



3D- kuitutuotetehtaan sisälogistiikan ratkaisumalli

Jouni Rautiainen

Opinnäytetyö, AMK

Huhtikuu 2023

Insinööri (AMK), logistiikan tutkinto-ohjelma

Rautiainen, Jouni

3D- kuitutuotetehtaan sisälogistiikan ratkaisumalli

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Huhtikuu 2023**, 65 sivua

Tekniikan ala. Logistiikka – tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Opinnäytetyö tehtiin Metsä Spring Oy:lle keväällä 2023. Toimeksiantajan 3D-kuitutuotetehtaan projektin tulevat kehitysvaiheet vaativat tarkennettuja sisälogistiikan toteutustapoja, jotta työryhmä pystyisi etene-
mään tehtaan jatkosuunnitelman luonnissa. Tehtävänä oli aluksi analysoida toimeksiantajan alustavaa sisä-
logistiikan ratkaisua ja nostaa tästä esille haasteita sekä pullonkauloja. Analysoinnin lisäksi opinnäytetyössä
kehitettiin kaksi uutta ratkaisumallia kuitutuotetehtaan sisälogistiikalle. Tavoitteena oli hyödyntää auto-
maatiota ratkaisumallien kehityksessä ja huomioida kustannustehokkuus.

Opinnäytetyön tutkimus toteutettiin laadullisena sekä määrällisenä tutkimuksena. Toimeksiantajan nykyti-
laa selvitettiin projektityöryhmän sekä yhteistyökumppanin kanssa käytyjen keskusteluiden kautta. Toimek-
siantajan kattavat esiselvitykset olivat myös suuri apu nykytilan kartoituksessa. Ratkaisumallien toteutus
perustettiin teoriapohjaan, havaintoihin ja ideoihin.

Opinnäytetyön tuloksiksi saatiin toimeksiantajan nykytilan analyysi sekä kaksi erilaista ratkaisumallia sisälo-
gistiikan toteutukselle. Nykytilan sisälogistiikan ratkaisujen toimivuutta ja sopivuutta analysointiin laadulli-
silta ja määrällisiltä kannoilta. Ensimmäinen ratkaisumalli toteutettiin pienillä muutoksilla tuotantotasoon ja
varastointitaso kehitettiin kokonaan uudelleen. Ensimmäisestä ratkaisumallista tuli opinnäytetyön joustavin
malli. Toisessa ratkaisumallissa molemmat tuotanto- ja varastointitasot muuttuivat merkittävästi nykytilaan
verrattuna. Toisesta ratkaisumallista tehtiin joustavan sijaan yksinkertaisempi käytännön toiminnoilta.

Avainsanat (asiasanat)

Sisälogistiikka, tuotantologistiikka, automaattivarasto, sisäiset siirrot, layout-suunnittelu

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Luvut 5, 6, 7, lukujen kuvat sekä liitteet ovat salassa pidettäviä. Luvut ovat poistettu julkisesta työstä. Salas-
sapidon perusteena ovat JulkL 24§, 17 ja 20: Yksityisen, valtion, kunnan tai muun julkisyhteisön, yhteisön,
laitoksen tai säätiön liike- tai ammatillisaisuudet. Salassapitoajaksi on asetettu 3 vuotta. Salassapito päät-
tyy 28.05.2026.

Rautiainen, Jouni

Solution model for the internal logistics of the 3D fiber product factory

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, April 2023, 65 pages

Degree Programme in logistics. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The thesis was made for Metsä Spring Oy in the spring of 2023. The future development stages of the client 3D fiber product factory's project require detailed internal logistics implementation methods so that the project work group can move forward with the creation of the factory's continuation plan. The object was to do analysis to the client's preliminary internal logistics solution and highlight challenges and bottlenecks. In addition to the analysis, the thesis developed two new solution models for the internal logistics of the fiber product factory. The goal was to use automation in the development process of the solution models and take cost efficiency into account.

The thesis research was conducted as a qualitative and quantitative research. The client's current situation was sorted through discussion with the project group and cooperation partners. The client's comprehensive preliminary studies were also great help when mapping the situation. The implementation of the solution models is based on theory, observation, and ideas.

The result of the thesis is an analysis of the client's current state and two different types of solution models for the implementation of internal logistics. Evaluation of the current state of internal logistics were done by qualitative and quantitative methods. The first solution model was implemented with small changes to the production level and the storage level was completely remade. The first solution model became the most flexible model of the thesis. In the second solution model both production and storage levels were significantly changed. The second solution was made to be simple in practice level rather than making it also flexible.

Keywords/tags (subjects)

Internal logistics, production logistics, automatic warehouse, internal transfers, layout design

Miscellaneous (Confidential information)

Chapters 5, 6, 7, chapter pictures and appendices are under non-disclosure agreement. These chapters have been removed from the public work. Non-disclosure agreement is based on Public Law § 24, 17 and 20: Business or professional secrets of a private state, municipality or other public entity, society, institution or foundation. The confidentiality period is set for 3 years. The non-disclosure agreement ends on 28.05.2026.

Sisältö

Kuvaotsikkoluettelon hakusanoja ei löytynyt.	2
1 Johdanto	3
1.1 Työn tausta.....	3
1.2 Yritysesittely.....	3
1.3 Työn tavoite ja rajaus	4
1.4 Tutkimuskysymykset	5
2 Sisä- ja tuotantologistiikka	5
2.1 Sisälogistiikka yleisesti.....	5
2.1.1 Sisälogistiikka osana toimitusketjua	6
2.1.2 Varastoinnin tarve	7
2.2 Sisälogistiikan prosessit.....	8
2.3 Tuotantologistiikan määritelmä ja tuotantomuodot	11
2.4 Osa-alueiden yhteistoiminta	12
3 Automaattivarastot	14
3.1 Automatisointi yleisesti.....	14
3.1.1 Varastojen automaatio	14
3.1.2 Hyödyt ja haitat	15
3.2 Automaattivarastotyyppit	15
3.2.1 Alusta-automaatit.....	16
3.2.2 Miniload-varastoautomaatti.....	18
3.2.3 Shuttle-varastoautomaatti	19
3.2.4 Läpivirtaushyllyt.....	21
3.2.5 Unitload-automaattivarasto	22
4 Sisälogistiikan kuljetukset ja merkinnät.....	22
4.1 Sisäiset siirrot	22
4.2 Kuljetintyyppit	23
4.2.1 Automaattitrukit	23
4.2.2 Mobiilirobotit.....	24
4.2.3 Hihna-, rulla- ja ketjukuljettimet	26
4.3 Merkinnät.....	28
4.3.1 Viivakoodit	29

5	Tutkimus	30
6	Ratkaisumalli ehdotukset.....	30
7	Päätelmät.....	30
8	Pohdinta.....	31
	Lähteet	33
	Liitteet	36

Kuviot

Kuvio 1. Sisälogistiikan prosessien vaiheet (Ahlqvist, Koskela, Leinonen & Popovic 2020, 7.)	8
Kuvio 2. Miniload-varastoautomaatti kappaletavaralle (Ahlqvist ym. 2015, 14.)	11
Kuvio 3. Alusta-automaatin hyllyrakenne (Ahlqvist ym. 2015, 13.).....	17
Kuvio 4. Miniload automaattivarasto käytävän sisältä (Dematic RapidStore ASRS n.d, 31.)	19
Kuvio 5. Mecalux yrityksen shuttle-automaattivarasto käytävän sisältä (Shuttle system n.d.)	20
Kuvio 6. Läpivirtaushyllykön toimintaperiaate (Kuormalavan läpivirtausjärjestelmä PDS n.d.)	21
Kuvio 7. Automaattitrukki eli vihivaunu (The VNP15 Automated Forklift n.d.)	24
Kuvio 8. Robotize GoPal 800 mobiilirobotti kuormalavojen kuljetukseen (Ahlqvist ym 2020, 17.)	25
Kuvio 9. Pientavaran kuljetuksiin tarkoitettu mobiilirobotti (5G and Mobile Robotics 2019, 8.)	26
Kuvio 10. Havainnollistava kuvio rullakuljettimien toiminnasta (All About Roller Conveyors n.d.)	27
Kuvio 11. Ketjukuljettimia kolmella ketjulla (Chain Conveyor Systems n.d.)	28
Kuvio 12. Vasemmalla QR-koodi ja oikealla viivakoodi (Key Differences Between Barcode & QR code n.d.)	30

Taulukot

Kuvaotsikkoluettelon hakusanoja ei löytynyt.

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Tämän opinnäytetyön tutkimuksen aiheena on kehittää Metsä Spring Oy:lle 3D- kuitutuotetehtaan sisälogistinen ratkaisumalli. Tutkimuksen tavoitteena on pohtia automaation tarjoamia mahdollisuuksia sisälogistiikan eri osa-alueilla. Lisäksi tarkoituksena on pitää mielessä kustannustehokkuus. Metsä Spring Oy on jo aiemmin teettänyt yhden opinnäytetyön kuitutuotetehtaan jakelustrategiaan liittyen (ks. Joensuu 2022). Aiempi opinnäytetyö ei suoranaisesti liity tämän opinnäytetyön toteutukseen, koska aiheet eroavat toisistaan kohtuullisen paljon.

Opinnäytetyön tausta pohjautuu Metsä Spring Oy:n innovaatioon luoda, tuottaa ja myydä uudenlaista pakkausmateriaalia, joka pystyy kilpailemaan muovisten pakkausten kanssa ja ehkä jopa korvata nämä lähes kokonaan. Valmistusteknologian kehittämisen yhteistyökumppanina toimii Valmet. (Muoto[®] korvaa muovin 2022.) Jo pelkästään Suomessa käytetään vuositasolla lähes kolme miljoonaa tonnia erilaisia pakkausmateriaaleja, joten yrityksen innovaatio sekä tuote osuvat suureen markkinakokonaisuuteen (Ritvanen, Inkiläinen, Von Bell & Santala 2011, 67). Puukuituun pohjautuva pakkausmateriaali on saanut nimekseen Muoto[®]. Projektin tavoite on hyvin ajankohtainen, koska muovin käyttöä pyritään vähentämään tämä laajojen ympäristörasituksien vuoksi. Tänä päivänä käytännössä jokaisen alan keskiössä on hiilijalanjälki sekä tämän pienentäminen. Kehitetyn Muoto[®] pakkaustuotteen hiilijalanjälki onkin huomattavasti pienempi kuin muovin niin valmistuksessa kuin käytössä ja kierrätyksessäkin. Muoto[®]- tuotteet valmistetaan Metsä Groupin omissa laitoksissa syntyvästä puusellusta ja tuotantoteknologia on alansa huippua, joten tuotannon seurauksena raaka-aineet ja vesi eivät tuota jätettä. (Muoto[®] korvaa muovin 2022.)

1.2 Yritysesittely

Metsä Spring Oy on Metsä Groupin innovaatioyritys, jolla on kaksijakoinen rooli Metsä Groupin toiminnassa. Metsä Springin tavoite on kehittää uutta liiketoimintaa, joka perustuu puupohjaisiin arvoketjuihin. Tämä tarkoittaa, että Metsä Spring tutkii jatkuvasti uusia mahdollisuuksia hyödyntää puun muotoja eri aloilla. Yrityksen omia innovaatiota ovat esimerkiksi puukuitupohjainen 3D-

pakkausmateriaali ja paperisellusta valmistettava Kuura-tekstiilikuitu. Lisäksi yritys sijoittaa luopaaviin startup-yrityksiin maailmanlaajuisesti. Metsä Spring on toisin sanoen eräänlainen strateginen sijoittaja, jonka tarkoituksena on mahdollistaa innovointi ja puupohjainen biokiertoaloes. Oman innovoinnin ja startup-yrityssijoitusten kautta Metsä Springin tavoitteena on tukea ja vahvistaa Metsä Groupin liiketoimintaa sekä laajentaa tätä. (MetsäSpring n.d.)

Yksi Metsä Springin toiminnan kulmakivistä on laajamittaisen yhteistyön tekeminen. Erilaisten yritysten erityisosaamisen hyödyntäminen nopeuttaa innovaatioiden kehitystä ja tuo erilaisia näkökulmia asioihin. Samalla yhteistyön osapuolet voivat oppia toisiltaan ja käyttää luotua verkostoa myös jatkossa. Muun muassa 3D-kuitutuotetehtaan tuotantolinjojen kehityksessä Metsä Spring tekee tiivistä yhteistyötä Valmet-yrityksen kanssa. (MetsäSpring n.d.)

1.3 Työn tavoite ja rajaus

Metsä Spring Oy:n Muoto[®] innovaation kehitys on edennyt jo sen verran pitkälle, että on tarpeellista ryhtyä tutkimaan ja pohtimaan kuitutuotetehtaan toimintaa ja prosesseja. Tuotannon toteutusta varten tarvitaan sisälogistisia toimintoja tukemaan kokonaisuutta. Metsä Spring Oy haluaakin yhtiön ulkopuolisen henkilön näkökulman ja ratkaisumallin sisälogistiikan toteutuksesta. Toimeksiantaja on luonut oman raakavedoksen sisälogistiikan toteutuksesta ja työn tavoitteena on tutkia sekä tarpeen mukaan haastaa toimeksiantajan ratkaisumallia. Lisäksi tarkoituksena on luoda kaksi vaihtoehtoista ratkaisumallia sisälogistiikan toteutukselle. Ihanteellisena lopputuloksena saadaan ratkaisumalli 3D-kuitutuotetehtaan sisälogistiikalle, jossa on hyödynnetty automaation tuomia etuja ja pidetty silmällä kustannustehokkuutta. Ratkaisumallin avulla yhtiö voi karkeasti mitoittaa sisälogistiikan tilan tarvetta sekä tehdä alustavia laskelmia toteutuksen vaatimasta budjetista.

Opinnäytetyö ei voi käsitellä kaikkia sisälogistiikkaan liittyviä osa-alueita, joten työtä on myös rajattava. Aloituspisteeksi on asetettu tuotteilla täytetyn käsittely-yksikön eli laatikon luovutus tuotantolinjalta. Työn aloitus on rajattu tähän kohtaan, koska tarkoituksena on tutkia ja kehittää sisälogistiikan ratkaisuja, ei tuotantologistiikkaa. Loppumispiste työllä on laatikoiden ja kuormalavojen luovutushetki eli lähtevän tavarän ovet, jotka pitävät sisällään auto- ja junatoimittajat. Loppupiste työssä on asetettu lähtevän tavarän oville, koska tämän jälkeen tuotteet ovat kuljetuslogistiikan

piirissä. Työ pitää sisällään kaikki aloitus- ja lopetuspisteen välillä olevat toiminnot, kuten tavaroiden kuljetuksen tuotannosta varastoon, varastoinnin, käsittely-yksiköiden merkinnät, pakkauksen sekä tavaroiden siirrot varastosta lähetykseen. Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää ratkaisumalli kuitutuotetehtaan sisälogistiikalle, joten työssä keskitytään enemmän sisälogistiikan prosessien kokonaisuuteen. Tämä tarkoittaa, että työn tavoitteena ei ole valita jokaiseen sisälogistiikan vaiheeseen omaa robottia tai kuljetinta vaan todeta tarpeet sekä haasteet. Toimeksiantajan suunnitelmana on nostaa pakkausmateriaalin tuotantolinjojen määrää kolmessa vaiheessa. Tämä opinnäytetyö käsittelee vaihetta 2, jolloin tuotantolinjoja on 24. Vaihetta 1 ei käsitellä työssä, koska tuotantolinjoja on tällöin kohtuullisen vähäinen määrä ja automaation tuomat edut eivät hyödytä sisälogistiikkaa tarpeeksi. Vaiheessa 3 tuotantolinjoja on 48 ja tämän vaiheen suunnitelma on alkutekijöissään. Vaikka työssä käsitellään tuotantolinjojen vaihetta 2, voi kuitenkin olla hyödyllistä pitää mielessä vaiheen 3 tuotantolinjamäärät ja pohtia voidaanko vaiheen 2 toteutusta käyttää myös vaiheessa 3.

1.4 Tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön pääasiallinen tutkimuskysymys on, millainen 3D-kuitutuotetehtaan sisälogistiikan ratkaisumallin tulisi olla? Pääkysymyksen tueksi on asetettu neljä tarkentavaa tutkimuskysymystä, joiden avulla ratkaisumallin rakenne pyritään tekemään mahdollisimman sopivaksi toimeksiantajalle. Kysymysten tarkoituksena on kattaa kuitutuotetehtaan sisälogistiikan eri osa-alueet ja tällä tavoin eritellä jokainen alue omakseen. Lopuksi kaikkien osa-alueiden tiedot ja päätelmät yhdistetään kattavaksi toisiaan tukevaksi kokonaisuudeksi. Tutkimuskysymykset ovat:

- Onko olemassa oleva sisälogistiikan suunnitelma sopiva käyttötarkoitukseen vai kannattaako sitä muokata?
- Millä tavoin käsittely-yksiköiden pakkaaminen, merkinnät ja siirrot kannattaa toteuttaa?
- Mitkä käsittely-yksiköt kannattaa varastoida automaattivarastoissa ja mitkä manuaalisissa?
- Millainen automaattivarasto soveltuu parhaiten tarkoitukseen ja kuinka suuri sen kapasiteetin tulee olla?

2 Sisä- ja tuotantologistiikka

2.1 Sisälogistiikka yleisesti

Sisälogistiikka käsitetään usein samaksi asiaksi kuin tavaroiden varastointi, mutta asia ei ole aivan näin yksinkertainen. Logistiikan osa-alueena sisälogistiikka kattaa materiaalien liikuttamisen sekä

käsittelyn varastojen, terminaalien ja tehtaiden sisällä. Käytännössä kyseessä on sisälogistinen toiminto, jos raaka-aineita tai tuotteita liikutellaan sekä varastoidaan mainituissa ympäristöissä. Sisälogistiikka sisältääkin useita erilaisia prosesseja, jotka määräytyvät materiaalin tilanteesta ja päämäärästä. Yleisimpiä prosesseja ovat tavaran vastaanotto, merkitseminen, hyllytys, siirrot, keräily, pakkaaminen ja lähetys. Varastointi on siis sisälogistiikkaa, mutta ainoastaan yksi osa-alue suuremmissä kokonaisuudessa. (Sisälogistiikka (INTRALOGISTICS) n.d.)

Perinteisen materiaalin liikuttelun sekä käsittelyn lisäksi sisälogistiikassa liikkuu suuria määriä informaatiota raaka-aineista, tuotteista ja prosesseista. Informaation kerääminen ja hyödyntäminen on tärkeää, jotta sisälogistiikasta saadaan tehokasta ja sujuvaa. Prosessien mittaaminen on hyvin suuressa roolissa sisälogistiikan ratkaisuja kehitettäessä. Informaatiovirtojen avulla saadaan elintärkeää tietoa prosessien läpimenoajoista ja haasteista. Pullonkaulojen todentaminen ja ratkaiseminen onkin yksi sisälogistiikan tärkeimmistä kehitystavoitteista. Tärkeää tietovirtaa sisälogistiikan näkökulmasta ovat muun muassa tuotteiden sijainti tiedot, tilaustiedot ja ominaisuudet. Tuotetun ja hyödynnetyn informaation yhdistäminen siirtoihin, varastointiin ja lähettämiseen mahdollistavat toiminnan tehostamisen. Aktiivisesti kerätty ja hyödynnetty informaatiovirta vaikuttaa positiivisesti yritysten kilpailukykyyn ja tuloksiin. (Sisälogistiikka n.d.)

2.1.1 Sisälogistiikka osana toimitusketjua

Sisälogistiikka on aktiivinen ja tärkeä osa toimitusketjun hallintaa. Toimitusketjun kokonaisvaltainen tarkoitus on suunnitella ja ohjata yritysten materiaalivirtoja. Toimitusketjun hallinnan kokonaisuuteen liittyy tuotteiden ja raaka-aineiden lisäksi informaatio- sekä rahavirtojen suunnittelu. Yrityksille ideaalinen tilanne on, että yksikään osa-alue toimitusketjussa ei sido toimijan varoja enempää kuin on välttämätöntä. Tämän mahdollistamiseksi jokaisen toimitusketjun rakenne on suunniteltava yritykselle itselleen sopivaksi. Toimitusketjua suunniteltaessa on tärkeää panostaa luotettavuuteen sekä joustavuuteen mahdollisen lisääntyvän kysynnän mukaan. Sisälogistiset ratkaisut ovat tämän suhteen toiminnan keskipisteessä. Tehokas ja pitkälle tähtäimelle suunniteltu materiaalivirtojen toteutus suosii yrityksiä tilanteiden muuttuessaakin. Lisäksi sisälogistiikasta kerääntyvän tietovirran jatkuva analysointi ja tämän pohjalta tapahtuva toiminnan kehittäminen mahdollistaa yritysten nousujohtoisen kehityksen. Lopputulos onnistuneelle ja mahdollisimman tehokkaasti suunnitellulle toimitusketjulle on arvon lisääntyminen asiakkaiden silmissä. (Emmett 2005, 1–2.)

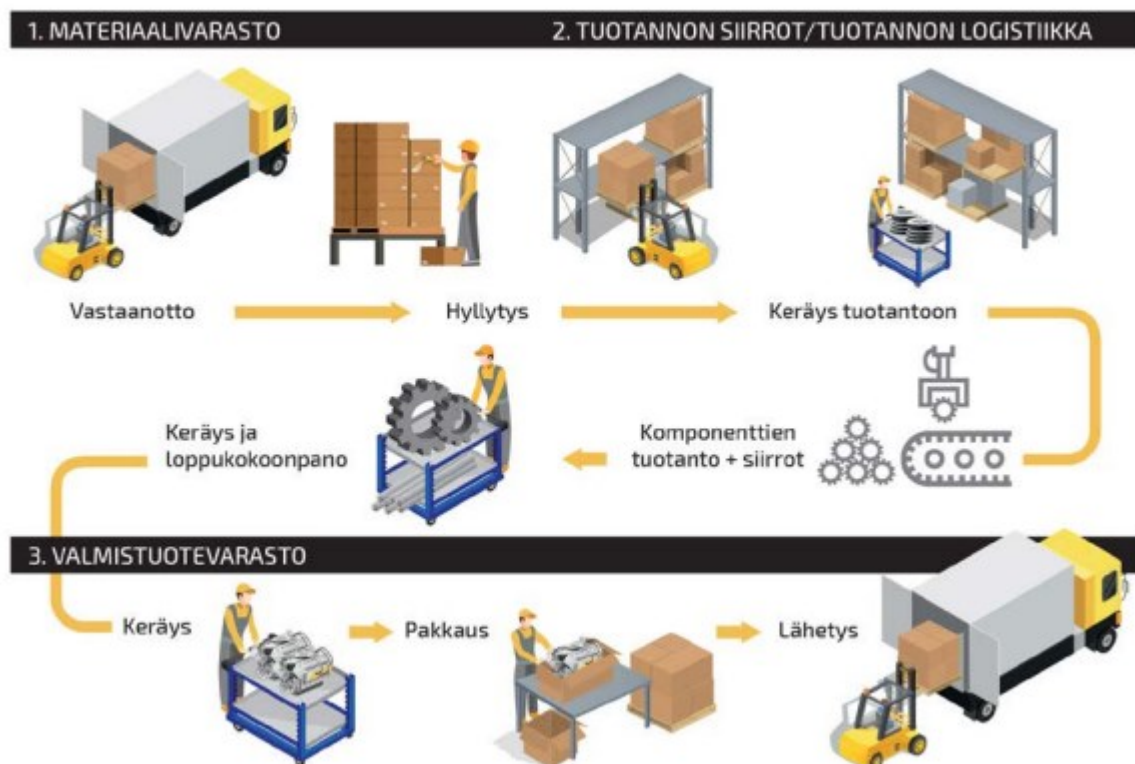
2.1.2 Varastoinnin tarve

Sana varasto tarkoittaa fyysistä paikkaa eli varastorakennusta- tai tilaa, johon yritys säilöö tuotteensa. Varastointi puolestaan tarkoittaa varastojen sisällä tapahtuvaa toimintaa, kuten tavaran asettelua omalle säilytyspaikalleen. Vanhoillisen ajatustavan mukaan varastointi on aiemmin nähty suorastaan ärsyttävänä pakollisena pahana, koska se ainoastaan luo lisäkustannuksia tuomatta lisäarvoa. On totta, että raaka-aineiden tai tuotteiden varastointi sitoo yrityksen pääomaa, joka voitaisiin käyttää muihin tarkoituksiin. Juuri tästä syystä varastoinnin optimointi ja suunnittelu on hyvin tärkeää. Kysyntä-toimitusketjun tarkan ja toimivan suunnittelun avulla varastointikustannuksia ja määriä voidaan tuoda alas, mutta varastoinnin tarve ei kuitenkaan katoa. (Varastointi n.d.)

Yrityksien imago ja luotettavuus ovat tärkeä osa-alue liiketoimintaa, ja tuotteiden saatavuuden turvaaminen on yksi keskeisimmistä keinoista taata nämä. Varastoinnin avulla yritykset varmistavat, että suurinta osaa tuotteista voidaan myydä jatkuvasti ja tällä tavoin pääomavirta pidetään jatkuvassa liikkeessä. Valmiiden tuotteiden varastointi sitoo eniten pääomaa, mutta mahdollistaa myös nopean vastaamisen kysyntään. Täysin varmaa saatavuutta jokaiselle tuotteelle ei kuitenkaan yleensä ole järkevää luoda kustannussyistä, joten asiakkaiden on oltava valmiita hyväksymään tämä. Saatavuuden turvaamisen lisäksi varastoinnin avulla pystytään vastaamaan äkillisesti nousevaan kysyntään ja hyödyntämään tällä tavoin markkinoiden kasvu. Varastointi toimii tässä tapauksessa myös toiseen suuntaan eli kysynnän laskiessa, varastot tallettavat tuotteita odottamaan uutta nousua. Tämä tietenkin tarkoittaa, että pääoma pysyy sidottuna varastoituihin tuotteisiin, mutta tappiollisen kaupan tekeminen ei hyödytä yrityksiä. (Ritvanen ym. 2011, 80–82.) Tuotannon näkökulmasta varastoinnin tarve on elintärkeä, koska hyvin usein suurien raaka-aine erien hankinta on kustannustehokkaampaa kuin pienien. Ennen suurta toimituserän hankintaa yrityksen tulee kuitenkin laskea ja pohtia, onko pieni vai suuri tilauserä kannattavampi vaihtoehto. Lisäksi tuotteen menekki saattaa laskea kesken suuren toimituserän käytön, joten varaston ja varastoinnin olemassaolo tekee mahdolliseksi odottaa paremman kysynnän aikaa. Nykymailman alati vaihtelevat globaalit haasteet ja maiden väliset levottomuudet tuovat epävarmuutta tuotteiden ja raaka-aineiden saatavuuksiin sekä hintoihin, joten varastojen pitäminen on tarpeellista myös tästä näkökulmasta. Tämän tapaisten tilanteiden ennakointi ja varmuusvarastojen tasojen nostaminen tulee sitomaan yrityksen pääomaa entistä enemmän, mutta saattaa tarjota mainion mahdollisuuden verrattuna kilpailijoihin, jotka eivät ole varautuneet toimitusvaikeuksiin tai nouseviin hintoihin. (Warehousing and Inventory Management 2015, 5–6.)

2.2 Sisälogistiikan prosessit

Sisälogistiikan prosesseja on useita erilaisia ja yhteen nidottuna ne muodostavat sisälogistiikan kokonaisuuden. Yritysten sisälogistiikan prosessit saattavat erota toisistaan, riippuen millaisella toimialalla yritys toimii. Muun muassa tuotantoyrityksen sisälogistiikassa on enemmän prosesseja kuin valmistuotteiden kanssa toimivassa jakelukeskuksessa. Alla esitettyssä kuviossa on esimerkki havainnollistus sisälogistiikan prosesseista. Kuvio käsitellään tuotantologistiikan näkökulmasta, koska kuvio sopii tähän sisälogistiikan alaan erityisen hyvin.



Kuvio 1. Sisälogistiikan prosessien vaiheet (Ahlgvist, Koskela, Leinonen & Popovic 2020, 7.)

Sisälogistiikan prosessit voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri osaan. Ensimmäinen vaihe on materiaalin vastaanotto. Vastaanotettava materiaali on tässä tapauksessa raaka-aineita. Vastaanoton yhteydessä tarkastetaan materiaalin kunto sekä määrä. Tämän tarkoituksena on varmistua, etteivät materiaalit ole vahingoittuneet kuljetuksen aikana. Samaan aikaan vastaanotto kirjaa materiaalin tietojärjestelmään. Idealisessa tilanteessa jokaiseen kuorman tuotteeseen on liitetty viivakoodi tai QR-koodi, joka voidaan lukea lukulaitteella ja suoraan todeta mikä tuote on kyseessä ja kuinka

paljon sitä on. Tämä nopeuttaa vastaanoton läpimenoaikaa huomattavasti, mutta vaatii suurta luottamusta ja hyvää yhteistyötä toimittajan kanssa. Vastaanoton kuitattua tuotteet saapuneiksi voidaan materiaalit hyllyttää tai viedä suoraan tuotantoon tarpeen mukaan. Materiaalien hyllyttäminen suoritetaan joko trukeilla manuaalisesti tai automaatiota hyödyntäen. Automaattisia ratkaisuja hyllyttämiseen ovat muun muassa automaattivarastot sekä automaattitrukit. (Ahlqvist ym. 2020, 7–9.)

Toinen karkeasti jaoteltu sisälogistiikan prosessien alue on tuotannon sisäinen keräily, sisäiset siirrot ja tuotantologistiikka. Tämä osa-alue pitää sisällään materiaalin keräämistä hyllyköistä ja näiden siirtoja tuotantoon. Siirretyn materiaalin avulla tuotanto voi suorittaa loppukokoonpanon. Tuotannon sisäiset siirrot voidaan toteuttaa useilla eri tavoilla. Yhden kuormalavan manuaalinen siirtäminen on hidasta ja vaatii paljon toistoja sekä edes takaista liikkumista. Manuaalisesti toteutettuja tuotantosiirotta voidaankin tehostaa niin sanotulla maitojunalla. Tällä tarkoitetaan, että vetotrukki vetää perässään useita lavoja tai kärryjä. Tällaisen toteutuksen avulla yksi työntekijä pystyy siirtämään suuren määrän materiaaleja kerralla, joka on kustannustehokasta. Suuremmissa kaavassa toimittaessa yksinkertaiset materiaalin siirrot on myös mahdollista automatisoida esimerkiksi automaattitrukeilla tai mobiiliroboteilla. Mainitut ratkaisut kykenevät toimimaan ihmisten seassa, mutta niistä saadaan paras hyöty irti, kun ne voidaan eristää toimimaan omissa tiloissaan. Automatisoidut materiaalinsiirrot ovat kuitenkin melko kalliita ja maksavat itsensä takaisin vasta useiden vuosien jälkeen ja lisäksi tuotannon tulisi toimia vähintään kahdessa vuorossa. Materiaalien siirrettyä varastosta tuotantoon, tuotanto suorittaa oman panoksensa tuotteen valmistukselle, mikä yleensä tarkoittaa valmista tuotetta tai joissakin tapauksissa osittain valmista tuotetta, jonka loppukokoonpano tapahtuu muualla. Loppukokoonpanon jälkeen tuote voidaan siirtää suoraan varastoon tai se voidaan ensin pakata ja lähettää tämän jälkeen varastoitavaksi. (Ahlqvist ym. 2020, 9–19.)

Kolmas sisälogistiikan prosessien vaihe on valmistetuotevaraston toiminnot, johon siirrytään, kun valmis tai puolivalmis tuote siirtyy tuotannosta eteenpäin. Tapauskohtaisesti on mahdollista, että tuotteet kuljetetaan suoraan pakkauskäsittelyn kautta lähtevän tavaran oville ja tästä asiakkaalle tai myymälään. Hyvin usein tämä ei ole kuitenkaan mahdollista, joten tuotteet pitää varastoida. Kätevin ja yksinkertaisin ratkaisu on sijoittaa valmistetuotevarasto tuotannon läheisyyteen, jolloin

sisäisten siirtojen etäisyydet ovat mahdollisimman pienet. Varastointi voidaan suorittaa manuaalisesti, kuten aiemmissa prosessin vaiheissa on esitetty, tai toiminnon suorittamiseksi voidaan hyödyntää automaatiota. Varastointi tyyppiä valittaessa on tärkeää huomioida kohdeyrityksen tarpeet sekä muistaa, että täysiä tuotelavoja ja yksittäisiä pakkauksia ei voida varastoida samalla tavoin. Lisäksi varastointityyppi tulee valita tuotteen mukaan. Yleinen tapa on käyttää FiFo- periaatetta, eli "First in First out", jossa ensimmäisenä varastoitu tuote myös lähtee ensin. Tämä periaate sopii erityisesti elintarvikkeille, mutta myös muille tuotteille. Kappaletavaran varastointiin voidaan muun muassa käyttää alusta-automaattivarastoja, joiden avulla keräily on puoliautomatisoitua. Täysautomaattisena vaihtoehtona voidaan käyttää esimerkiksi miniload -järjestelmää, jossa tuotteet kulkevat tuotannosta varastoon kuljettimia pitkin, ja automatisoitu tavarahissi kuljettaa jokaisen tuotteen omalle paikalleen kanavahyllystään. Tuotteiden paikoittaminen niin manuaaliseen kuin automatisoituunkin varastoon vaatii oikean mukaiset merkinnät tuotteille. Tämä toteutetaan usein viiva- tai QR koodeilla. Valittu varastointiautomaatti lukee tuotteen koodin, josta selviää vähintään tuotteen nimike ja määrä. Asiakkaan tilatessa tuotetta automaattivaraston järjestelmä saa toimeksiannon tuotteista ja noutaa nämä. Hyvin suunniteltu ja ohjelmoitu järjestelmä noutaa varastosta siellä kauimmin olleen tuotteen eli järjestelmä toimii FiFo- periaatteen mukaisesti. Tämän jälkeen tuotteet siirtyvät kuljettimilla tai mobiilirobotilla pakkaukseen, jossa tuotteet pakataan tarpeen mukaan laatikoihin sekä kuormalavoille. Yleensä lavat myös merkitään lavalapulla, viivakoodilla tai QR- koodilla. Merkinnän tulee sisältää vähintään tiedot asiakkaasta, tuotteista, määristä sekä toimituspäivästä. Huolellisen pakkauksen jälkeen kuormalavat siirretään lähtevän tavaran oville, jossa ne lastataan valittuun kuljetusmuotoon. (Ahlqvist ym. 2020, 10–20.)



Kuvio 2. Miniload-varastoautomaatti kappaletavaralle (Ahlqvist ym. 2015, 14.)

2.3 Tuotantologistiikan määritelmä ja tuotantomuodot

Kriegerin (n.d) mukaan tuotantologistiikka on hankintojen ja jakelun välillä suoritettava toiminto. Tuotantologistiikan tarkoituksena on suunnitella tukitoimintoja, joiden avulla voidaan seurata, varastoida ja kuljettaa materiaaleja. Raaka-aineet, varaosat, puoli valmiit sekä valmiit tuotteet ovat yleisimpiä tuotantologistiikassa käsiteltyjä materiaaleja. (Krieger n.d.) Tuotantologistiikan erottaminen sisälogistiikasta on useissa tapauksissa hyvin vaikeaa, joten yleissääntö näiden kahden erolle on niiden toiminnan laajuus. Sisälogistiikka kattaa kaiken tavaran liikuttelun, varastoinnin ja lähettämisen tehtaiden tai terminaalien sisäpuolella. Tuotantologistiikka puolestaan keskittyy mahdollistamaan tuotannon toiminnan jatkuvuuden huolehtimalla raaka-aineiden ja tuotteiden siirrot. Voidaan siis sanoa, että tuotantologistiikka on osa sisälogistiikan kokonaisuutta. Tuotannon tarpeiden seuraaminen on tuotantologistiikan tärkein rooli, mikä tarkoittaa, että informaation kulku osastojen välillä on äärimmäisen tärkeää. Osastojen välistä informaatiota on esimerkiksi tuo-

tannon raaka-aineiden määrät tai tuotteiden valmistumisnopeus. Informaation oikea oppinen suodattaminen ja käyttö takaa jatkuvan sekä sujuvan toimintaympäristön niin tuotannolle kuin logistiikallekin. (Krieger n.d; Sisälogistiikan kehittäminen tuo tehokkuutta tuotantoon 2022.)

Tuotannonohjauksen määrittäminen on keskeinen osa tuotantoa ja tuotantologistiikkaa. Ohjausvaihtoehdot jaetaan usein neljään kategoriaan ja yrityksiä tuleekin pohtia, millainen muoto sopii parhaiten heidän tarpeisiinsa. Valintaa tehdessä tulee kiinnittää huomiota yrityksen toimialaan, tuotteisiin ja asiakkaiden tarpeisiin. Ensimmäinen ohjausmuoto on varasto-ohjautuva tuotanto eli made-to-stock (MTS). Tätä muotoa on mahdollista käyttää, kun tuote tai tuotteet ovat yrityksen vakio kokoonpanoa ja tuotteen säilyvyys on pitkä. Esimerkiksi elintarvikkeille MTS vaihtoehdon käyttäminen ei ole yleensä järkevää. Koska kyseessä on tuotantomuoto, jossa tuotteita valmistetaan tarkoituksella varastoon, on asiakkaan toimitusaikavaatimus tuotteille tavallisesti melko lyhyt. Lisäksi tämän tuotantomallin toimivuuden varmistamiseksi tulee eri nimikkeiden myynnin olla suhteellisen suurta ja menekki tulee olla melko hyvin ennustettavissa. MTS ohjausmuodon huono puoli on, että se sitoo yrityksen pääomaa varastoihin. Toinen yleisesti käytetty ohjausvaihtoehto on tilausohjautuva tuotanto eli make-to-order (MTO). Tämän ohjausvaihtoehdon käyttäminen tuotannossa on järkevää, kun tuotteiden kirjo on laaja ja kysyntä on joko vähäistä tai vaikeasti ennustettavaa. MTO malli ei sido yrityksen pääomaa niin paljoa kuin MTS, mutta tuotteiden toimitusaika on selkeästi pidempi. Toisaalta tilausohjautuvan tuotannon riskit ovat pienet, esimerkiksi kysynnän laskiessa. Asiakasohjautuva tuotanto eli assemble-to-order (ATO), puolestaan on asiakkaan toiveet huomioon ottava tuotannon ohjausmalli. Tässä mallissa standardisoiduista tuotteista muokataan asiakkaan toiveiden mukaisia variaatioita, mikä tarkoittaa, että tämä ohjausmuoto sitoo yrityksen pääomaa erilaisten komponenttien muodossa. Neljäs tuotannonohjaus muoto on asiakasohjautuva tuotesuunnittelu eli engineer-to-order (ETO). Mallin tarkoituksena on luoda ja suunnitella asiakaskohtaisia tuotteita, jotka eivät yleensä perustu standardimalleihin. Varsinkin suurissa tehdaskokonaisuuksissa, joissa on paljon tuotantolinjoja, voi tuotannon ohjausmuotoja olla useita. Erilaisia malleja käytettäessä voidaan nostaa yrityksen arvoa asiakkaan silmissä ja vastata paremmin muuttuvaan kysyntään. (Ritvanen ym. 2011, 47–49.)

2.4 Osa-alueiden yhteistoiminta

Liiketoiminnallisesta näkökulmasta voitaisiin todeta, että tuotanto ja tämän tuottama arvo on yrityksille tärkeintä, koska tuotannon lopputuloksena yrityksille syntyy tuotteita, jotka myyntihetkellä

tuottavat pääomaa. Asia ei kuitenkaan yleensä ole niin yksiselitteinen. Sisälogistiikan rooli tuotannon tukena ja avustajana on äärimmäisen tärkeä toiminto, jotta voidaan toimia kustannustehokkaasti ja varmistaa, että tuotannon jatkuvuus pysyy hyvällä tasolla. Sisälogistiikan on siis tarkoitus toimia tuotannon ympärillä ja pitää huoli, että tuotanto voi keskittyä omaan alueeseensa täydellä teholla, huolehtimatta liikaa materiaalien siirroista tai varastoinnista. Periaatteessa voidaan sanoa, että tuotantologistiikka sekä tuotanto ovat sisälogistiikan asiakkaita. Aina kaikki ei kuitenkaan mene niin kuin pitäisi ja ongelmia ilmenee toimialueilla aika ajoin. Tiiviin yhteistyön haasteeksi voidaankin kokea ongelmatilanteiden laaja vaikutusalue. Tämä tarkoittaa, että sisälogistiikassa ilmevät ongelmat ja haasteet vaikuttavat usein suoraan tuotantoon ja toisin päin. Yhteistyön etuna on kuitenkin, että ongelmien ilmetessä, ratkaisuja pohditaan kahden osaston voimin. (Heinilä 2022.)

Tuotanto- ja sisälogistiikan yhtenäinen, tehokas ja sujuva toiminta vaatii muutakin, kuin osa-alueiden olemassaolon. Informaation kerääminen, käsittely ja jakaminen on suurin yhteistyön mahdollistaja. Manuaalisissa toimintamalleissa tämä vaatii informaatiovirtoja jatkuvaa tutkimista sekä johtopäätöksien tekoa. Tehtävään tarvitaan kokeneita työntekijöitä, jotka osaavat suodattaa informaatiovirtaa ja välittää tietoja muille osastoille. Automaatiota hyödyntävässä tuotantoympäristössä informaatiovirtojen kulku on yhtä tärkeää, mutta tiedon analysointi ja siitä tulevat johtopäätökset ja ratkaisut ovat automaattisia. Tämä on mahdollista, kun eri osastojen toiminnon ovat synkronoitu toisiinsa. Esimerkiksi lopputuotannon täytyessä, tuotannon laitteet informoivat tuotantologistiikkaa, joka aloittaa tavaroiden siirron pois tuotannosta kohti varastointitiloja. Siirron aikana sisälogistiikka saa tiedon uusista varastoitavista tuotteista ja valmistautuu siirtämään nämä varastoon. Informaatiovirroista puhuttaessa ei tule kuitenkaan unohtaa hankinta- ja myyntiosastoja, joiden kanssa sisälogistiikka jakaa tietoa jatkuvasti. Materiaalivarastojen vähentyessä sisälogistiikan tulee informoida hankintaosastoa, joka varmistaa, etteivät hyllyköt pääset täysin tyhjiksi. Myyntiosaston tulee olla tietoinen lopputuotteiden varastotasoista, sillä ei ole hyvää bisnestä myydä tuotteita asiakkaille ja ilmoittaa jälkikäteen, että tuotteita ei olekaan varastossa ja toimitus viivästyy. Jatkuva ja tarkka informaatiovirran käsittely sekä jakaminen osastojen välillä on sisälogistiikan suurimpia haasteita, mutta myös isoimpia vahvuuksia oikein toteutettuna. (Sisälogistiikan kehittäminen tuo tehokkuutta tuotantoon 2022.)

3 Automaattivarastot

3.1 Automatisointi yleisesti

Automatisoinnin pääasiallinen tarkoitus on sama käytännössä jokaisella alalla. Tavoitteena on kääntää yritysten toimintaa pois manuaalisista suorituksista ja korvata nämä suoritteet koneilla ja roboteilla. Työntekijöiden toistuvan fyysisen työn korvaaminen automaation avulla kehittää yrityksen toimintaa ja mahdollistaa kehityksen, koska on sanomattakin selvää, että koneet suoriutuvat raskaista fyysisistä töistä nopeammin ja paremmin sekä kestävyys ja työn jatkuvuus ovat korkeammalla tasolla. Lisäksi suurimpia kompastuksen aiheita ovat usein inhimilliset virheet, joita työn aikana syntyy. Automaation avulla inhimillisten virheiden mahdollisuus poistetaan, mutta koneiden ja robottien varmuus ei silti ole 100 %. Laitteet tarvitsevat säännöllistä huoltoa, jonka avulla varmistetaan koneiden toimivuus ja vähennetään häiriötilanteiden syntyä. Ihmisen ja automaation on myös mahdollista toimia yhdessä, jolloin käytetään molempien osapuolien vahvuuksia. Tätä kutsutaan puoliautomatisoiduksi ratkaisuksi. Täysautomaattisissa ratkaisuissa koneet ja robotit hoitavat kaiken, ihmisen tehtäväksi jää ohjelmointi ja tarkkailu. Aina automatisointi ei kuitenkaan välttämättä tarkoita fyysistä robottien tai laitteiden lisäämistä vaan kyseessä voi olla myös ohjelmistojen implementointi tehostamaan sekä korvaamaan manuaalisia kirjauksia ja tietojen analysointia. (Jenkins 2020.)

3.1.1 Varastojen automaatio

Varastojen automatisoiminen on prosessi, jossa manuaalisen toiminnan sijaan valitaan sopivia laitteita ja robotteja korvaajiksi tehtäviin. Automatisoitavia prosesseja ovat tavaroiden siirto varastoon, varastointi suoritteet ja tavaran siirto pois varastosta kohti lähtevän tavaran ovia. Automaatio tuo lisäarvoa sisälogistiikan toiminnalle, jos tämän avulla työ tehostuu, nopeutuu ja vähentää kuluja pitkällä kaavalla. On mahdollista automatisoida varaston toiminnot osittain. Esimerkiksi tavaran siirrot voivat olla manuaalisesti toteutettuja, mutta varastointi itsessään suoritetaan varastoautomaatilla. Osittain automatisoidussa toimintamallissa tulee kiinnittää erityisesti huomiota siihen, että laitteet voivat toimia ihmisten keskuudessa. Täysin automatisoitu varastointiprosessin kokonaisuus on kuitenkin ehkä hieman käytännöllisempi, koska varastoinnin osa-alueet ovat tällöin paremmin tasapainossa. Täysautomaattioratkaisuissa on parempi todennäköisyys välttää tarpeettomilta pullonkauloilta, joita syntyy useammin puoliautomatisoiduissa malleissa. Automaation laajuutta pohdittaessa tulee ottaa huomioon yrityksen tarpeet. Kaikki tilanteet ovat erilaisia,

joten ratkaisumallin tulee tukea yrityksen tuotteita, kysyntää ja käytössä olevia tiloja. (Jenkins 2020.)

3.1.2 Hyödyt ja haitat

Investointeja harkittaessa on äärimmäisen tärkeää pystyä perustelemaan hanke kattavasti. Yritykset haluavat tietää mitä he saavat ja millä hinnalla. Seuraavat asiat ovat automaattivarastojen etuja verrattuna manuaalisiin malleihin:

- Parantunut tarkkuus, luotettavuus ja tehokkuus
- Pienemmät työvoimakustannukset
- Vähemmän rajoituksia
- Parempi turvallisuus
- Parempi tilan käyttö

Yksikään ratkaisumalli sisälogistiikassa ei ole täydellinen, joten myös huonoja puolia ja haasteita riittää. Yrityksien investointipäätöksiä tehdessä tuleekin punnita hyvien ja huonojen puolien tasapainoa. Lisäksi päätökseen vaikuttaa yrityksen taloudellinen tila, tulevaisuuden visio sekä tavoitteet. Seuraavat asiat ovat automaattivarastojen haasteita ja haittoja:

- Korkea alkuinvestointi
- Huono soveltuvuus vaihteleviin toimintoihin
- Huoltotarpeet
- Käyttö voi vaatia teknistä taitoa

(The warehouse manager's guide to automated storage and retrieval systems (AS/RS) 2019.)

3.2 Automaattivarastotyypit

Automaattivarastot kehittyvät huimaa vauhtia ja nykyään käytännössä kaikelle varastoitavalle tavarelle voidaan käyttää jonkinlaista automaattista varastointiratkaisua. Automaattivaraston valinta määräytyy ensisijaisesti käsittely-yksikön mukaan. Yleisesti käytettyjä käsittely-yksiköitä ovat yksittäiset tuotteet, eri kokoiset laatikot ja kokonaiset kuormalavat. Yksittäiset tuotteet ja laatikot ovat pientavaraa, joille on omat automaattiratkaisunsa. Kuormalavat ovat kokonsa puolesta suurempia,

joten näiden automaattivarasto ratkaisut ovat erilaisia kuin pientavaran. Erilaisten automaattivarastojen käyttö eri käsittely-yksiköille on tarpeellista, koska hyvin usein tuotteita tilataan erilaisia määriä. Tällöin yksittäiset tuotteet tai laatikot voidaan toimittaa varastoautomaatista, jossa varastoidaan vain yksittäisiä tuotteita ja kokonaiset tuotelavat tulevat omasta varastostaan. Automaattivarastoa valittaessa tuotteiden koon lisäksi tulee ottaa huomioon kustannukset, tilan tarve ja operaation kokoluokka. Myös tuotteiden jälkikäsitteilyn luonteeseen tulee kiinnittää huomiota. Tällä tarkoitetaan tapaa, jolla tuotteita käsitellään varastosta poistamisen jälkeen, onko kyseessä manuaalinen vai automatisoitu pakkaus, käärintä ja siirtotapa. Käsittely-yksiköiden koosta tai luonteesta huolimatta, jokaisen varastoautomaatin tavoite on sama, tehostaa tuotteiden keräilyä ja varastointia. (Jenkins 2020.)

Seuraavissa kappaleissa on tarkoitus esitellä kappaletavaralle ja kuormalavoille soveltuvia automaattivarastoja. Kaikkien ratkaisumallien esittelemine ei ole mahdollista, joten osiossa tutkitaan yleisemmin tunnettuja sekä käytettyjä vaihtoehtoja. Kaikki esitellyt automaattivarastomallit tehostavat prosessien läpivientejä ja säästävät lattiapinta-alaa.

3.2.1 Alusta-automaatit

Alusta-automaatit ovat yksi yleisimmistä käytetyistä automaattioratkaisuista kappaletavaralle. Niiden avulla voidaan tehostaa prosesseja ja säästää lattiapinta-alaa. Perinteinen alusta-automaattimalli on paternoster, jossa varastohyllyt pyörivät karusellimaisesti pystylinjassa. Tällaiset mallit ovat yleensä kustannuksiltaan halvimpia, mutta ne ovat myös hitaita, jos keräiltävät tuotteet ovat eripuolilla karusellia. (Pientavarakeruu ja automaatio n.d.)

Hissityyppinen alusta-automaatti on modernimpi ratkaisu, jossa automaatin etu- ja takapuolella on varastointitasoja tuotteille ja näiden keskellä on hissi, joka noutaa tuotteita tasoilta. Tuotteet kerätään automaatin alaosassa olevasta käyttöaukosta. Hissityyppisen varastoautomaatin etu on sen nopeus keräilyssä ja hyllytyksessä. Parhaimmillaan yhden alusta-automaatin keräilyteho on noin 150 tuotetta tunnissa, kun manuaalisista kappaletavarahyllyköistä keräily on yleensä noin 100 tuotetta tunnissa. Lisäksi automaatin avulla keräilyvirheet vähenevät lähes nolliin. Uusimmat ja hyvin optimoidut alusta-automaatit muuttavat tuotteiden sijoittelua sen mukaan, kuinka usein varastotaso käy syöttöaukolla. Tuotteet, jotka käyvät syöttöaukolla usein varastoidaan siis lähimmille tasoille. Alusta-automaatteja kannattaa olla ainakin kaksi tai kolme, jolloin saavutetaan parempi

keräilytehokkuus. Suosittuja tuotteita voidaan sijoittaa kaikkiin automaatteihin, jotta jokainen laite on toiminnassa mahdollisimman paljon ja laitteen ollessa epäkunnossa keräily ei pysähdy. Usean laitteen etuna on myös tuotteiden ennakoiva keräily, toinen automaatti voi noutaa seuraavan tuotteen, kun ensimmäistä keräillään. Miinuksena on, ettei varastoautomaattia yleensä pystytä täyttämään keräilyn aikana, joten toiminnot pitää suorittaa eri aikaan. (Ahlqvist ym. 2015, 12–14.) Hissi toimintaisen alusta-automaatin korkeus on tavallisesti 4–15 metriä. Tavara-alustan leveys on 2500–4250 mm ja syvyys 620–820 mm, alustan painorajat ovat 300 kg sekä 500 kg riippuen valitusta automaatista. Varastoivan tavaran maksimikorkeus voi olla enintään 850 mm. Maksiminopeus hissien pystysuuntaiselle liikkeelle on 2,2 m/s sekä 1,2 m/s varastoinnille ja tavaran haulle. (TORNADO- hissiautomaatti n.d.) Alla esitettyssä kuvassa on havainnollistettu alusta-automaatin rakennetta.

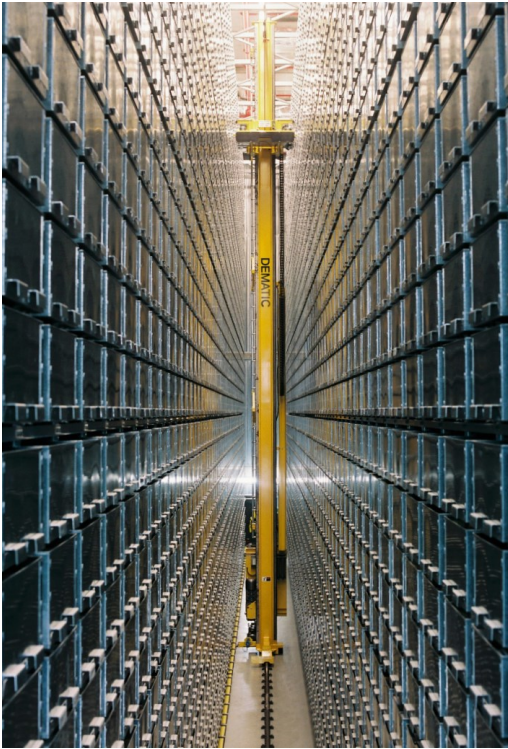


Kuvio 3. Alusta-automaatin hyllyrakenne (Ahlqvist ym. 2015, 13.)

3.2.2 Miniload-varastoautomaatti

Miniload on kappaletavaralle tarkoitettu automaattinen varastointi- ja keräilyratkaisu. Ideana on, että automaatti hyllyttää varastoitavat tavarat muovisissa tai pahvisissa laatikoissa. Automaattivaraston tulee luonnollisesti olla yhteydessä varastonhallintajärjestelmään, jotta varastointi ja keräily on mahdollista. Varastoitavan tavarain paino voi olla mallista riippuen 30–300 kg. Itse tavarain siirrot varastoautomaatin sisällä tapahtuvat hissimäisesti. Automaatin alaosassa on kisko, johon on kiinnitetty masto ja sen päähän hissi, joka liikkuu vertikaalisesti ja horisontaalisesti. Miniload hissin liikenopeus voi olla jopa 6 m/s. Varastopaikkoja käytäviltä löytyy molemmin puolin ja vain yhden hissin on mahdollista toimia samalla käytävällä. Miniload varastoissa on erilliset keräily- ja hyllytys asemat, joista tavaraa noudetaan tai tuodaan. Tämän avulla tavaraa on mahdollista kerätä ja varastoida samaan aikaan. Varastoon voidaan kohtuullisen pienellä vaivalla yhdistää kuljetinjärjestelmä, joka tuo kappaletavaraa varastoivaksi ja niin ikään vie tavarat eteenpäin keräilystä. (The Warehouse Manager's Guide to Automated Storage and Retrieval Systems (AS/RS) 2019.)

Miniload automaattivaraston suurimpana etuna on sen suuri kapasiteetti mahdollisuus ja korkeus. Mallin maksimikorkeus voi nousta jopa yli 25 metrin ja varastointikapasiteetti on kymmeniä tuhansia laatikoita. Kapasiteetti koostuu käytävien ja hissien lukumääristä sekä käytävien pituudesta ja korkeudesta. Varastotilaa lisättäessä vaihtoehdot ovat yleensä käytävien pidentäminen tai lisääminen. Pidemmät käytävät tarkoittavat, että käsittely-yksiköiden varastointi tai nouto kestää pidempään ja uuden käytävän lisääminen tarkoittaa lisäinvestointia uuteen hissiin. Yrityksen tuleekin laskea ja pohtia kumpi on järkevämpi ratkaisu. Miniloadin etu voikin olla myös sen heikkous, koska mallin kapasiteetti ei ole kovin joustava. Lisäksi ratkaisumallin hankintahinta on korkea. Miniloadin valmius automatisoida myös kuljetinjärjestelyt osaksi automaattivaraston kokonaisuutta voivat kuitenkin nopeuttaa investoinnin takaisinmaksuaikaa huomattavasti, koska varaston toimintaa on mahdollista pyörittää kellon ympäri. Miniloadin avulla varastonkiertonopeus pysyy myös hyvällä tasolla, koska järjestelmällä on mahdollista käyttää FiFo periaatetta, eli ensimmäisenä varastoitu tuote myös lähtee ensimmäisenä. Alla esitetyssä kuviossa 4 on havainnollistettu miniload automaattivaraston hissi sekä lattiassa oleva kisko, jonka avulla laite liikkuu vaakasuunnassa hyllyjen välissä. (The Warehouse Manager's Guide to Automated Storage and Retrieval Systems (AS/RS) 2019.)



Kuvio 4. Miniload automaattivarasto käytävän sisältä (Dematic RapidStore ASRS n.d, 31.)

3.2.3 Shuttle-varastoautomaatti

Shuttle varastoautomaatit on tarkoitettu kappaletavaran varastointiin, ja ne ovat hyvin samantapaisia kuin aiemmassa kappaleessa esitellyt miniload automaattivarastot. Merkittävin ero näiden kahden välillä on tapa, jolla varastoivia tavaroita liikutellaan varastossa. Shuttle tyyppisissä ratkaisuissa tavaroita liikutetaan vaunujen avulla. Hyllyköiden välissä jokaisella varastotasolla on kiskot, joita pitkin vaunut liikkuvat. Vain yhden vaunun on mahdollista liikkua varastotasolla, mutta käytävällä voi liikkua useampia vaunuja eri tasoilla. Käytännössä jokaisella käytävällä voi liikkua niin monta vaunua kuin varastotasoja on. Tämä ei ole kuitenkaan yleensä tarpeen, koska vaunut voivat liikkua vertikaalisessa suunnassa hyllyjen päädyissä olevien hissien avulla. Vaunut tuovat tavarat keräilytasolle samojen hissien avulla. Hissit voivat kuitenkin muodostaa järjestelmän suurimman pullonkaulan, joten on tärkeää laskea hissien tarve oikein, jotta ratkaisumallista saadaan kaikki teho irti. Kyseinen automaattivarastoratkaisu on myös mahdollista automatisoida täysin. Tämä tarkoittaa, että automaattivaraston yhteyteen voidaan liittää kuljetinjärjestelmä, joka hoitaa tuotteiden tuonnin ja viennin. Kun järjestelmät kommunikoivat keskenään saadaan tehokasta ja jatkuvaa toimintaa. (The Warehouse Manager's Guide To Automated Storage and Retrieval Systems (AS/RS) 2019.)

Shuttle tyyppisten automaattivarastojen etuna on niiden maksimikorkeus, kapasiteetin joustavuus ja energiatehokkuus. Korkeutta automaattivarastolla voi olla yli 25 metriä. Kapasiteettia voidaan lisätä aiemmin mainitulla tavalla eli lisätään vaunuja järjestelmään. Eri korkuisten varastotilojen käyttäminen on myös mahdollista shuttle järjestelmälle, toisin kuin esimerkiksi miniload automaattivarastolle, jonka mukauttaminen eri korkuisiin tiloihin haastavampaa. Shuttle varastointijärjestelmä on myös energiatehokas, koska käytetyt vaunut ovat kevyitä. Yksikään automatisoitu varastointijärjestelmä ei ole täydellinen, joten myös shuttle järjestelmästä löytyy haasteita ja huonoja puolia. Järjestelmän hankintahinta on korkea, hyvin todennäköisesti korkeampi kuin miniload vaihtoehdolla. Aivan kuin miniload varastolla, myös shuttle varaston korkeus ja pituus tulee optimoida hyvin tarkkaan, jotta käsittely-yksiköiden noudot ja viennit eivät nouse liian korkeiksi. Lisäksi tavarankuormitus pitää optimoida sopivaksi eri käytäville ja varastointitasoilla toimiville vaunuille. Paras tapa saada selville ihanteellinen shuttle-automatavaraston optimointi on rakentaa simulointimalli. (Hujala 2023.) Alla esitetyssä kuviossa 5 on havainnollistettu millaiselta shuttle-automatavaraston käytävät näyttävät. Kuviossa on esitetty tavaroita liikuttelevat vaunut, varastointilaatikat sekä kiskot, joilla vaunut liikkuvat.



Kuvio 5. Mecalux yrityksen shuttle-automatavarasto käytävän sisältä (Shuttle system n.d.)

3.2.4 Läpivirtaushyllyt

Läpivirtaushyllyköt ovat erinomainen tapa varastoida täysiä kuormalavoja. Läpivirtaushyllyt eivät varsinaisesti ole automaattivarastoja, koska niissä ei ole robotiikkaa tai muuta automaatio teknologiaa, mutta ne vaativat silti vähemmän aikaa ja tilaa kuin syväkuormaushyllyköt. Läpivirtaushyllyjen ideana on, että varastointihyllyt ovat hieman kaltevia, jolloin varastoitu kuormalava liikkuu omalla painollaan vastakkaiselle puolelle. Hyllyt ovat siis pitkiä ja kuormalavat on tarkoitettu hyllyttää peräkkäin. Normaalisti kallistuskulma on noin 4 astetta. Läpivirtaushyllyjen täyttö ja poiminta ovat vastakkaisilla puolilla, mikä mahdollistaa molempien osastojen toimintarauhan ja parantaa turvallisuutta. Poimintapuoliskolla jokaisessa hyllyssä on painerajoin, joka mahdollistaa lavojen keräilyn ilman takana olevien lavojen painetta. Läpivirtaushyllyköt ovat kapasiteetiltaan hyvin joustavia, uusia hyllyjä on mahdollista lisätä pienellä vaivalla. Laajentaminen on myös mahdollista vertikaalisesti, mutta tässä täytyy muistaa nostolaitteiden rajoitteet. Hyvän varastonkiertonopeuden takaaminen on monen yrityksen mielessä varastointijärjestelmää hankittaessa. Läpivirtaushyllyt sopivat juuri tähän ajatusmalliin sillä varastointitapa tukee FIFO- periaatetta, eli ensimmäisenä varastoitavat lavat myös lähtevät ensimmäisenä. Läpivirtaushyllyköt ovat kustannustehokas varastointivaihtoehto, johon voidaan soveltaa automaattioratkaisuja kohtuullisen pienellä vaivalla. (Kuormalavan läpivirtausjärjestelmä PDS n.d.) Alla havainnollistava kuva läpivirtaushyllyjen toiminta periaatteesta.



Kuvio 6. Läpivirtaushyllykön toimintaperiaate (Kuormalavan läpivirtausjärjestelmä PDS n.d.)

3.2.5 Unitload-automaattivarasto

Unitload on kuormalavoille suunnattu hyllystöhissi. Periaatteeltaan unitload-varastot ovat hyvin samankaltaisia kuin aiemmin esitellyt kappaletavaralle tarkoitetut mallit. Suurimpana erona on luonnollisesti varastoivan tavarankoko. Lavojen liikuttelu varastoon ja sieltä pois voidaan toteuttaa kiinteällä automatisoidulla mastonosturilla, joita on yksi käytävää kohden tai vaunujen avulla, joita voi olla useampi käytävällä. Useissa malleissa on myös mahdollista käyttää automatisoituja kapeakäytävätrukkeja, joiden maksimi nostokorkeus on noin 13 metriä. Varsinkin vakio korkuisten kuormalavojen kanssa toimittaessa vaunu- ja mastotyyppiset hyllytystavat on tehokas vaihtoehto. Kuormalavojen kanssa tulee kiinnittää erityisesti huomiota tuotteiden sijoitteluun lavoilla, kestävyteen sekä vakauteen sillä lavan tai tuotteiden hajoaminen kesken varastoinnin voi aiheuttaa pitkänkin tauon käytävän käyttöön. Automatisoiduilla kuormalava varastostoilla pääset suurimpaan tehokkuusasteeseen, kun tavarankuljetukset automaatin äärelle ja tältä pois automatisoidaan esimerkiksi hihnakuljettimilla. Ympäri vuorokautista käyttöä varten useihin unitload-malleihin voidaan toteuttaa energiahuolto hyllyn virtakiskojen kautta. Kehittyneimmissä malleissa on myös kääntymiskykyiset hissit, jotka voivat toimia useilla käytävillä. Korkeimmillaan automaattiset kuormalavahyllyköt voivat olla jopa 40 metriä korkeita. Hissien, vaunujen ja hyllyjen kantavuudet ovat yleensä useita tonneja. (Lavojen hyllystöhissi n.d.)

4 Sisälogistiikan kuljetukset ja merkinnät

4.1 Sisäiset siirrot

Varastoinnin ohella sisälogistiikan tärkeimpiä toimintoja on raaka-aineiden ja tuotteiden sisäiset siirrot. Jokainen tapahtuma, jossa työntekijä siirtää käsin, trukilla tai lavansiirtovaunulla tavaroita paikasta toiseen on sisälogistiikan kuljetus. Sisäiset siirrot voidaan toteuttaa manuaalisesti tai avuksi voidaan valjastaa automaation tuomat hyödyt. Sisälogistiikan siirtotapahtumat ovat usein yksinkertaisia ja itseään toistavia, mikä tarkoittaa, että siirtojen automatisointi erilaisten laitteiden avulla on suurimmassa osassa tapauksista mahdollista ja kannattavaa. Sisälogistiikan sisäisiä siirtoja ovat yleensä raaka-aineiden siirrot tuotantoon, valmiiden tuotteiden siirtäminen varastoon ja tuotteiden siirto varastosta lähtevän tavarankäytävien oville. Myös muita toimintoja voidaan lisätä siirtojen aikana suoritettavaksi, kuten kuormalavojen käärintä ja merkitseminen. Automaation tuomia vaihtoehtoisia ratkaisuja sisäisille kuljetuksille ovat erilaiset automaatiotrukit, mobiilirobotit ja liukuhihnat. Nämä ratkaisumallit sisäisille siirroille ovat yleisesti ottaen melko kalliita, joten hankintaa

pohtivan yrityksen tulee laskea ja optimoida yrityksen tarpeet tarkasti. Automaattisia kuljetinratkaisuja ei ole kustannustehokasta hankkia, jos ne eivät ole tarpeeksi usein käytössä. Tavallisesti laitteita tulisi pystyä käyttämään kahdessa tai kolmessa vuorossa, jotta niiden hankkiminen olisi kannattavaa. (Ahlqvist ym. 2020, 16.)

4.2 Kuljetintyytit

4.2.1 Automaattitrukit

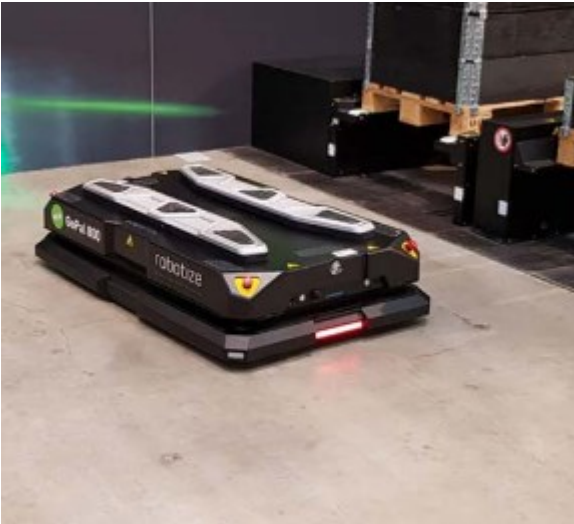
Kuormalavojen siirrot sekä hyllyttäminen voidaan suorittaa manuaalisesti tai avuksi voidaan ottaa automaattitrukit eli vihivaunut (AGV). AGV lyhenne tulee sanoista, automated guided vehicle. Periaatteena on, että trukki työskentelee itsenäisesti ilman kuljettajaa. Automaattitrukin toiminta ja tuotenoudot perustuvat varastohallintajärjestelmän tuottamaan ja välittämään informaatioon. Automaattisten trukkien avulla voidaan tehostaa sekä optimoida sisälogistiikan materiaalivirtoja. Automaattisten trukkien etuna on, että niiden avulla voidaan siirtää kuormalavoja, mutta myös varastoida tuotteet hyllyihin ilman erillistä varastointiautomaattia. Tämän lisäksi trukit pystyvät toimimaan hyvin ahtaissa hyllyväleissä, jonka saadaan tilasäästöjä. AGV navigoi heijastimiin perustuvalla lasermittauksella sekä lattiaan asennettavilla induktiokaapeleilla. Laitteissa on myös turvasensoreita, jotka havaitsevat esteitä ja ihmisiä ja pysäyttävät laitteen. Automaattitrukit voivat siis toimia ihmisten seassa, mutta paras hyöty niistä saadaan irti omalla eristetyllä alueellaan. Useiden mallien maksiminostokorkeus on noin 13 metriä, mutta lisäkorkeudelle on potentiaalia. Hankintahinnat automaattitrukeille ovat kohtuullisen suuret, joten niitä tulisi käyttää ainakin kahdessa vuorossa, mielellään kellon ympäri. Yhdistämällä trukit halvempaan varastointiratkaisuun, kuten läpivirtaushyllyyn, voidaan puhua jo kohtuullisesta investoinnista. (Ahlqvist ym. 2020, 16–17.)



Kuvio 7. Automaattitrukki eli vihivaunu (The VNP15 Automated Forklift n.d.)

4.2.2 Mobiilirobotit

Kokonaisvaltainen määritelmä mobiilirobotille on mikä tahansa robotti, joka liikkuu ympäristösään ilman ohjausta tai valvontaa. Yleisimmin mobiiliroboteista käytetään lyhennettä AMR, joka tulee sanoista automated mobile robot. Mobiilirobotit ovat toiminnaltaan hyvin samankaltaisia kuin aiemmin esitellyt AGV robotit, mutta suurin ero ratkaisujen välillä on niiden joustavuus. Automaattitrukkien on noudatettava esiasetettuja reittejä paljon tarkemmin kuin mobiilirobottien, jotka voivat etsiä sopivan reitin itsenäisesti välttämällä esteitä. Jotta tämä on mahdollista, tulee AMR-laitteiden järjestelmässä olla kartta toimintaympäristöstä tai robotti osaa itse luoda kartan toiminnan aikana. AMR-ratkaisut voivat myös liikkua muun toiminnan ympärillä ilman, että se vaikuttaa nopeuteen. Lisäksi mobiilirobotit ovat edullisempia kuin AGV-robotit. (Autonomous mobile robots n.d, 2–3.) AMR-mallit voidaan jakaa kolmeen luokkaan niiden suunnitellun lastin perusteella. Ensimmäinen ja ehkä yleisin käytetty malli on tarkoitettu laatikoille ja pientavaralle. Toinen yleinen mobiilirobotti-malli kuljettaa kuormalavoja. Kolmas malli on eräänlainen mobiilirobotin ja automaattitrukin risteytys eli älytrukki, joka navigoi mobiilirobotin tavoin. Älytrukissa on myös haarukat, joilla se voi itse noukkia kuormalavat kyytiin. (Ahlqvist ym. 2020, 17–18.)



Kuvio 8. Robotize GoPal 800 mobiilirobotti kuormalavojen kuljetukseen (Ahlqvist ym 2020, 17.)

Jokainen ratkaisumalli sisälogistiikan kuljetuksille sisältää hyviä sekä huonoja puolia. Tärkeintä onkin, että yritykset pohtivat omaa tilannettaan, tarpeitaan sekä budjettia ennen hankintapäätöstä. Hyötyjen ja haittojen välistä on löydettävä kultainen keskitie, koska yksikään ratkaisumalli ei ole täydellinen. Mobiilirobottien hyötyjä ovat muun muassa joustavuus, itsenäinen työskentely ja nopea käyttöönotto tahti. Huonoiksi puoliksi voidaan sanoa pieni siirtokapasiteetti ja telakoituminen kuljettimiin vie ylimääräistä aikaa. Mobiilirobotit ovat akkukäyttöisiä, joten akkujen lataaminen voidaan nähdä myös haitaksi, koska latauksen ajaksi tarvitaan toinen laite paikkaamaan. Huono puoli on myös, että puolet mobiilirobottien matkoista robotti ajaa tyhjänä. Sisäisten siirtojen määrien kasvaessa mobiilirobotteja on nopea ja helppo lisätä, mutta määrien kasvaessa huomattavasti, eivät mobiilirobotit ole enää kustannustehokas ratkaisu. Mobiilirobottien hankintahintaa ei voida laittaa hyväksi tai huonoksi puoleksi, ellei tiedetä siirtomääriä ja vertailukohdetta siirtotavalle. (Luotonen 2021, 51–52.)



Kuvio 9. Pientavaran kuljetuksiin tarkoitettu mobiilirobotti (5G and Mobile Robotics 2019, 8.)

4.2.3 Hihna-, rulla- ja ketjukuljettimet

Automatisoiduista sisälogistiikan sisäisistä siirroista puhuttaessa ei voida jättää huomioimatta erilaisia kuljettimia. Kuljettimia voidaan operoida manuaalisesti eli kuljettimet toimivat painovoiman avulla. Tämä tietenkin tarkoittaa, että manuaalisesti toiminnalliset mallit voivat kuljettaa tavaraa ainoastaan alaspäin. Yleisimmin kuljettimet ovat motorisoituja, jolloin käsittely-yksikköjä voidaan kuljettaa käytännössä missä suunnassa vain. Erityyppisten kuljettimien käyttö sisälogistiikassa on yleistä hyvästä syystä, sillä ne voidaan kohtuullisen helposti liittää automaattisiin varastoihin, kuten miniload ja shuttle tyyppisiin ratkaisuihin. Useissa tapauksissa automaattivarastoihin liitetyt kuljettimet myös tehostavat varastointi kokonaisuuksien toimintaa ja linjastolle on helppo lisätä viivakoodin lukijoita ja tuotteiden tarkistuspisteitä. kuljetintyyppinä on monia erilaisia, riippuen kuljetettavasta tavarasta ja toimintaympäristöstä.

Yksi yleisimmistä sisälogistiikassa käytetyistä kuljetintyypeistä on hihnakuljetin. Tässä kuljetintyyppissä on nimensä mukaisesti hihna, jonka päällä käsittely-yksiköt kulkevat. Sisälogistiikassa malli on käytännössä aina motorisoitu ja tyyppiä käytetään usein erikokoisten ja mallisten tuotteiden kuljetukseen. Toinen hyvin yleisesti sisälogistiikassa käytetty kuljetintyyppi on rullakuljetin. Tässä kuljetintyyppissä alustana toimivat pyöreät putket tai rullat, joiden päällä tuotteet liikkuvat. Tämän

järjestelmän toiminta on usein automatisoitua, mutta myös manuaalinen käyttö on mahdollista. Tällöin rullakuljetin tulee sijoittaa ylemmälle tasolle, josta painovoima vetää tuotteet alas rullia pitkin. Rullatyyppinen kuljetin sopii monenlaisille tuotteille ja muodoille, sekä kestää kohtuullisen suuria painoja. (Sunol 2021.)



Kuvio 10. Havainnollistava kuvio rullakuljettimien toiminnasta (All About Roller Conveyors n.d.)

Sisälogistiikan sisäisiä siirtoja tutkittaessa ei voida unohtaa puhua ketjukuljettimista, jotka ovat yksi yleisin kuormalavojen siirto tapa. Kuljetintyyppi soveltuu sisälogistiikan näkökulmasta yksinomaan kuormalavojen kuljettamiseen, ei niinkään yksittäisille laatikoille. Ketjukuljettimien toimintaperiaate on hyvin samankaltainen kuin aiemmin mainittujen hihna- ja rullakuljettimien. Kuormalavojen ketjukuljettimia on kahta tyyppiä, 2- ketjuinen ja 3- ketjuinen kuljetin. Kaksi ketjuinen kuljetintyyppi soveltuu kokonaisten kuormalavojen kuljettamiseen ja kolme ketjuinen malli pystyy kuljettamaan kokonaisten kuormalavojen lisäksi puolikkaita kuormalavoja. Ketjukuljettimia on mahdollista käyttää kaikkiin tarvittaviin siirtoihin, mutta yleisimmin tyyppiä käytetään esimerkiksi rullakuljettimien tukena. Rullakuljettimilla suoritetaan pitkittäissuunnassa tapahtuvat siirrot ja ketjukuljettimilla poikittaissuuntaiset siirrot esimerkiksi varastoautomaatin luo. (Pallet chain conveyors n.d.)



Kuvio 11. Ketjukuljettimia kolmella ketjulla (Chain Conveyor Systems n.d.)

Hihna-, rulla- ja ketjukuljettimien yksi suurin etu on niiden mahdollisuus käsitellä ja kuljettaa suuria määriä nopeasti. Kuljetinlinjastoa ei myöskään tarvitse erikseen ladata, toisin kuin aiemmin mainittuja mobiilirobotteja. Kuljettimet ovat myös tehokkaita, koska niiden virtaus on yksisuuntaista, eli edestakaista liikettä ja tyhjiä hihnoja ei tule. Suurien määrien kanssa toimittaessa kuljettimet ovat myös kustannustehokas ratkaisu, verrattuna muun muassa mobiilirobotteihin. Huonoiksi puoliksi ja haasteiksi voidaan nimetä kuljettimien huono joustavuus sekä kalliit muokkauskustannukset. Lisäksi linjassa ilmenevät toimintahäiriöt voivat vaikuttaa koko linjan toimintaan. (Luotonen 2021, 50–52.) Yrityksien tulee punnita tarkoin hihna-, rulla- ja ketjukuljettimien hyviä sekä huonoja puolia ennen hankintapäätöksen tekemistä. Päätöstä tehdessä tulee myös ottaa huomioon yrityksen materiaalivirran suuruus, mahdollinen kasvun ennuste ja sisälogistiikan tilojen luonne.

4.3 Merkinnät

Sisälogistiikassa on tärkeää, että materiaalivirtoja voidaan seurata ja tunnistaa. Tästä syystä materiaalien ja tuotteiden pakkausmerkintöjen suorittaminen oikea oppisesti on erittäin tärkeää. Merkinnät mahdollistavat tuotteiden tunnistamisen, käsittelyn sekä seurannan varastoinnin ja kuljetuksen aikana. Pakkausmerkinnät voidaan jakaa tuotetietomerkkintöihin ja tiedottaviin merkintöihin. Tiedottavia merkintöjä ovat esimerkiksi erilaiset ympäristömerkinnät tuotteiden

pakkauksissa ja tuotetietomerkinnot ovat informaatiota laatikon tai kuormalavan tuotteista. Sisälogistiikassa tuotteisiin lisätään merkintöjä toiminnan eri vaiheissa. Ensimmäiset merkinnät tapahtuvat luonnollisesti, kun raaka-aineet tai tuotteet saapuvat tehtaalle tai varastoon. Jokaisella uudella merkintä kerralla tuotteeseen lisätään informaatiota, jotta tuote voi jatkaa kulkuaan.

Varastoinnissa tuotteet pitää merkitä tiedoilla, jonka avulla työntekijät tai varastoautomaatit tietävät mitä tuote on ja mihin se varastoidaan. Lisäksi merkinnän avulla varastoautomaatit tietävät tuotteen sijainnin ja osaavat noutaa sen tarvittaessa. Ennen tuotteiden lähetystä tuotteisiin ja laatikoihin merkitään lisää tietoa, kuten lähetyksen vastaanottaja, päämäärä, lähtöaika ja tuotteen nimi sekä määrä. (Pakkausmerkinnät n.d.)

4.3.1 Viivakoodit

Erilaisten merkintöjen lisääminen tuotteisiin ei ainoastaan riitä, vaan merkintöjä pitää pystyä skannaamaan ja lukemaan. Yksi yleisin merkintätapa on erilaiset viivakoodit. Näiden avulla voidaan jakaa tarvittavaa tietoa tuotteista ja ne voidaan tunnistaa yksilöllisesti. Viivakoodien teknologia on globaalisti standardisoitu, mikä helpottaa toimimista ympäri maailman. Tärkeimmät edut, jotka viivakoodeilla saadaan ovat helppo luenta, tietojen syötön nopeus sekä kustannustehokkuus. Viivakoodeja on yleisesti kahta tyyppiä, perinteinen 1D malli ja uudempi, mutta kovaa vauhtia yleistyvä 2D malli. Jälkimmäisenä mainittu malli tunnetaan myös paremmin nimellä QR-koodi. Molemmat viivakoodityypit ovat esitetty alla, kuviossa 12. Jotta viivakoodien sisältämät tiedot saadaan syötettyä varastohallintajärjestelmään, tarvitaan avuksi viivakoodinlukija. Lukijoita voidaan käyttää manuaalisesti tai automaattisesti, mikä vain soveltuu toimintaympäristöön parhaiten. Skannauksen jälkeen laite siirtää tiedot välittömästi toiminnanohjausjärjestelmään. Virheiden mahdollisuus on äärimmäisen pieni, koska skannaus ei vaadi manuaalista tietojen kirjausta. Viivakoodin lukijat ovat helposti integroitavissa osaksi automaattista hihna- tai rullakuljetin linjastoa. (Viivakooditekniikka n.d.)



Kuvio 12. Vasemmalla QR-koodi ja oikealla viivakoodi (Key Differences Between Barcode & QR code n.d.)

5 Tutkimus

Salassapitosopimuksen alainen kappale. Salassapidon perusteena JulKL 24§, 17 ja 20: Yksityisen, valtion, kunnan tai muun julkisyhteisön, yhteisön, laitoksen tai säätion liike- tai ammattisalaisuudet.

6 Ratkaisumalli ehdotukset

Salassapitosopimuksen alainen kappale. Salassapidon perusteena JulKL 24§, 17 ja 20: Yksityisen, valtion, kunnan tai muun julkisyhteisön, yhteisön, laitoksen tai säätion liike- tai ammattisalaisuudet.

7 Päätelmät

Salassapitosopimuksen alainen kappale. Salassapidon perusteena JulKL 24§, 17 ja 20: Yksityisen, valtion, kunnan tai muun julkisyhteisön, yhteisön, laitoksen tai säätion liike- tai ammattisalaisuudet.

8 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Metsä Spring Oy:lle 3D-kuitutuotetehtaan sisälogistiikan ratkaisumalli, joka hyödyntää automaatiota toteutuksessa. Sisälogistiikan toteutusta tutkittiin toimeksiantajan nykytilan ja tekijän omien mallien kautta. Tutkimuksen tuloksina saatiin nykytilan analyysi ja kaksi tekijän omaa ratkaisumallia sisälogistiikan toteutuksesta. Ratkaisumallien tarkoituksena oli havainnollistaa erilaisia tapoja toteuttaa tehtaan sisälogistiikkaa ja herättää keskustelua. Työn laajuus rajattiin sisälogistiikan toimintojen tutkintaan ja pohdintaan, sillä tuotannollisten tekijöiden muuttaminen kuuluu enemmän tuotantologistiikan rajapiiriin, mikä olisi laajentanut tutkimusta liikaa. Ratkaisumallien valinta tai muu hyödyntäminen määräytyy toimeksiantajan päätöksen mukaan.

Työn tuloksia voidaan hyödyntää kuitutuotetehtaan sisälogistiikan lopullisen toteutuksen pohdinnassa ja karkeiden kustannusten laskennassa. Toimeksiantajan projektin tilanne saattaa hyvin olla erilainen projektin myöhemmässä kehitysvaiheessa, mikä tarkoittaa, että työn ratkaisumallit eivät silloin sovi suoraan kyseiseen tilanteeseen. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, etteikö opinnäytetyön tutkimusta voitaisi käyttää pohjana uuden tilanteen ratkaisujen pohdintaan.

Opinnäytetyön tekeminen osoittautui aika ajoin haasteelliseksi projektin mallinnuksen osalta, sillä kehitystyön tilanne eli ja muuttui jatkuvasti. Tämä on tietenkin ymmärrettävää, kun toimitaan projektissa, jonka kehitystyö on vielä melko varhaisessa vaiheessa ja varsinaisia päätöksiä osa-alueista ei ole vielä tehty. Työn tutkimusosa perustui tulevaisuuden ennusteisiin, ei faktoihin, mikä rajoitti tutkimuksen tekemistä eniten. Tämä tarkoittaa, että työssä esitettyihin lukuihin tulee suhtautua kriittisesti. Projektin alati muuttuvan luonteen vuoksi työssä esitellyt ratkaisumallit eivät välttämättä vastaa toimeksiantajan tilannetta esimerkiksi puolen vuoden päästä. Haasteista huolimatta työn tutkimusosa onnistui hyvin, kiitos ohjaustyöryhmän ja kattavan teoriapohjan.

Tämän opinnäytetyön jatkoksi on mahdollista teettää useita erilaisia jatkotutkimuksia. Sisälogistiikan informaatiovirtojen analysointi ja hallitseminen voisi olla yksi tuleva opinnäytetyön aihe. Tässä opinnäytetyössä uppouduttaisiin varastohallintajärjestelmän ja prosessien väliseen informaatiovirtaan ja tutkittaisiin miten tietoa pitäisi käsitellä sekä millaista tietoa eri prosessit tarvitsevat. Opinnäytetyön teettäminen ennen tehtaan kolmannen kehitysvaiheen toimeenpanoa voisi olla myös aiheellista. Tässä työssä tutkimus on mahdollista perustaa aitoon myynti- ja tuotantodataan

mikä helpottaa tutkimuksen tekoa ja tarkentaa tuloksia huomattavasti. Toimeksiantaja harkitsee jakelukeskuksen perustamista Keski-Eurooppaan, mikä mahdollistaisi mielenkiintoisen opinnäytetyön aiheen. Työssä voitaisiin vertailla, onko jakelukeskus järkevämpi sijoittaa Keski-Eurooppaan vai tehtaan yhteyteen, Suomeen.

Lähteet

5G and Mobile Robotics. 2019. Yrityksen tuote-esittely. HMS Industrial Networks Inc. Viitattu 26.02.2023. https://www.hms-networks.com/docs/librariesprovider7/default-document-library/whitepapers/5g-and-mobile-robotics-hms-networks.pdf?sfvrsn=a8ea56d7_2

Ahqvist, H., Koskela, M., Leinonen, J. & Popovic, T. 2020. Tuotannollisen yrityksen materiaalitoimintojen kehittäjän opas. Teknologiakeskus TechVilla Oy. Viitattu 30.01.2023. https://www.logistiikanmaailma.fi/wp-content/uploads/2020/06/TUDI-OPAS_2-2020_Julkaisuvalmis.pdf

All About Roller Conveyors. N.d. Internet artikkeli. Thomasnet. Viitattu 22.02.2023. <https://www.thomasnet.com/articles/materials-handling/all-about-roller-conveyors-types-design-and-uses/>

Autonomous mobile robots. N.d. Varastopäällikön opas autonomisiin mobiilirobotteihin. Conveyco. Viitattu 21.02.2023. https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2623156/Guide%20To%20AMRs%20V4.pdf?_hstc=&_hssc=&_hsCtaTracking=206117a1-b11a-4e6f-ba9f-171411cb2815%7Cc69f793e-9179-495f-bef4-325cfe4f7c0a

Chain Conveyor Systems. N.d. Yrityksen tuoteinfo. Conveyors India. Viitattu 23.02.2023. <https://www.conveyorsindia.in/product/chain-conveyor-systems/>

Dematic RapidStore ASRS. N.d. Ladattava pdf tiedosto. Dematic GmbH. Viitattu 20.03.2023. NA_BR_1060_RapidStore_Family.pdf

Emmett, S. 2005. Excellence in warehouse management. John Wiley & Sons, Ltd. Viitattu 26.01.2023.

Heinilä, M. 2022. Sisälogistiikka vie arvovirrassa kohti tuotannon tavoitteita. Verkko artikkeli. HUB logistics. Viitattu 03.02.2023. <https://hub.fi/sisalogistiikka-vie-arvovirrassa-kohti-tuotannon-tavoitteita/>

Hujala, O. 2023. Pientavaran automaattiset korkeavarastot. EP logistics yrityksen työntekijän blogiteksti. EP logistics. Viitattu 14.02.2023. <https://ep.fi/fi/embed/>

Jenkins, A. 2020. Warehouse Automation Explained: Types, Benefits & Best Practices. Verkko artikkeli. Netsuite. Viitattu 07.02.2023. <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/inventory-management/warehouse-automation.shtml>

Key Differences Between Barcode & QR code. N.d. Internet artikkeli. Digit. Viitattu 24.02.2023. <https://www.godigit.com/finance/qr-code/difference-between-barcode-and-qr-code>

Kuormalavan läpivirtausjärjestelmä PDS. N.d. Yrityksen tuote-esittely. Bito Storage Systems Nordic. Viitattu 15.02.2023. <https://www.bito.com/fi-fi/tuotteemme/tuotteemme/kuormalavahyllyjaerjestelmaet/kuormalavojen-laepivirtaushylly/>

Krieger, W. N.d. Tuotantologistiikka. Artikkelit tuotantologistiikasta. Gabler Wirtschaftslexikon. Viitattu 01.03.2023. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/produktionslogistik-43280>

Lavojen hyllystöhissi. N.d. Yrityksen tuoteinfo. Jungheinrich. Viitattu 15.02.2023. <https://www.jungheinrich.fi/logistiikkajaerestelmaet/automaattiset-varastojaerjestelmaet/automaattivarasto/lavojen-hyllystoehissi-398888>

Layoutin suunnittelu on perusta tehokkaalle tilankäytölle. N.d. Verkkoartikkeli. EP logistisin. Viitattu 15.03.2023. <https://ep.fi/fi/layoutin-suunnittelu/>

Luotonen, J. 2021. 3D Fibre product packing line concept. Etteplan PowerPoint salattu materiaali. Viitattu 26.02.2023

Metsä Spring Oy. 2023. Opinnäytetyön tausta materiaali. Metsä Spring Oy salattu materiaali. Viitattu 20.04.2023.

MetsäSpring. N.d. Verkko julkaisu. Metsä Spring Oy. Viitattu 25.02.2023. <https://www.metsaspring.com/fi/>

Muoto[®] korvaa muovin. 2022. Yrityksen verkkosivu. Metsä Spring Oy. Viitattu 31.01.2023. <https://muoto.io/fi/>

Pakkausmerkinnät. N.d. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö ry. Viitattu 23.02.2023. <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/pakkaaminen/pakkausmerkinnat/>

Pallet chain conveyors. N.d. Yrityksen tuote-esittely. BCK Holland. Viitattu 09.03.2023. <https://www.bckholland.com/en/products/chain-conveyors/pallet-chain-conveyors>

Pientavarankeruu ja automaatio. N.d. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö ry. Viitattu 09.02.2023. <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikan-toimijat/logistiikkakeskus/pientavarakeruu-ja-automaatio/>

Ritvanen, V., Inkiläinen, A., Von Bell, A. & Santala, J. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Reijo Rautauoman säätiö ry. Suomen Huolintaliikkeiden liitto ry. Suomen Osto- ja logistiikkayhdistys LOGY ry. Viitattu 03.02.2023. https://www.logistiikanmaailma.fi/wp-content/uploads/2018/06/Logistiikan_ja_toimitusketjun_hallinnan_perusteet.pdf

Salminen, T. N.d. Varastopaikoituksen ABC-analyysi osana logistiikan kehittämistä. verkkoartikkeli. Ziiro Oy. Viitattu 01.03.2023. <https://www.ziiro.com/varastopaikoituksen-abc-analyysi/>

Shuttle system. N.d. Yrityksen tuote-esittely. Mecalux. Viitattu 19.04.2023. <https://www.mecalux.com/warehousing-solutions/automated-warehouses-for-boxes/shuttle-system>

Sisälogistiikka (INTRALOGISTICS). N.d. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö ry. Viitattu 25.01.2023. <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/logistiikka-ja-toimitusketju/sisallogistiikka/>

Sisälogistiikka. N.d. Verkkootikkeli. Suomen Osto- ja Logistiikkayhdistys LOGY ry. Viitattu 25.01.2023. <https://www.logy.fi/tietoa/urana-hankinta-ja-logistiikka/sisalogistiikka.html>

Sisälogistiikan kehittäminen tuo tehokkuutta tuotantoon. 2022. Yrityksen verkkootikkeli. HUB logistics. Viitattu 03.02.2023. <https://hub.fi/sisalogistiikan-kehittaminen-tuo-tehokkuutta-tuotantoon/>

Sunol, H. 2021. Internet artikkeli. Cyzerg warehouse technology. Viitattu 22.02.2023. <https://articles.cyzerg.com/warehouse-conveyor-systems-choosing-the-right-one-for-your-facility>

The VNP15 Automated Forklift. N.d. Yrityksen tuote-esittely. Wise Robotics. Viitattu 15.02.2023. <https://wiserobotics.com/robots/vnp15-forklift/>

The warehouse manager's guide to automated storage and retrieval systems (AS/RS). 2019. E-kirja. Conveyco. Viitattu 07.02.2023. <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2623156/The%20Warehouse%20Managers%20Guide%20to%20ASRS%20-%20Ebook.pdf?hstc=&hssc=&hsCtaTracking=9ac79487-9642-47bf-a94d-816f0ec41f12%7C9b847a7b-054c-44ca-a208-2ca87a677900>

TORNADO- hissiautomaatti. N.d. Yrityksen tuote-esittely. Kastenmachines. Viitattu 09.02.2023. <https://www.kastenmachines.fi/varastoautomaatit-ohjelmistot/tornado-hissiautomaatti/>

Varastointi. N.d. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö ry. Viitattu 26.01.2023. <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikan-toimijat/varastointi/>

Varastonohjaus. N.d. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö ry. Viitattu 23.03.2023. <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikan-toimijat/varastointi/varastonohjaus/>

Viivakooditekniikka. N.d. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö ry. Viitattu 24.02.2023. <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjarjestelmat/varastohallintajarjestelmat/viivakooditekniikka/>

Warehousing layout optimisation: 8 recommendations. N.d. Yrityksen artikkeli. Mecalux. Viitattu 15.03.2023. <https://www.mecalux.com/blog/warehouse-layout-optimisation>

Warehousing and Inventory Management. 2015. E-kirja. Shippingcollege. Viitattu 26.01.2023. <https://www.pdfdrive.com/warehousing-and-inventory-management-e38294810.html>

Liitteet

