisen näkökulman perusteella viivakoodinlukijat voidaan jakaa optisiin skannereihin ja laserskannereihin. Optisissa skannereissa on valonlähde, jolla valaistaan koodin pinta. Tällöin anturi pystyy tallentamaan vaihtelut heijastuneesta säteestä. Eli viivakoodin luku perustuu mustien ja vaaleiden palkkien välillä olevaan eroavaisuuteen valon heijastuvuudessa. Optiset skannerit suorittavat yhden skannauksen koodista jokaisessa kohta. Laserskanneri sen sijaan tutkii toistuvasti koodattua pintaa joka kohdassa ja ottaa sarjan kuvia, jotka mahdollistavat suuremman tarkkuuden skannauksessa sekä vähentävät herkkyyttä pinnan ominaisuuksien muutoksille. Tämä mahdollistaa tiiviin koodien skannauksen suurella intensiteetillä huomioiden myös liikkuvat paketit. Kynä-, kortti- ja kameralukija ovat laserlukijan lisäksi viivakoodien optiseen lukemiseen tarkoitettuja laitteita. (Bonnier Pro 2024; Ghiani ym. 2013, 227; Hokkanen ym. 2011, 231.)

### 8.1.2 Saattomuisti / RFID-tunniste

Saattomuisti on tunnistusjärjestelmä, jonka toiminta perustuu radiotaajuuksiin ja sen yleinen nimitys onkin radiotaajuustunnistus eli RFID (engl. Radio Frequency Identification). RFID-järjestelmän avulla onnistuu erilaisten tavaroiden jäljittäminen ja hallinta sekä erilaisten kohteiden (ihminen, tavara, kuljetusväline) tunnistaminen. Saattomuisti ts. RFID-tunniste tarkoittaa langatonta puolijohdesirua, joka on varustettu antennilla. Sirun tehtävänä on säädellä tiedonvälitystä lukulaitteeseen. Siihen tallennetaan halutut tiedot etukäteen, jonka jälkeen tietoja pystyy lukemaan toistuvasti. (Bonnier Pro 2024; Hokkanen ym. 2011, 233; Pastinen ym. 2003, 115.)

RFID-tunniste, lukijalaite sekä antenni muodostavat RFID-järjestelmän. Lukijalaite lukee RFID-tunnisteen, joka on asennettu tuotteeseen. Tällöin puolijohdesiruun tallennettu tieto välittyy RFID-tunnisteen antennin kautta lukijalaitteen anteeniin. Lukijalaite muuntaa vastaanotetun radiosignaalin digitaaliseen muotoon ja välittää sen eteenpäin tietojärjestelmään. RFID-tunniste on mahdollista asentaa tuotteen valmistusvaiheessa tai jälkikäteen tarralla. Tunnisteet ovat uniikkeja ja ne poikkeavat toisistaan käytettävän

radiotaajuuden mukaan. Lisäksi ne voidaan ohjelmoida halutessa uudelleen. (Bonnier Pro 2024.) Kuva 19 havainnollistaa RFID-järjestelmän toimintaa.



Kuva 19. RFID-järjestelmän toiminta (Shaikh 2022).

RFID-tunniste on joko passiivinen tai aktiivinen. Lisäksi on puolipassiivinen tunniste, joka on yhdistelmä passiivisista ja aktiivisista tunnisteista. Se saa valmiustilan toimintaansa vaadittavan virran paristosta ja lukijalaite antaa sille tarvittavan määrän virtaa tiedonvälitykseen. (Bonnier Pro 2024.)

Passiiviset tunnisteet ovat edullisempia ja yleisempiä. Ne koostuvat antennista, mikrokokoisesta muistisirusta ja muistisirun suojustuesta/-alustasta. Antennin materiaalina käytetään kuparia tai alumiinia. Passiivisissa tunnisteissa ei ole pattereita eivätkä ne vaadi kunnossapitoa. Ne eivät tarvitse juuri ollenkaan sähkövirtaa, mutta saavat tarvitsemansa määrän lukijalaitteesta. Lukijalaitteen suorittama radiotaajuinen skannaus tuo tunnisteiden antenniin sähkövirran. Edellä mainittujen (edullisuus, alhaiset kunnossapitokulut, vähäinen virrankulutus) lisäksi passiivisten tunnisteiden etuna on niiden pieni koko, kun taas heikkouksiin lukeutuvat luku- ja kirjoitusetäisyyksien lyhyys ja tiedonsiirtonopeuden alhaisuus. (Bonnier Pro 2024; Ghiani ym. 2013, 229; Hokkanen ym. 2011, 233.)

Passiivisten tunnisteiden toimintataajuus on tavallisesti joko matala tai korkea, vaikka niitä voidaan käyttää UHF- tai mikroaaltotaajuuksillakin. Matalaa taajuutta käyttävät RFID-järjestelmät ovat harvinaisia logistiikan parissa. Niiden käyttökohteita ovat mm. varkaudenestolaitteet autoissa ja avainkortteihin perustuvat kulunvalvontasovellukset. Korkean taajuuden RFID-järjestelmien

käyttö logistiikassa on yleistä ja sitä sovelletaan varastossa tavarain/materiaalien (kuormalavat, laatikot) kuljetusten seurantaan. Muualla niitä käytetään jäljittämiseen, esimerkkinä kirjastot (kirjat) ja lentokentät (matkatavarat, kulunvalvonta, henkilötunnistus). (Bonnier Pro 2024.)

Aktiiviset tunnistet ovat passiivisia tunnistetta kehittyneempiä laitteita. Niissä on sisäinen akku/virtalähde/paristo, josta ne saavat tarvitsemansa virran. Aktiivisten tunnistetiden avulla on mahdollista saavuttaa todella suuri lähetysetäisyys (jopa yli 400 m). Aktiiviset tunnistet on varustettu todella monimutkaisella elektronisella järjestelmällä, mikä mahdollistaa sovelluksen muokkaamisen erillisten vaatimusten perusteella. Niiden etuja ovat pitkät luku- ja kirjoitusetäisyydet (n. 30 m) ja korkea tiedonsiirtonopeus (10–120 kbit/s) ja heikkouksia kallis hinta, suuri virrankulutus ja kunnossapitokulujen suuruus. Käyttötaajuudet aktiivisilla tunnistetilla on normaalisti joko UHF-taajuus (Ultra High Frequency) tai mikroaaltotaajuus. (Bonnier Pro 2024; Ghiani ym. 2013, 229.)

UHF-järjestelmän RFID-tunnistet voivat olla passiivisia tai aktiivisia. Lukuetaisyys vaihtelee yleensä 2–4 m välillä, mutta maksimaalinen lukuetaisyys on 10 m. Kansainvälisesti UHF-järjestelmillä ei ole yhtenäistä taajuusaluetta mikä on järjestelmän heikkous. Toinen heikkous on järjestelmän herkkyys toimintaympäristön aiheuttamille häiriöille: tunnistetien kiinnityspaikan ja lähialueen käytettävien materiaalien suhteen on rajoituksia. UHF-taajuuden RFID-järjestelmiä käytetään monipuolisesti logistiikan eri toiminnoissa. Käyttökohteita ovat toimitusketjun seuranta ja varaston hallinta sekä rajatuilla alueilla (esim. sataman konttiterminaalit) tapahtuva kuljetusajoneuvon tai yksikön jäljittäminen. (Bonnier Pro 2024.)

Sekä passiiviset että aktiiviset tunnistet sopivat mikroaaltotaajuuksilla käytettäväksi. Mikroaaltotaajuuksilla saavutetaan pisimmät lukuetaisyydet, jotka ovat tunnistetyypin mukaan 12 m (passiiviset) ja 30 m (aktiiviset), sekä suuri tiedonsiirtonopeus. Mikroaaltotaajuuksien käytön heikkous on huono läpäisevyys. Logistiikassa mikroaaltotaajuudet soveltuvat suurien

kuljetusyksiköiden (junanvaunut, ajoneuvot, kontit) tunnistamiseen. (Bonnier Pro 2024.)

Varastossa RFID-tekniikka soveltuu yksilöllisen tuotetunnistuksen lisäksi muihinkin tilaus-toimitusketjun vaiheisiin. Tuotetiedot tallentuvat vastaanoton yhteydessä ja sen avulla on helppoa paikantaa tuote. Varastonohjausta käytettäessä hyllyttäjä näkee oikean ja vapaana olevan hyllypaikan, mikä nopeuttaa varastoprosessia. Lukijan on mahdollista havaita tuotteen fyysinen läsnäolo, jos se on asennettu tuotehyllyyn. Silloin hyllyn tyhjentyessä, siihen sopiva tietokoneohjelmisto pystyy tekemään täydennyspyynnön tai kyseinen hyllypaikka tallentuu järjestelmään automaattisesti. Trukista ei tarvitse nousta hyllytettäessä, vaan RFID-tunniste on mahdollista tunnistaa trukista käsin. Jos RFID-lukijaa käyttää keräilyssä niin keräilijä voi varmistaa tilausta kerätessä, että kerättävät tuotteet ja lukumäärät täsmäävät. (Hokkanen & Virtanen 2016, 91.)

### 8.1.3 Konenäkö

Konenäkö on tunnistusjärjestelmä, mikä hyödyntää kameratekniikkaa. Konenäköön on mahdollista törmätä lähikaupassa, sillä konenäköä käytetään pullonpalautusjärjestelmissä. Hyväksyttävien pullojen mitat ja muodot on tallennettu palautusjärjestelmän tietokantaan, joka vertaa rekisteritiedoissa olevaa kuvaa laitteeseen asetettuun pulloon ja tämän jälkeen rekisteröi palautustapahtumat jokaisen eri pullotyypin mukaan. (Hokkanen ym. 2011, 232.)

Konenäköä voidaan käyttää kohteen tunnistamiseen 1D-, 2D- ja 3D:nä. 1D-kohteentunnituksen avulla on mahdollista mitata luotettavasti pitkiä matkoja, tunnistaa nesteiden ja kiinteiden aineiden tasot kosketuksettomasti, määrittää tarkasti pienten osien sijainnin sekä erottaa esineet toisistaan niiden heijastavuuden perusteella. 2D-kohteentunnistus tunnistaa alueet ja tarkistaa niiden kokonaisuuden, tunnistaa esineet niiden muodon perusteella ja riippumatta niiden sijainnista, sovittaa esineen korkeusprofiilin kohteen

edellytyksiin sekä lukee nopeasti 1D- ja 2D-koodeja. 3D-kohteentunnistusta käytetään monipuolisesti eri sovelluksissa automaation, robotiikan ja logistiikan parissa. (Ifm 2022.)

Logistiikassa konenäön 3D-kohteentunnistusta käytetään moniin eri käyttötarkoituksiin (Ifm 2022, 59, 61–64, 75–78):

- Esteiden havaitsemiseen ja törmäyssuojaukseen sekä automaattiseen kuormalavojen tunnistukseen sisätiloissa käytettävissä vihivaunuissa.
- Kohteen mitoitukseen esimerkiksi rahdin mitoitukseen sekä kuormalavojen mitoitukseen kylmävarastossa.
- Rahdin mitoitukseen, jolloin kuormalavasta otetaan tarkat mitat ja niitä käytetään kuljetusyksiköiden käytettävissä olevan tilan maksimaaliseen hyödyntämiseen lastatessa.
- Kuormalavojen tarkistukseen koon, mahdollisten vaurioiden ja jatkokäytön soveltuvuuden mukaan, jolloin vialliset ja rikkinäiset kuormalavat voidaan viedä korjaukseen tai hävitettäväksi.
- Pakettien pituuden, leveyden, korkeuden ja pyörimisasennon tunnistamiseen kuljetinhinnalla, joten paketit voi sijoittaa kuljetinhinnalle ilman erityistä järjestelyä.
- Alueen valvontaan kuorma-autoissa ja ajoradan valvontaan satamien portaalinostureissa.
- Etäisyyden valvontaan, kun kuorma-auto sijoitetaan lastauslaiturille tai lastauspaikan alle.
- Törmäysvaroitukseen haarukkatrukeissa hyvissä ajoin ennen kohdetta.
- Haarukkatrukin taka-alueen valvonnassa, jossa järjestelmä tunnistaa heijastavat pinnat työvaatteista ja parantaa täten turvallisuutta.

#### 8.1.4 Puheentunnistus

Puheentunnistuksessa puhesignaalista etsitään allofoneja. Allofonit ovat kontekstisidonnaisia äänteitä. Puheentunnistusprosessissa on muodostettu signaalin ominaisuuksien perusteella malleja, joita käytetään välimuotona silloin

kun puhesignaali kuvataan äännteiksi. Ulkopuolisesta datasta saadusta analogisesta puhesignaalista muodostettavaa tekstimuotoista lausetta voidaan pitää useimmiten puhetunnistuksen tarkoituksena. (Hokkanen & Virtanen 2016, 93.)

Käyttäjää ohjataan toimimaan teknologian vaatimuksien mukaisesti käyttöliittymien perustana olevien suunnitelmien avulla, joihin perustuu sovellutusten hallinta. Eli käyttöliittymää suunniteltaessa puheteknologia on hallitsevassa asemassa. Monissa tapauksissa teknologian vaatimukset menevät käyttäjän edelle mitä tulee tehtyihin ratkaisuihin puheteknologiassa. Keskustelu etenee käyttäjän komentojen taikka tietokoneen ehdottamien kehotuksien avulla. Tietokoneen ehdottamat kehotukset ovat isossa roolissa, kun tarkastellaan kommunikoinnin onnistumista ja sen mahdollistavia tekijöitä. (Hokkanen & Virtanen 2016, 93–94.)

Logistiikan osalta puheohjausta käytetään eniten varastossa, jossa se painottuu eniten keräilyyn. Muita varaston toimintoja, joissa kyseistä tekniikkaa käytetään ovat: vastaanotto, hyllytys, pakkaus, lajittelu, täydennys, inventointi, tarkastukset ja palautukset. Puheohjauksessa molemmat kädet ovat vapaana ja käytettävissä, minkä hyöty korostuu varsinkin kylmässä, hämärässä ja likaisessa varastossa tai sen osassa. Puheentunnistuksessa käytettävien sovellusten pitää olla yksinkertaisia ja virheenkestäviä, koska puheentunnistus ei ole täysin virheetöntä. (Hokkanen & Virtanen 2016, 94.)

#### 8.1.5 Muut automaattiset tunnistamismenetelmät

##### **Magneettinen nauha**

Magneettista nauhaa käytetään pankkikorteissa, matkalipuissa sekä kulunvalvonnassa. Sen toiminnassa käytetään tietokonelevykkeissä olevaa luku- ja tallennustekniikkaa. Luenta tapahtuu kontaktilukuna ja nauhassa on kolme erilaista standardisoitua raitaa. (Hokkanen & Virtanen 2016, 95.)



### **Magneettinen muste**

Vaikeasti kopioitava tekniikka, jonka tärkein käyttöalue on shekit ja muut pankkiasiointiin liittyvät dokumentit. Magneettisen musteen tunnistustekniikka perustuu erikoismerkkeihin, jotka on tulostettu magneettisella musteella. Erikoismerkit luetaan magneettilukijalla. (Hokkanen & Virtanen 2016, 95.)

### **OCR-teknologia**

Teknologiaa käytetään satamissa sekä tienkäyttömaksusovelluksissa, kun pitää tunnistaa ajoneuvon rekisterinumero. OCR-järjestelmä tunnistaa kaikki fontit ja on täten tarkempi kuin tiettyyn fonttiin rajoittuvat järjestelmät. Merkit luetaan kaksikulotteisten merkkien tunnistamiseen ohjelmoidun optisen lukulaitteen avulla. (Hokkanen & Virtanen 2016, 95.)

### **Älykortit ja biometrinen tunnistustekniikka**

Älykortit ovat esimerkiksi muovikortteja, joissa on muistipiiri sisällä. Älykortit ovat käytössä mm. maksu- ja rahastusjärjestelmissä. Biometristä tunnistustekniikkaa käytetään henkilön identifiointiin esimerkiksi sormenjälki- ja äänentunnistuksessa. (Hokkanen & Virtanen 2016, 95.)

## 9 HAASTATTELUTUTKIMUS

Haastattelut suoritetaan keräilyn osalta haastattelemalla Vahteruksen sisälogistiikan tiiminvetäjiä sekä keräilijöitä. Sisäisten siirtojen osalta haastatellaan logistiikan työnjohtajaa. Haastatteluissa käytetään kahta erityyppistä haastattelua; lomakehaastattelua sekä teemahaastattelua.

Lomakehaastattelussa kysymysten järjestys on suunniteltu etukäteen ja ne käydään läpi järjestyksessä. Lomakehaastattelu on helppo suorittaa sen jälkeen, kun on valmisteltu kysymykset ja niiden järjestys. Teemahaastattelussa haastattelun aihe on tiedossa, mutta kysymyksille ei ole määritelty järjestystä eikä muotoa. Teemahaastattelu soveltuu hyvin käytettäväksi kvalitatiiviseen tutkimukseen. (Hirsjärvi ym. 2007, 203.)

### 9.1 Ensimmäinen haastattelu (keräily)

Haastattelu suoritettiin 8.12.2023 Vahteruksen Valintien toimitiloissa. Haastattelutyypinä oli lomakehaastattelu ja se suoritettiin parihaastatteluna, jossa haastateltavina olivat Vahteruksen sisälogistiikan tiiminvetäjät E. Hännikkälä & T. Lastula. Haastattelussa kysyttiin seuraavia kysymyksiä:

- Mitä keräysmenetelmiä on käytössä?
- Mitä koneita/laitteita käytetään keräilyssä materiaalinkäsittelyyn?
- Minkä kokoisia tilauksia kerätään yleensä (rivien määrä)?
- Kerättävät nimikkeet ja niiden määrä päivässä/viikossa/kuukaudessa?
- Tuleeko paljon samoja keräilyjä päivässä?
- Tarkistetaanko tuotteet manuaalisesti/automaattisesti keräilyn jälkeen?
- Mitkä ovat tämän hetken suurimmat ongelmakohdat keräilyssä?

Kysymyksien avulla saatiin paljon irti Vahteruksen keräilyn nykytilasta. Vahteruksella keräys tapahtuu varastoautomaateista sekä hyllystä. Keräyksessä käytetään apuna työntömasto- sekä vastapainotrukkeja, nostureita, pumppukärryjä sekä keräilykärryjä. Tarkkoja rivimääriä ei ole

tiedossa, koska keräily tapahtuu lämmönsiirtimen osaluettelon sekä konepiirustuskuvan perusteella. Keräilijän pitää osata katsoa kuvasta kerättävät osat, oman keräilyalueen mukaan. Kerättäville nimikkeille ei ole seurantaa, mutta saldoja pystyy seuraamaan tuoterekisterin avulla.

Nostokorvat ja kilpitelineet ovat päivittäin toistuvia keräilyjä ja niitä meneekin jokaiseen lämmönsiirtimeen. Keräilyjen yhdistely on hankalaa, koska samoja osia ei tule aina päivittäin keräilyyn. Varastoautomaatilta tulevat osat pystyy yhdistelemään keräilyn osalta, kuten myös aihiot koneistuksen puolella.

Tuotteet merkitään kerätyiksi varastonhallintaohjelmaan, kun keräily on valmis ja tehdään saldovähennykset. Hitsari tarkistaa osat ennen työn aloitusta.

Keräilyn suurimpia ongelmakohtia ovat tuotteiden etsiminen varastossa sekä informaation kulku.

## 9.2 Toinen haastattelu (keräily)

Haastattelu suoritettiin 8.12.2023 Vahteruksen Valintien toimitiloissa.

Haastattelutyypinä oli teemahaastattelu ja se suoritettiin yksilöhaastatteluna, jossa haastateltavana oli Vahteruksen logistiikkaosaston tiiminvetäjä E.

Hännikkälä. Haastattelun teemana oli Vahteruksen Valintien eri keräilyalueet.

Kaikki keräilyalueet kierrettiin läpi haastattelun aikana ja samalla havainnoitiin keräilyprosessia. Haastattelusta saadut tiedot löytyvät luvusta 3.2.1, jossa käydään läpi Vahteruksen keräilyn nykytilaa.

## 9.3 Haastattelu sisäiset siirrot

Haastattelu suoritettiin 7.2.2024 Vahteruksen Valintien toimitiloissa.

Haastattelutyypinä oli teemahaastattelu ja se suoritettiin yksilöhaastatteluna, jossa haastateltavana oli Vahteruksen logistiikan työnjohtaja S. Satola.

Haastattelun teemana oli Vahteruksen Valintiellä tapahtuvat sisäiset siirrot.

Haastattelusta saadut tiedot löytyvät luvusta 3.2.2, jossa käydään läpi Vahteruksen sisäisten siirtojen nykytilaa.

## 10 KEHITYSRATKAISUT

### 10.1 Keräily

Haastattelussa saatiin selville, että informaation kulku sekä tuotteiden etsiminen ts. varastopaikkajärjestelmän puute olivat suurimmat ongelmakohdat. Luvussa 5 Hokkasen ja Virtasen (2016, 36) mukaan tuotteiden kuljettaminen ja etsiminen ovat eniten aikaa vievät työvaiheet keräilyssä. Näiden perusteella ruvetaan etsimään kehityskohtia Vahteruksen keräilyyn, hyödyntäen teoriaosuudessa käytyä keräilyn aineistoa.

Tuotteiden etsimisen sekä informaation kulkemisen helpottamiseksi kaikki lähtee toimivasta tietotekniikasta. Kuten teoriaosuudessa mainitaan, niin tietojärjestelmien käyttöönotto helpottaa ja parantaa informaatiovirtojen hallintaa ja varastonhallintajärjestelmä auttaa hallitsemaan ja ohjaamaan keräilyä sekä sisäisiä siirtoja. Tämän takia Vahteruksen tulisi panostaa näihin järjestelmiin. Molemmat järjestelmät on mahdollista integroida osaksi Vahteruksen toiminnanohjausjärjestelmää.

Luvussa 8 todetaan, että yrityksen tarpeisiin optimoitu sekä hyväksi ja toimivaksi todettu tietojärjestelmä on laadukkaan ja tehokkaan toiminnan edellytys varastossa. Vahteruksen kannattaa luoda tietokanta varastoiduista tuotteistaan Karhusen ym. (2008, 394) ohjeiden mukaan, eli tallentaa tietokantoihin tuotteiden nimet, koodit, mitat & hinnat, varastopaikat ja -saldot ja tavarantoimittajien, asiakkaiden sekä kuljettajien tietoja. Ritvasen ym. (2011, 62) mukaan varastonhallintajärjestelmää käyttämällä on mahdollista määrittää tuotteiden tarkat sijainnit sekä varastopaikat. Tämän lisäksi Richards (2022, 183) mainitsee, että varastonhallintajärjestelmää käyttämällä keräilylistallakin tuotteet pystytään järjestämään niiden sijainnin mukaan.

Vahterukselle on tulossa ERP-toiminnanohjausjärjestelmä tulevina vuosina ja sisälogistiikka kannattaa ehdottomasti ottaa alusta alkaen sen suunnitteluun mukaan. Hokkanen ym. (2011, 201) toteavat, että yritysten suhtautuminen varastonohjaukseen on nihkeää ja sen oletetaan olevan vain pakollista

toimintaa tuottavuuden kannalta. Tämä suhtautuminen ei ole kannattavaa, sillä varastonohjaus on tärkeä osa materiaalinohjausta. Materiaalinohjaus on taasen työkalu, jonka avulla pystyy saavuttamaan hyvin virtaavan sekä joustavan tuotannon. Varastonohjauksen tuoma lisäarvo yritykselle näkyy kustannuksissa, toimitusvarmuudessa sekä toiminnan laadussa. (Hokkanen ym. 2011, 201.) Näin koko sisälogistiikka tehostuu, mikä vaikuttaa lämmönsiirtimen tuotantoprosessiinkin.

Vahteruksen keskusvaraston lay-outin perusteella tehdään tuotteiden sijoittelu ja hyllypaikkajärjestelmä. Keräilyn tehostamiseksi lay-outiin tehdään muutamia muutoksia. Tavara kulkee aihoiden keräilyalueella kulma-virtauksella ja muiden tuotteiden keräilyalueella U-virtauksella.

Parannusehdotuksessa lay-out on jaettu kahteen keräilyalueeseen (aihiot ja muut). Aihioille on järkevää luoda oma keräilyalue, koska niiden menekki on suurta ja niillä on oma erillään sijaitseva lähettämö. Lay-out on tehty keräilyn tehokkuus ja sujuvuus edellä. Vasemmalla sijaitseva erikoishylly painaville tuotteille kannattaa siirtää mahdollisimman lähelle vastaanottoa, jolloin niiden siirtelymatka paikalleen lyhenee. Ne on lisäksi sijoitettu parhaille keruupaikoille. Toisena muutoksena hyllyt sijoitettaisiin hieman eri lailla, jotta keräillessä ja hyllyttäessä ei tarvitse kiertää keskellä sijaitsevia hyllyjä.

Hokkanen ja Virtanen (2016, 96) toteavat tuotteen löytymisen pohjautuvan varastoissa osoitteistoon, joka on kuvattuna hyllypaikkakartassa tai lay-outissa. He jatkavat, että varastonohjauksen käyttöönoton edellytyksenä on varastohyllypaikkajärjestelmän käyttö, joten jokaiselle tuotteelle pitää perustaa vähintään yksi hyllypaikka. Vahteruksen kannattaa luoda oma osoitejärjestelmänsä, mikä pohjautuu käytettävään tietojärjestelmään. Tällöin uuden keskusvaraston varastopaikoille saadaan luotua toimiva järjestelmä ja tuotteet ovat löydettävissä helposti.

Osoitepaikkajärjestelmässä on käytetty Hokkasen ja Virtasen (2016, 96) esimerkkiä, jossa hyllyrivit ovat merkitty kirjaimin ja varastopaikat numeroin. Koska varastossa ei ole hirveästi hyllyjä, niin käytävien suhteen ei ole

tarpeellista käyttää merkintää. Mikäli yhteen varastopaikkaan tulee enemmän kuin yhtä tuotetta, niin silloin muokataan numerointia. Esimerkiksi jos hyllyssä A 02 on lattiatasolla kauluslaippoja sekä kahta eri koon putkea, niin voidaan hylly jakaa kolmeen (A 02, A 03 ja A 04) tai neljään (A 02, A 03, A 04 ja A 05) osaan, jolloin seuraava hylly A 03 muuttuu luonnollisesti A 05 tai A 06:ksi. Eli aina jos lattiatason hyllypaikalla on enemmän kuin yhtä tuotetta, niin se on jaettava sen mukaan, kuinka monta eri tuotetta siinä on.

Korkeussuunnan mukaan lisätään aakkoset. Esimerkiksi lattiataso on A 03 D, ensimmäinen hyllytaso A 03 C, toinen hyllytaso A 03 B ja ylin hyllytaso A 03 A. Varastoautomaatti merkitään pelkästään kirjaimella F, koska siinä on oma sisäinen osoitepaikkajärjestelmänsä. Vastaanottamatta olevien tuotteiden hyllyt on myös merkitty, jotta niissä olevien tuotteiden paikka saadaan taltioitua.

Seuraavaksi pohditaan, että miten tuotteet sijoitellaan hyllypaikoille. Ritvasen ym. (2011, 87) mukaan tuotesijoittelulla on suuri merkitys keräilytoiminnan tehokkuuteen ja tuotteet sijoitellaan varastoon sijoitteluperustein, joita ovat esimerkiksi tuoteryhmät ja varastotapahtumat. Teoriaosuudessa käsitellyistä sijoittelumenetelmistä XYZ-analyysi sopii käytettäväksi parhaiten, koska se soveltuu erityisen hyvin varastopaikkojen määrittelyyn, kuten Sakki (2009, 96, 100) mainitsee.

Sijoittelussa käytetään XYZ-analyysiä. Tuotteet on jaettu keräilyalueittain siten, että X-luokka on 50 %, Y-luokka 30 % ja Z-luokka 18 % ja zz-tuotteet 2 % kaikista tapahtumista. Aihoiden keräilyalueella varastohyllyjä on 13 kpl. X-luokan tuotteille on varattu 6,5, Y-luokan tuotteille 3,9, Z-luokan tuotteille 2,3 ja zz-tuotteille 0,3 varastohyllyä. Muiden tuotteiden keräilyalueella varastohyllyjä on 19 kpl. X-luokan tuotteille on varattu 9,5, Y-luokan tuotteille 5,7, Z-luokan tuotteille 3,4 ja zz-tuotteille 0,4 varastohyllyä.

Vahteruksella keräillään tuotteita tuotannon tarpeisiin, joten keräily tapahtuu silloin kun tuotanto tarvitsee osia lämmönsiirtimen valmistusprosessin eri vaiheissa. Vahteruksella keräilytapana on tällä hetkellä paperinen keräilylista,

mutta keräilylistana toimii osaluettelo ja lämmönsiirtimen konepiirustuskuva. Osaluettelon ja kuvan tutkiminen vievät aikaa itse keräilyltä.

Keräilylistan käyttöönotto joko paperisena tai sähköisenä nopeuttaa keräilyä. Sähköiset keruulistat ovat nykyaikaisempia ja käytännöllisempiä mitä paperiset keruulistat. Paperiset keruulistat pitää tulostaa, mikä aiheuttaa ylimääräistä työtä ja kuluja. Keräilylistasta löytyisi Richardsin (2022, 183) mainitsemat keräilyssä tarvittavat tiedot kerättävästä tuotteesta, eli tuotekoodi, sijainti varastossa, kuvaus tuotteesta sekä kerättävä määrä. Tämän lisäksi keräilylistaan voi lisätä Vahterukselle tärkeitä tietoja kuten esimerkiksi tuotteen eränumeron tai keräilyalueen.

Omaehtoisen kokemuksen perusteella tabletilla tapahtuva keräily on toimiva ratkaisu, kun käytössä on sähköinen keräilylista. Keräilyssä käytettävän tabletin on hyvä olla pölyn-, iskun- ja roiskeenkestävä. Tabletin käyttöä puoltaa myös se, että sen avulla työntekijä pystyy hoitamaan Teamsia ja sähköpostia tarvittaessa. Näin ollen myös kommunikointi paranee. Lisäksi mikäli keräilijän tarvitsee tarkistaa jotain tietoja lämmönsiirtimestä kesken keräilyn, niin tabletin avulla se onnistuu ilman siirtymistä paikasta A paikkaan B. Tabletti ei ole välttämätön, mutta jokin toinen soveltuva mobiilipäätte on hyvä olla keräilyssä.

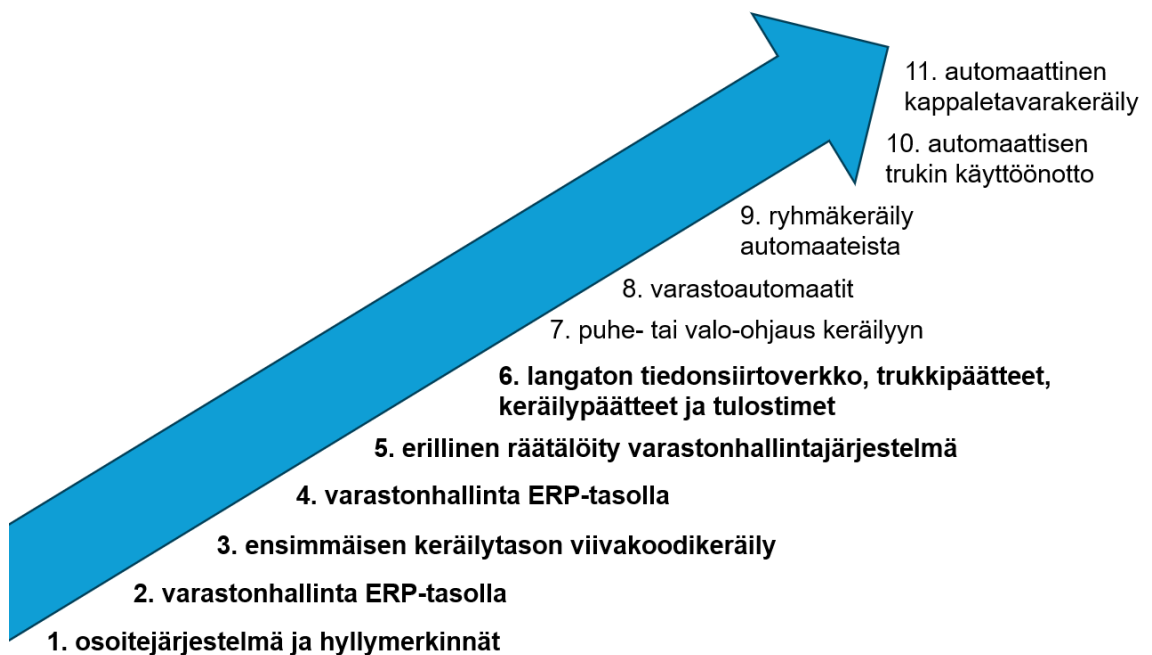
Sähköisen keräilylistan käytössä on oleellista tunnistaa tuote automaattisella tunnistustavalla. Konenäkö, RFID-, ja puheentunnistustekniikka ovat suhteellisen kalliita ratkaisuja varsinkin siihen nähden, että Vahteruksen keräily poikkeaa varastoista, joissa on suuret ja säännölliset volyymit. Viivakoodin käyttö ei vaadi suuria investointeja ja sen käyttö on helppoa.

Viivakoodinlukijaksi kannattaa valita langaton malli, jonka saa yhdistettyä Bluetoothin kautta tablettiin. Näin keräilijöiden ei tarvitse murehtia johtoa ja sitä, kuinka kauas tabletista voi mennä lukemaan viivakoodia.

Viivakoodin ja mobiilipäätteen käyttöönottoa puoltaa reaaliaikaisuus sekä toimituksen oikeellisuuteen vaikuttaminen. Viivakoodin ja mobiilipäätteen avulla näkee heti, että onko kerätty tuote oikea vai väärä, eikä keräilijän tarvitse tarkistaa kerättävää osaa konepiirustuksesta tai osaluettelosta. Mobiilipäätteen

avulla pystyy seuraamaan keräyksen tilaa (mitä kerätty ja mitä keräämättä), mitä kaikkia eri kerättäviä tuotteita yksittäiseen lämmönsiirtimeen menee jne. (Jotbar 2023.)

Näillä parannuksilla saadaan tehostettua Vahteruksen keräilyä informaation kulun ja tuotteiden etsimisen suhteen. Nämä molemmat mainittiin sekä haastatteluissa että teoriaosuudessa keräilyn tehostamisen parannuskohdiksi. Kuvassa 20 on Hokkasen ja Virtasen (2016, 98) esittämänä mitä edellytyksiä tarvitaan varastoimintojen kehittymiseksi ja missä järjestyksessä.



Kuva 20. Edellytykset varastotoiminnan kehittymiselle (Hokkanen ja Virtanen 2016, 98). (muokattu)

Kohdat 8 ja 9 ovat jo käytössä Vahteruksella. Tässä työssä esitetyillä parannuksilla Vahteruksen varastotoiminnot kehittyisivät todella paljon verrattuna nykytilaan. Tummennettuna kaikki parannukset mitä on mahdollista tehdä tämän työn kehitysehdotuksilla. Näiden lisäksi vielä otetaan tarkasteluun erilaiset mittarit, joilla Vahterus pystyy tarkastelemaan ja mittaamaan keräilyn tehokkuutta. Viimeisin kehitysehdotus koskee keräilyssä käytettäviä trukkeja.



Keräilyn tehokkuuden mittaamiseen kannattaa Vahteruksen valita erilaisia mittareita. Luvussa 5.5. Ritvasen ym. (2011, 103–104) mukaan yrityksen strategia ja tavoitteet pitää ottaa huomioon mittareita määritettäessä ja usein sopiva määrä mittareita on 3–5 kpl. Seuraavaksi tarkastellaan teoriaosuudessa käytyjä varastotoiminnan mittausalueita ja annetaan vaihtoehtoja Vahterukselle mittareiden valintaan. Mittarit ovat kuitenkin yrityskohtaisia, joten ilman syvällisempää analyysiä ei voi täysin tarkkaan sanoa mitkä mittarit ovat juuri Vahterukselle parhaimpia.

Teoriaosuudessa Aminoff ym. (2004, 16–17) toteavat rivien koon ja tilauksien rivimäärän olevan yleensä materiaalivirran mittarien kohteena ja mikäli tilausten rivit eivät ole hirveän suuria, kolli sopii hyvin mittausyksiköksi. Taulukossa viisi (5) esitetyistä materiaalivirran mittareista kollojen määrä per lämmönsiirrin sopii Vahterukselle käytettäväksi. Seuraamalla kollojen määrää per lämmönsiirrin, saadaan dataa käytettävistä materiaaleista ja osista.

Materiaalivirran ja työntehokkuuden mittarit kannattaa käsitellä yhdessä. Tämä johtuu siitä, että materiaalivirran rakenteissa tapahtuvat muutokset (rivin koko/lukumäärä) ovat luonnollisesti yhteydessä työntehokkuuteen kuten Aminoff ym. (2004, 18) mainitsevat luvussa 5.5.3. Työntehokkuuden mittareiksi sopii Vahterukselle käsittelytyömäärä nimikettä kohden toiminnoittain (min/kolli tai min/tilaus) sekä ylityötuntien osuus kaikista työtunneista. Näiden voidaan seurata keräilyyn menevää aikaa joko yhden kollin tai kaikkien lämmönsiirtimeen menevien kollojen osalta. Ylityötuntien osuutta seuraamalla saadaan seurattua keräilyn resursseja sekä kuormitusta.

Aminoff ym. (2004, 17–18) mainitsevat kustannustehokkuuden seurannan olevan tärkeää, mutta sen edellyttävän toimintolaskentaa, joka on edellytys kustannustehokkuuden mittarien laskennalle. Mikäli Vahterus aikoo suorittaa toimintolaskennan, niin esimerkiksi säilytyskustannus (€/varastopaikka) ja nimikekohtainen keräilykustannus (€/kolli) sopivat hyvin mittareiksi.

Varastopaikkakustannus antaa tietoa, kuinka paljon minkäkin tuotteen varastointi maksaa per varastopaikka ja nimikekohtainen keräilykustannus

auttaa hahmottamaan eri materiaalien ja lämmönsiirtimen kokojen aiheuttamaa kustannusta keräilyssä.

Tilankäytön mittareista varastopaikan täyttöaste antaa tietoa varastopaikan tilankäytön tehokkuudesta varastoalueittain. Sen avulla voidaan seurata varastopaikkojen täyttöastetta ja muokata varastoalueita. Esimerkiksi jos alueella A on korkea täyttöaste ja siellä tarvitaan lisää varastopaikkoja ja samaan aikaan alueella B on matala täyttöaste, niin B-alueelta voi siirtää varastopaikkoja A-alueelle.

Palvelutason ja laadun mittareista keräilyn toimituskyvyn ja keräilyssä tapahtuvien virheiden mittaus ovat hyviä vaihtoehtoja ottaa käyttöön. Molemmat ovat tärkeitä seurattavia keräilyn toiminnan kehittämiseksi. Aminoff ym. (2004, 19) mukaan palvelutason ja laadun mittarien mittauksissa varaston seurantajärjestelmä on keskeisessä roolissa.

Vahteruksella keräilyssä käytettävät työntömastotrukit soveltuvat hyvin keräilyyn. Vastapainotrukkien kohdalla kannattaa ottaa vertailuun myös pinontatrukit. Pinontatrukit soveltuvat vastapainotrukkien tavoin hyvin keräilyyn. Kapeilla käytävillä pinontatrukki on kuitenkin käytännöllisempi verrattuna vastapainotrukkiin. Niillä on samoja ominaisuuksia muuten mitä vastapainotrukeilla, eli ne pystyvät nostamaan raskaitakin kuormia, soveltuvat tuotteiden hyllyttämiseen. Pinontatrukit soveltuvat lisäksi pinoamiseen, mistä on iso hyöty varastossa. Pinontatrukin avulla saa myös ergonomisen keräilykorkeuden säätämällä haarukoiden korkeutta. Ottamalla pinontatrukit käyttöön keräilyssä, saadaan vastapainotrukit tuotannon ja siirtelijöiden tarpeisiin.

Kun kaikki keräily tapahtuu keskusvarastossa, on syytä harkita myös keräilyvaunujen korvaamista. Työturvallisuuden näkökulmasta keräilyvaunujen käyttö on hieman riskialtista, ellei niillä keräily tapahdu omalla keräilyalueellaan. Tuottavuuden kannalta keräilytrukki on parempi ratkaisu, mutta hankintakustannukset voivat olla rajoittava tekijä. Yksi ratkaisu on laittaa keräilyvaunuilla tapahtuva keräily omalle alueelleen ja tehokkuuden

takaamiseksi mahdollisimman lähelle aluetta, josta kerätyt tuotteet viedään tuotantoon.

## 10.2 Sisäiset siirrot

Sisäisissä siirroissa kasvaa siirreltävä matka selkeästi aiempaan, kun uusi tuotantohalli valmistuu. Waters (2003, 297) mainitsee tehokkaan varaston vähentävän siirtelyn minimiin ja suorittavan tarvittavat siirrot mahdollisimman tehokkaasti. Preproduktiiviset ja interproduktiiviset siirrot ovat tässä työssä kehitystyön kohteena. Hokkanen ym. (2011, 83) mainitsevat interproduktiivissa siirroissa olevan todella tärkeää synkronoida siirrot tuotannon kanssa. Preproduktiivisista siirroista Hokkanen ym. (2011, 83) toteavat olevan tärkeää, että ne ovat halpoja ja tehokkaita.

Esituotannolliset siirrot alkavat uuden tuotantohallin sisäänkäynnin läheisyydessä olevasta hyllyköstä. Luvussa 3.2.3 mainittiin, että lämmönsiirtimen valmistuksessa käytettävät tuotteet tulevat hyllykköön, kun keräily on valmis. Siitä pitää siirtää kerätyt tuotteet oikeille työpisteille. Tuotannon väliset siirrot suoritetaan eri tuotantovaiheiden välillä.

Siirtojen tehokkuutta miettiessä huomio kohdistuu eniten siirtokalustoon ja Vahteruksen siirtopyyntöohjelman toimivuuteen. Lisäksi huomioitavia tekijöitä ovat siirtelijöiden työajan optimointi ja käytettävät siirtelyreitit. Näihin vaikuttamalla pystyy tehostamaan siirtoja. Jo pienelläkin tehostuksella voi olla isokin vaikutus siirtojen ja siten myös koko tuotannon sujuvuuteen.

Esituotannollisten siirtojen siirtokaluston ratkaisuksi sopii vastapainotrukki tai esimerkiksi myös keräilytrukki. Molempiin saisi kyytiin eurolavan lavakauluksella. Lavakaulus on kehikko eurolavan ympärillä, joten esimerkiksi kerätyt tuotteita sisältävät laatikot eivät tipu pois kyydistä kovassakaan vauhdissa. Keräilytrukki on kapeampi mitä vastapainotrukki ja siinä on myös nopeuden rajoitus käännyttäessä. Turvallisuusnäkökulmasta keräilytrukin ohella seisten ajettava lavansiirtovaununkin on hyvä vaihtoehto. Myös lavansiirtovaunua on mahdollista ajaa sujuvasti trukin haarukat takana. Valittavaan trukkiin

kannattaa asentaa huomiovalo, jolloin muut huomaavat trukin olevan tulossa ja täten on mahdollista ajaa hieman kovempaa. Vastapainotrukki soveltuu keräilyreitit mahdollisiin tasovaihteluihin, kynnyksiin jne. paremmin mitä keräilytrukki ja lavansiirtovaunu.

Tuotannon välisten siirtojen käyttöön soveltuu parhaiten jo Vahteruksella käytössä olevat vastapainotrukit. Vastapainotrukkien suhteen voi tarkastella niiden nostokykyä. Isoimpien lämmönsiirrinkokojen paino voi nousta todella suureksi, mikä aiheuttaa vaikeuksia siirtoihin.

Vahteruksen nykyinen tuotannon välillä tapahtuvien siirtojen käytössä oleva siirtopyyntöohjelma on todella toimiva. Siitä löytyy kaikki tarpeellinen ja tarvittava tieto siirroille ja se on käytettävyydeltään yksinkertainen. Olemassa olevaan siirtopyyntöohjelmaan löytyy kuitenkin hieman parannettavaa. Kuvassa 21 on esimerkki siirtopyyntöohjelman parannuksesta.

Siirtopyynnöt					
0 avointa		Alkuperäinen	Hae	UUSI SIIRTOPYYNTÖ	Näytä suljetut
Numero	Sulkemisaika	Pyyntö	Esittäjä	Tila	
#1668	29.2.2024 12.39	70458 Vaippapuolelta lähettämöön	Vuorovastaava vaippahitsaus	Suljettu	
#1669	29.2.2024 12.49	Lähettämöön 71115. Kirkkaan puolen ponnistuspaikalla.	Tiiminvetäjä PuMaKu & Lähettäm	Suljettu	

Siirtopyynnöt					
0 avointa		Parannusehdotus	Hae	UUSI SIIRTOPYYNTÖ	Näytä suljetut
Numero	Sulkemisaika	Siirrinnumero	Pyyntö	Esittäjä	Tila
#1668	29.2.2024 12.39	70458	Vaippapuolelta lähettämöön	Vuorovastaava vaippahitsaus	Suljettu
#1669	29.2.2024 12.49	71115	Kirkkaan puolen ponnistuspaikalta lähettämöön.	Tiiminvetäjä PuMaKu & Lähettämö	Suljettu

Kuva 21. Paranneltu siirtopyyntöohjelma.

Oleellisimpana erona on siirrinnumero- ja pyyntö-kohdan erottaminen toisistaan. Pyyntöjen merkintätyyleissä on eroja, kuten alkuperäisestä ohjelmasta näkee. Siirrinnumero ja pyyntö-kohtien erottaminen toisistaan selkeyttää ja nopeuttaa pyynnön lukua. Näin vähennetään myös mahdollisia väärinkäsityksiä johtuen epäselvästä merkinnästä. Syöttämällä valmiita siirtopyyntöjä sekä pyynnön esittäjiä ohjelmaan on mahdollista säästää aikaa, sekä siirron pyytäjältä että

siirtelijältä. Tällöin vain siirrinnumero kirjoitetaan manuaalisesti. Sitten pyyntö- ja esittäjä-kohdille toteutuksen mukaan esimerkiksi valikko tai ennakoiva syöttö, joihin ohjelma hakee tiedot valmiiksi syötetystä datasta.

Esituotannollisille siirroille tarvitaan samantyylinen siirtopyyntöohjelma tai päivittää jo olemassa olevaan ohjelmaan niille oma osionsa. Tällöin se toimii samoin tavoin, eli keräilijä vie kerätyt tuotteet hyllyyn odottamaan siirtoja, niin hän tekee siirtopyynnön ohjelmaan. Kuvassa 22 on saman siirtopyyntöohjelman esituotannollisten siirtojen havainnollistava osio. Siirtopyyntöohjelma toimisi samoin kuten käytössä oleva ohjelma ja siten tiedot esituotannollisten siirtojen tarpeesta on heti tiedossa.

Siirtopyynnot						Hae	UUSI SIIRTOPYYNTÖ	Näytä suljetut
0 avointa								
Numero	Sulkemisaika	Siirrinnumero	Pyyntö		Esittäjä	Tila		
#1668	29.2.2024 12.39	70458	Kokoonpanoon		Keräilijä X	Suljettu		
#1669	29.2.2024 12.49	71115	Loppuhitsaukseen		Keräilijä Y	Suljettu		

Kuva 22. Siirtopyyntöohjelma esituotannollisille siirroille.

Siirtojen välillä voi joskus mennä aikaa jonkin verran, joten siirtelijöiden työaika pitää optimoida tehokkaasti. Erilaisten siirtoja seuraavien mittarien avulla saa siirtojen määrästä ja ajasta dataa, jolloin on helpompi optimoida työaika ja henkilöstöresursseja. Kun mitataan tuotannon välisiä ja esituotannollisia siirtoja esimerkiksi siirtojen määrää per tunti/päivä ja siirtojen kestoa minuutteina, saadaan hyvää tietoa siirroista pitkässä juoksussa. Toinen tapa on kouluttaa siirtelijöitä myös muihin töihin, joita voi sitten tehdä sen aikaa, kun siirtoja ei tule.

Materiaalivirtojen kulku tuotannossa on suunniteltu hyvin. Siirtelyreitien suhteen on hyvä koittaa saada käytävät mahdollisimman leveiksi ja asettaa niiden varrelle huomiokylttejä trukki liikenteestä. Siirtelyreitit kannattaa käydä läpi mahdollisten lattiavaurioiden takia ja huoltaa niitä säännöllisesti, jotta siirtelijöiden ei tarvitse väistellä erilaisia lattiavaurioita.

## 11 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää keräilyä ja sisäisiä siirtoja ottaen huomioon Vahteruksen tulevaisuuden muutokset. Keräilyn ja sisäisten siirtojen kehittäminen parantaa Vahteruksen koko tuotantoprosessin tehokkuutta. Työssä tutkittiin keräilyn ja sisäisten siirtojen ongelmakohtia, nykytilaa ja tulevaisuuden muutoksia haastattelututkimuksella.

Haastatteluiden tuloksena keräilyn suurimmat ongelmakohdat olivat informaation kulussa ja tuotteiden etsimisessä. Teoriaosuuden ja omakohtaisen kokemuksen avulla selvitettiin ratkaisut Vahteruksen keräilyn ja sisäisten siirtojen kehittämiseksi, perustuen haastatteluissa ilmenneisiin ongelmakohtiin. Teoriaosuuden lähteinä käytettiin logistiikan alan kirjallisuutta sekä luotettavia verkkoaineistoja.

Tieto- ja varastohallintajärjestelmien luominen on välttämätöntä, jotta Vahteruksen sisälogistiikka pystyy ottamaan harppauksen nykyään vaadittavalle tasolle. Sisälogistiikan mukanaolo toiminnanohjausjärjestelmän suunnittelussa antaa edellytykset tieto- ja varastohallintajärjestelmien integroitumiselle osaksi toiminnanohjausjärjestelmää. Tietokantojen luominen tietojärjestelmälle, joka luo edellytykset tehtävälle työlle.

Varastopaikkajärjestelmä tehostaa keräilyä, kun keräilijällä ei mene aikaa tuotteen etsimiseen, vaan hän näkee tuotteen sijainnin heti ja etsimiseen menevä aika vähenee huomattavasti. XYZ-järjestelmää käyttämällä tuotteet saadaan sijoitettua otollisimmille keräilypaikoille perustuen tuotteiden keräilytapahtumiin, jolloin keräily nopeutuu ja helpottuu keräilymatkojen lyhenemisen ansiosta. Mobiilipäätteellä tapahtuva keräily jättää pois konepiirustusten ja osaluetteloiden tutkimisen, jolloin kerättävät tuotteet nähdään suoraan mobiilipäätteeltä ja keräily nopeutuu. Viivakooditekniikalla tapahtuva tiedonkeruu nopeuttaa keräilyä ja virhemahdollisuudet vähenevät. Erilaisten mittarien käyttöönotolla voidaan seurata esimerkiksi keräilyyn käytettävää aikaa, nimikkeiden määrää per siirrin ja keräilyn tehokkuutta.

Paranneltu siirtopyyntöohjelma nopeuttaa keräilyä, kun siirtopyynnöt ja siirrinnumerot on eritelty omiksi kohdiksi. Täten siirtopyynnöistä tulee visuaalisesti yhtenäisiä, mikä selkeyttää siirtelijän työtä. Ohjelmaan syötettävät valmiit siirtopyynnöt ja pyynnön esittäjät säästävät aikaa ja vähentävät mahdollisia kirjoitusvirheitä. Oma versio esituotannollisille siirroille auttaa siirtelijöitä siirtelemään tehokkaasti tarvittavia materiaaleja tuotantoon. Optimoimalla siirtelyvälineet siirrot nopeutuvat ja lavansiirtovaunu tai keräilytrukki sopisivat esituotannollisiin siirtoihin hyvin. Siirtelijöiden työaikaa optimoimalla saa odotteluajan käytettyä hyödyksi. Siirtelyreittien kunnossapidolla ja kävelyreittien merkitsemisellä työturvallisuus paranee ja siirrot pystytään suorittamaan sujuvammin.

Toimeksiantaja oli tyytyväinen opinnäytetyöhön. Kehitysratkaisuja pidettiin hyvinä ja mahdollisina ottaa käyttöön tulevaisuudessa. Saatuja kehitysratkaisuja voidaan hyödyntää myös muissa sisälogistiikan kehittämistä pohtivissa yrityksissä, joissa keräily tapahtuu tuotannon tarpeisiin. Jatkotutkimuksen kohteita ovat kehittämiskäytösten kustannusten ja eri vaihtoehtojen selvittäminen, valittujen mittarien seurannan ja tulosten raportointi sekä nimikkeiden XYZ-analyysi.

## Lähteet

Aminoff, A.; Hyppönen, R. & Kettunen, O. 2004. Varastotoiminnan seuranta ja mittaaminen. VTT tuotteet ja tuotanto. Raportin numero: TUO64-044044. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö. Viitattu 12.1.2024  
<https://publications.vtt.fi/julkaisut/muut/2004/TUO64-044044.pdf>.

Asiakastieto 2023. Vahterus Oy. Viitattu 7.12.2023  
<https://www.asiakastieto.fi/yriytykset/fi/vahterus-oy/08393566/taloustiedot>.

Bonnier Pro 2024. Logistiikan tietotekniikkaa. Viitattu 19.3.2024  
<https://bonnierpro-fi.ezproxy.turkuamk.fi/fi/app/osto-ja-logistiikka/lessons/7-informaatio-ja-kommunikaatioteknologia/topics/app-osto-ja-logistiikka-logistiikan-tietotekniikkaa/>.

Bonnier Pro 2023. Sisälogistiikka ja sen tekniset ratkaisut. Viitattu 12.12.2023  
<https://bonnierpro-fi.ezproxy.turkuamk.fi/fi/app/osto-ja-logistiikka/lessons/5-asiakaspalvelu-ja-varastointi/topics/app-osto-ja-logistiikka-sisallogistiikka-ja-sen-tekniset-ratkaisut/>.

Ghiani, G.; Laporte, G. & Musmanno, R. 2013. Introduction to logistics systems management. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Hirsjärvi, S.; Remes, P. & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Hokkanen, S.; Karhunen, J. & Luukkainen, M. 2011. Johdatus logistiseen ajatteluun. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.

Hokkanen, S. & Virtanen, S. 2016. Varastonhoitajan käsikirja. Kangasniemi: Sho Business Development Oy.

Ifm 2022. From 1D to 3D object detection: ifm vision sensors. Automation solutions from ifm. Ifm article no. 78004102. Viitattu 3.4.2024  
[https://media.ifm.com/CIP/mediadelivery/asset/3e005c09e0e26c479bbb82926f15c993/Brochure\\_Vision-Sensors\\_ENGB\\_052022\\_low.pdf](https://media.ifm.com/CIP/mediadelivery/asset/3e005c09e0e26c479bbb82926f15c993/Brochure_Vision-Sensors_ENGB_052022_low.pdf)

Intolog 2024. Kasten Tornado varastoautomaatti. Viitattu 1.3.2024  
<https://www.intolog.fi/varastot/varastoautomaatit/kasten-tornado-varastoautomaatti>.



Jotbar 2023. Kustannussäästöjä Varastohallintaan Mobiilipäätteillä. Viitattu 28.5.2024. <https://materiaalit.jotbar.fi/ajankohtaista/kustannussaastoja-varastohallintaan-mobiilipaatteilla>.

Kardex 2024. Automated Storage and Retrieval Systems. Viitattu 12.3.2024 [https://us.blog.kardex-remstar.com/automated-storage-and-retrieval-systems-asrs#what\\_is\\_asrs\\_automated\\_storage\\_and\\_retrieval\\_system\\_defined](https://us.blog.kardex-remstar.com/automated-storage-and-retrieval-systems-asrs#what_is_asrs_automated_storage_and_retrieval_system_defined).

Karrus, K. E. 2003. Logistiikka. Juva: WS Bookwell Oy.

Karhunen, J.; Pouri, R. & Santala, J. 2008. Kuljetukset ja varastointi – järjestelmät, kalusto & toimintaperiaatteet. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy.

Konecranes 2024a. Siltanosturit. Viitattu 21.2.2024 <https://www.konecranes.com/fi/laitteet/siltanosturit>.

Konecranes 2024b. Suorituskyvyn maksimointi Konecranes Agilon® -rinnakkaiskeräilyllä. Viitattu 1.3.2024 <https://www.konecranes.com/fi/laitteet/agilon>.

Mitsubishi Logisnext Europe B.V. 2024. Miten valita oikea trukki. Viitattu 12.2.2024 <https://www.mitsubishi-forklift.fi/miten-valita-oikea-trukki>.

Pastinen, I.; Mäntynen, J. & Koskinen, L. 2003. Kaupan ja teollisuuden logistiikka. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Richards, G. 2022. Warehouse management: the definitive guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse. Lontoo: Kogan Page.

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

Sakki, J. 2009. Tilaus-toimitusketjun hallinta – B2B Vähemmällä enemmän. Helsinki: Hakapaino Oy.

Sakki, J. 2003. Tilaus-toimitusketjun hallinta – Logistinen B-to-B prosessi. Espoo: Hakapaino Oy.

Shaikh, A. 2022. How does a warehouse smart inventory management system perform? Blogi. Viitattu 10.4.2024 <https://www.peerbits.com/blog/warehouse-smart-inventory-management-solution.html>.

Solakivi, T.; Ojala, L.; Laari, S.; Töyli, J.; Malmsten, J.; Bask, A.; Rintala, O.; Ojala, M.-L.; Kilpi, V. & Leino, E. 2021. Logistiikkaselvitys 2020. Turun kauppakorkeakoulun julkaisuja. Sarja E-1:2021. Turku: Turun yliopisto. Viitattu 12.12.2023

<https://www.utupub.fi/bitstream/handle/10024/152511/Logistiikkaselvitys2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Toyota Material Handling Finland Oy 2022a. BT Optio 2,5 t. Viitattu 12.2.2024 <https://toyota-forklifts.fi/tuotteemme/keraeilytrukit/matalakeraeilytrukit/bt-optio-25-t/>.

Toyota Material Handling Finland Oy 2022b. BT Reflex 1.6 t, sisä- ja ulkokäyttöön. Viitattu 20.2.2024 <https://toyota-forklifts.fi/tuotteemme/tyoentoemastotrukit/ulko-ja-sisaekaeuyttoeoen-soveltuvat-tyoentoemastotrukit/bt-reflex-16-t-sisae-ja-ulkokaeyttoeoen/>.

Toyota Material Handling Finland Oy 2022c. BT Staxio 1,6 t Li-ion - kapea seisten ajettava pinontatrucki. Viitattu 15.2.2024 <https://toyota-forklifts.fi/tuotteemme/pinontatrukit/seisten-ajettavat-tukipyoeraetrukit/bt-staxio-16-t-li-ion-kapea-seisten-ajettava-pinontatrucki/>.

Toyota Material Handling Finland Oy 2022d. BT Staxio 2 t Li-ion - seisten ajettava pinontatrucki kahden lavan käsittelyyn. Viitattu 15.2.2024 <https://toyota-forklifts.fi/tuotteemme/pinontatrukit/seisten-ajettavat-tukipyoeraetrukit/bt-staxio-2-t-li-ion-seisten-ajettava-pinontatrucki-kahden-lavan-kaesittelyyn/>.

Toyota Material Handling Finland Oy 2022e. Keräilytrukit. Viitattu 12.2.2024 <https://toyota-forklifts.fi/tuotteemme/keraeilytrukit/>.

Toyota Material Handling Finland Oy 2022f. Pinontatruckit. Viitattu 15.2.2024 <https://toyota-forklifts.fi/tuotteemme/pinontatrukit/>.

Toyota Material Handling Finland Oy 2022g. Polttomoottorikäyttöiset vastapainotrukit. Viitattu 27.2.2024 <https://toyota-forklifts.fi/tuotteemme/polttomoottorikaeyttoeiset-vastapainotrukit/>.

Toyota Material Handling Finland Oy 2022h. Puoliautomaatio parantaa keräilyn suorituskykyä. Viitattu 22.2.2024 <https://toyota-forklifts.fi/tuotteet-ja-palvelut/t-mote-etaohjattava/>.

Toyota Material Handling Finland Oy 2022i. Sähkökäyttöiset vastapainotrukit. Viitattu 27.2.2024 <https://toyota-forklifts.fi/tuotteemme/saehkoekaeyttoeiset-vastapainotrukit/>.

Toyota Material Handling Finland Oy 2022j. Työntömastotrukit. Viitattu 20.2.2024 <https://toyota-forklifts.fi/tuotteemme/tyoentoemastotrukit/>.

Vahterus Oy 2023a. Toimialat. Viitattu 7.12.2023 <https://vahterus.com/fi/industries>.

Vahterus Oy 2023b. Tuotteet. Viitattu 7.12.2023 <https://vahterus.com/fi/products>.

Vahterus Oy 2023c. Yritys. Viitattu 7.12.2023 <https://vahterus.com/fi/company>.

Waters, D. 2003. Logistics: an introduction to supply chain management. Houndmills: Palgrave Macmillan.