



Märkä- ja kuivaviilujen varastoinnin kehittäminen

Artur Fedorov

Opinnäytetyö, AMK

Lokakuu 2023

Tekniikan ala

Logistiikan tutkinto-ohjelma, biotalous (AMK)

Fedorov, Artur

Märkä- ja kuivaviilujen varastoinnin kehittäminen

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Lokakuu 2023, 40 sivua

Tekniikan ala. Logistiikan tutkinto-ohjelma, biotalous. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: Kyllä

Tiivistelmä

Yhä useammat yritykset sisällyttävät kestäväen kehityksen periaatteet liiketoimintastrategioihinsa, yritykset hyödyntävät yhä enemmän uusia teknologioita parantaakseen tuotantotoiminnan tehokkuutta. Opinnäytetyön tehtävänä oli suunnitella uutta viiluvastointimallia. Logistiikkaan ja varastointiin pohjautuva aihe on valikoitu toimeksiantajan kanssa yhdessä. Uusiutuvista luonnonvaroista valmistetuille viiluille etsittiin uutta varastointimenetelmää, mikä osoittaa yrityksen tahtoa pysyä kehityksessä mukana, sekä kertoo teeman ajankohtaisuudesta.

Kehittämistehtävä lähdettiin toteuttamaan monimenetelmän tutkimuksen pohjalta. Suurin osan tiedoista on saatu nimenoman suoraan tuotannolta, erilaisten havaintojen ja haastatteluiden keräämisellä. Teoriaosuutta on tutkittu esiselvityksillä ja alaan erikoistuneella kirjallisuudella.

Tutkimustuloksista havaittiin puutteet, jotka hankaloittavat varastoinnin automatisointia. Havaintojen ja mittauksien ansiosta oli todettu mahdolliset laatu-poikkeamat viilukuormien suhteen. Esiselvityksessä oli tutkittu tekijät, jotka vaikuttavat viilukuormien kuntoon. Viilujen siirrot tapahtuvat paikoittain tuntumalla tuotannon rajoitettujen tilojen takia.

Kehittämistarveanalyysin pohjalta oli kartoitettu parannettavat toimenpiteet uutta varastointimallia varten. Varastoinnin tehostamiseksi on ehdotettu LGV automaattitrukkia, jota kilpailutettiin erilaisten yritysten välillä. Uusi varastomalli edistää biotaloutta ja kestäväen kehityksen näkökulmasta se on pitkäaikainen ja ajankohtainen ratkaisu. Uuden teknologian suunnittelussa on huomioitu erityisesti yrityksen vastuulliset arvot kuten yhteistyö ja uudistuminen.

Avainsanat (asiasanat)

Varastointi, automaattitrukki, LGV, kestävä kehitys.

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Ei ole

Fedorov, Artur

Development of wet and dry veneers storage

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, October 2023, 40 pages

School of Technology. Degree Programme in Logistics, bioeconomy. Bachelor's thesis

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

More and more companies are incorporating the principles of sustainable development into their business strategies, companies are increasingly utilizing new technologies to improve the efficiency of production operations. The task of the thesis was to design a new veneer storage model. A topic based on logistics storage selected together with the principal. A new storage solution was sought for veneers made from renewable natural resources, which shows the company's will to stay involved in development, as well as the topicality of the theme.

The development task was started on the basis of multi-method research. A huge part of the information has been obtained specifically directly from the site, a collection of various observations and interviews. The theory part has been studied with preliminary studies and literature specialized in the field.

In the research results, deficiencies were found that make it difficult to automate the storage. Thanks to the observations and measurements, possible quality deviations in veneer loads had been found. In the preliminary study, the causative factors that affect the condition of the veneer loads were investigated. The transfers of the veneers are sometimes done by feel, due to the limited spaces of the production.

Based on the development need analysis, measures to be improved for the new storage model were mapped. In order to make storage more efficient, an LGV automatic forklift has been proposed, which was contested between different companies. The new storage model promotes the bioeconomy and, from the point of view of sustainable development, is a long-term and timely solution. In the design of the new technology, the company's responsible values such as cooperation and renewal have been taken into account.

Keywords/tags (subjects)

Storage, automatic forklift, LGV, sustainable development.

Miscellaneous (Confidential information)

No

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Toimeksiantaja.....	6
1.2	Lohjan Kerto® LVL-tehdas.....	7
1.3	Työn tavoitteet ja rakenne.....	7
2	Tutkimusasetelma	8
2.1	Tutkimuskysymykset.....	8
2.2	Tutkimukset.....	8
2.3	Aineistonkeruumenetelmät.....	9
2.4	Tulosten analyysi.....	10
3	Varastointi	15
3.1	Varastoinnin merkitys	15
3.2	Manuaalinen varasto.....	16
3.3.	Automaatisoitu varasto.....	16
4	Viilutuotanto	17
4.1	Sorvaus.....	17
4.2	Märkäviilut	18
4.3	Kuivaviilut	19
5	Viilujen varastointi Lohjan Kerto® LVL tehtaalla	19
5.1	Varastointi	19
5.2	Koneet ja laitteet	20
5.3	Ajoväylät ja reitit	21
5.4	Hyllyt ja lattiapaikat	21
5.5	Lay-out.....	22
5.6	Haasteet mahdollisen automatisoinnin kannalta.....	22
6	Kehitystoimenpiteet	23
6.1	Suunnittelu	23
6.2	Varastomalli.....	24
6.3	Varmuusvarasto	26
6.4	Materiaalinohjaus	27
6.5	Automaattitrucki (LGV).....	28
6.6	Kustannusarviot.....	30
7	Tulosten luotettavuus	32
8	Johtopäätökset ja pohdinta	33
	Lähteet	38

Kuviot

Kuvio 1. Opinnäytetyön rakenne	7
Kuvio 2. Tutkimuskysymykset ja keruumenetelmät	9
Kuvio 3. Kehittämisen tarve- analyysi	11
Kuvio 4. Kehittämisen tarve- analyysin kysymykset	12
Kuvio 5. Teollisuuden palkansaajien työpaikkatapaturmien taajuus	14
Kuvio 6. Fatal accidents at works 2021	14
Kuvio 7. Varaston merkitys.	15
Kuvio 8. Automaattivarasto	17
Kuvio 9. Valmistusprosessi	18
Kuvio 10. Viilunippu	18
Kuvio 11. Kuivat viilut.....	19
Kuvio 12. Pinkkaaja	20
Kuvio 13. Kuivat viilut varastoituna	21
Kuvio 14. Laatuvirhe.....	23
Kuvio 15. Tuotannonohjaus.	25
Kuvio 16. Viiluarkin viivakoodi.	28
Kuvio 17. LGV – automaattitrucki.	29
Kuvio 18. IT verkosto.....	29
Kuvio 19. LGV - Laser Guided Navigation.....	30

Taulukot

Taulukko 1. Työpaikkatapaturmat toimialoittain 2019	13
Taulukko 2. Esimerkkejä kustannusarviosta	31

1 Johdanto

Opinnäytetyö on soveltavaan monimenetelmäiseen tutkimukseen pohjautuva kehittämistehtävä Metsä Woodin tehtaalle. Kehittämistehtävän tarkoituksena oli kehittää Lohjan Kerto® LVL tehtaan märkä- ja kuivaviilujen varastointia. Viilujen varastointi on tuotantolinjoja edeltävä prosessi, jolla on iso merkitys materiaalivirtausten ja logistiikan kannalta.

Tutkimuksessa selvitettiin nykyistä varastointimallia ja arvioitiin toiminnan kehityksen näkökulmasta potentiaalista varastoinnin automatisointia. Yrityksen pääoman tehokas käyttö antaa mahdollisuuden tuotevalikoiman laajentamiseen sekä uusien liiketoimintamahdollisuuksien investointiin. Metsä Woodin tehtailla tuotantoa kehitetään jatkuvasti uusia ja innovatiivisia menetelmiä käyttäen.

Metsä Group on sitoutunut vastuulliseen tulevaisuuteen. Konsernin strategia rakentuu kestäväälle kehitykselle, jonka perusta luodaan päivittäisessä toiminnassa. Metsä Group on sitoutunut strategiin kestävän kehityksen 2030-kestävyystavoitteisiin, ja niiden kautta rakennetaan tietä kohti ilmastoneutraalia yhteiskuntaa ja kestävämpää tulevaisuutta. (Vastuullisuus n.d).

1.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön tilaajana ollut Metsä Wood on yksi Euroopan johtavista puuviilutuotteiden valmistajista. Materiaalitehokkaat puutuotteensa varastoivat hiiltä ja niillä on merkittävä rooli ilmastonmuutoksen torjunnassa. (Metsä Wood n.d.). Opinnäytetyö tehtiin Lohjan tehtaalle, joka yrityksen julkaisemien tietojen mukaan tuottaa Kerto® LVL -tuotteita vuosittain noin 90 000 m³, ja työllistää 115 henkilöä. Vuonna 1916 perustettu yritys sai nimen Ab Venesta Oy ja sillä on pitkä historia. (Lohjan Kerto® LVL tehdas n.d.).

Myöhemmin yrityksen nimi muutettiin Ab Faner Oy:ksi. Alkuvaiheessa tehtaalla valmistettiin vaneria, myöhemmin vuonna 1969 aloitettiin lastulevyn tuotanto. Seuraava iso vaihe yritykselle oli siirto Metsäliiton omistukseen vuonna 1965. Tehtaalla aloitettiin Kertopuun tuotanto vuonna 1981. (Lohjan Kerto® LVL tehdas n.d.).

1.2 Metsä Wood Lohjan Kerto® LVL-tehdas

Metsä Woodin Lohjan tehdas valmistaa Kerto® LVL tuotteita, ne ovat havupuuviiluista liimaamalla valmistettu palkki- ja puulevytuote, jotka soveltuvat erinomaisesti erilaisiin kantaviin rakenteisiin niin uudis- kuin korjausrakentamisessa (Tuotteet n.d). Kerto® LVL -tuotteet lähetetään ympäri maailmaa asiakkaille. Tehdas-alueella sijaitsee korjaamo ja voimalaitos, joka tuottaa energiaa tehtaalle sekä Lohjan kaupungille.

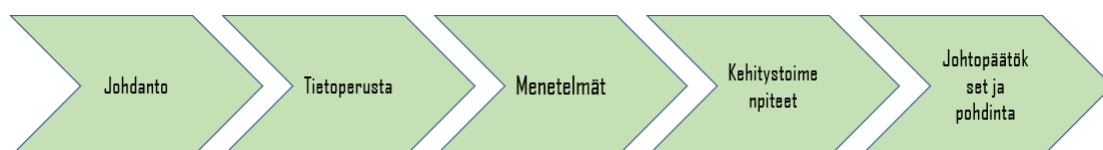
Kehityssuunnitelman kohderyhminä ovat ensisijaisesti Lohjan tehtaan tuotantotyöntekijät, esihenkilöt, suunnittelijat sekä yhteistyökumppanit. Yrityksen työntekijöitä koulutetaan ja perehdytetään uusiin tehtäviin, jotta työn laatu pysyy korkealla kaikilla osa-alueilla.

1.3 Työn tavoitteet ja rakenne

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää ratkaisu märkä- sekä kuivaviilujen siirtämiseen. Toimeksiantajan mukaan Lohjan Kerto® LVL-tehtaalle halutaan uutta teknologiaa viiluvastointiin. Tämä tutkimus toimisi myös suunnittelun lähtökohtana, jos tulevaisuudessa yritys alkaisi miettiä viiluvastointon automatisointia.

Lopputyö oli suunniteltu kaksiosaiseksi. Selvitysosuudessa tutkittiin kehittämistarpeet nykytilanteen sekä aikaisemman tiedon pohjalta. Kehittämissuunnitelmassa on ehdotettu ratkaisu viilujen varastointiin. Hankinta, kannattavuus sekä mahdollinen jalostus koko yrityksessä jouduttiin rajamaan aiheen laajuuden vuoksi pois tarkastelunäkökulmista.

Työntekijöiden perehdyttämisen tarpeita ja uusien osaamismatriisien luomista ei ole huomioitu tässä opinnäytetyössä. Kuviossa 1 esitetty lopputyön rakenne oli hyväksytty yrityksen toimihenkilöiden ja ammattikorkeakoulun ohjaajien kanssa.



Kuvio 1. Opinnäytetyön rakenne

2 Tutkimusasetelma

2.1 Tutkimuskysymykset

Toimeksiantajan toiveena oli saada konkreettisia ratkaisuja viilujen siirtämiseen, nimenomaan Lohjan tehtaan tuotantotiloihin. Pilottitoimintamallia ei ollut tarkoitus ottaa heti käyttöön. Mahdollisuutta, että kaikki varastointiprosessit jäävät ennallaan, ei voida sulkea pois, jos tulosten perusteella se on optimaalinen ratkaisu. Kerto® LVL tehdasta automatisoidaan jatkuvasti kaikilla tuotanto-alueilla, jotta konserni pysyy kehityksessä mukana. Linjoilla työprosessit on aika pitkälti automatisoitu ja niiden toiminnasta vastaavat siihen perehtyneet operaattorit.

Tutkitulla tehtaalla viilujen varastointi tapahtuu polttomoottori trukilla. Trukinkuljettajat vastaavat viilujen siirroista, kommunikaatiosta, kunnossapidosta ja turvallisuudesta. Viilut varastoidaan monesti lattialle ja kahteen kerrokseen, 5s-menetelmän mukaisesti määritettyihin paikkoihin. Oman pitkän logistiikkauran pohjalta näkemykseni on, että olisi keksittävä keino, joka sopisi samalla trukinkuljettajalle ja käsitellyille materiaaleille. Näin ollen, kehitystehtävä kiteytyi neljään kysymykseen:

- Millaista varastointimallia tulisi olla Lohjan tehtaalla?
- Miten viiluväestöä kannattaa ohjata?
- Miten materiaalien ohjausta voidaan kehittää?
- Millaisia varmuusväestöjä kannattaa pitää kullekin nimikkeelle (märkä ja kuiva)?

2.2 Tutkimukset

Tutkimuksilla haluttiin selvittää, minkälainen varastointimalli sopisi Lohjan Kerto® LVL tehtaalle. Opinnäytetyö oli soveltavaan monimenetelmäiseen tutkimukseen pohjautuva kehittämistehtävä. Tämän tyyppistä tutkimusongelmaa voidaan ratkoa käyttämällä monimenetelmäistä lähestymistapaa. Silloin tutkittavaa kohdetta lähestytään käyttämällä erilaisia menetelmiä. (Kananen 2015, 323.).

Monimenetelmätutkimus antaa enemmän luovuutta ja luotettavuutta (kuin esimerkiksi kvantitatiivinen) sekä erilaisia näkökulmia tutkijalle. Laajempaan menetelmään on käytetty kehittämistutkimusta, jota käytetään melkein suurimmassa osassa tämän tyyppisissä projekteissa.

Viiluvastoinnin kehitystarpeita on kartoitettu pääosin kalanruotokaavion avulla. Tämän tyyppinen ratkaisu on valikoitu sen käytännön perusteella ja se on varsin tehokas analyysi, kun tietoja haetaan tuntemusten ja haastatteluiden pohjalta tuotannossa olevilta henkilöiltä. Erilaiset näkökulmat antavat tutkimukselle lisää luotettavuutta (Hirsjärvi 2008).

2.3 Aineiston keruumenetelmät

Opinnäytetyöprojektin aikana materiaalia ja tietoa on kerätty eri lähteistä, ja eri materiaalikeräilymenetelmiä käyttäen on päästy rakentamaan vahva ja luotettava tietopankki lopputyölle. Jyväskylän ammattikorkeakoulun materiaalia opintovuosien ajalta on käytetty myös tässä lopputyössä erilaisissa tutkimuksissa ja tiedonhauissa.

Erinomaisena tietolähteenä on ollut toimeksiantajan tarjoamat alaan erikoistuneet kansainväliset lähteet, kuten Sellersin ”Plywood and Adhesive Technology”, jossa oli tietoja aikaisemmista varastointimenetelmistä (Sellers 1992). Jokaiselle alakysymykselle on kehitetty oma keruumenetelmä, jotta päästäisiin mahdollisimman syväälle tutkimuskysymykseen. Kuviossa 2 on esitetty alakysymykset ja siihen tarkoitettu aineiston keruumenetelmä.



Kuvio 2. Tutkimuskysymykset ja keruumenetelmät

Janetin palvelua käyttäen on saatu paljon uutta ja ajankohtaista tietoa automatisoinnista sekä varastoinnista. Kirjallisuuskatsauksesta saadut tiedot ovat olleet tieteellisesti tutkittuja. Projektin aikana käytössä on ollut myös tilaajan tarjoamat työkone ja Intran tunnukset, joiden avulla on kerätty tietoja viilujen rakenteista, ominaisuuksista ja käyttötarkoituksista.

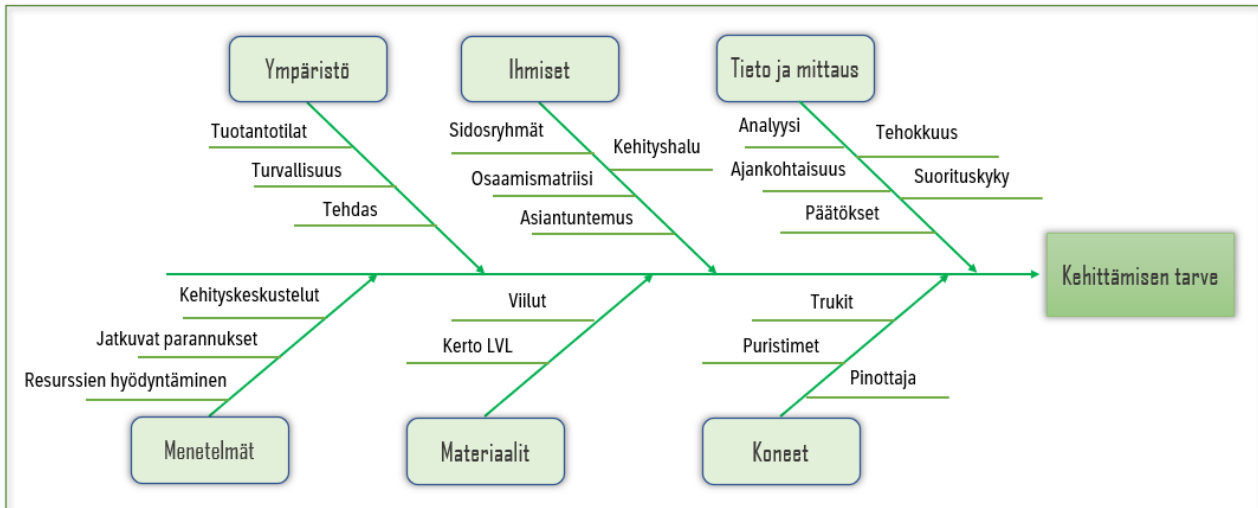
Suurin osa materiaaleista on tekstimuodossa, jolloin sitä on helppoa käsitellä ja säilyttää jatkokäyttöä varten. Työntekijöiden ja toimihenkilöiden haastattelut antoivat laajemman ja realistisemmän näkökulmaan nykytilanteeseen, niiden pohjalta on kerätty tietoja konkreettisiin kehittämistoimenpiteisiin kuten viilumerkintään (kuvio 16).

2.4 Tulosten analyysi

Oman pitkän työuran kokemusten perusteella, tavallisessa manuaalisessa varastossa tärkeimmät tekijät ovat ihmiset, jotka operoivat omien tapojen ja asiantuntemuksien mukaisesti. Pidemmän ajan tuotannossa olleet työntekijät tietävät tuotteiden sijoittelun, hyllypaikat, varastointimäärät ja jopa epäkuranttien kuormien sijainnin. Tällaisella työntekijällä on asiantuntemusta ja kokemusta, jolloin syntyy vaara suorittaa työt yhdelle työntekijälle sopivalla tavalla. Mikäli kyseinen ihminen on poissa tai lopettaa, muodostuu tuotannolle haasteita. Raaka-aineiden ja tuotteiden etsiminen tuotantotiloista hankaloituu ja siitä tulee vaikutus koko tuotannolle. Korvaavan työntekijän kouluttamiseen menee kuukausia ja siitä huolimatta ei ole varmuutta, kauanko kyseinen työntekijä on yrityksen palveluksessa.

Uuden työntekijän palkkaaminen on luonnollisesti helppo ja nopea ratkaisu Uudellamaalla, mutta viisaampi olisi automatisoida tuotantoa siten, että rekrytointi ja henkilöstön perehdytystarpeet ratkeaisivat itsestään. Lyhytkestoisella data-analyysillä ja sopivan ohjelman löytämisellä voidaan tallentaa kaikki tarvittavat tuotetiedot, sijainnit, erityiseen ohjelmaan, jonka avulla uusille operaatoreille ei tule haastetta oikeantuotteen etsimisessä, maksimissaan tarvitaan perehdytys robotin käyttöön. Tuovisen mukaan automaatio edistää datan keräämistä ja lisää tuottavuutta noin 0,8-1,4% joka vuosi tulevana vuosikymmeninä (Tuovinen 2018, 10).

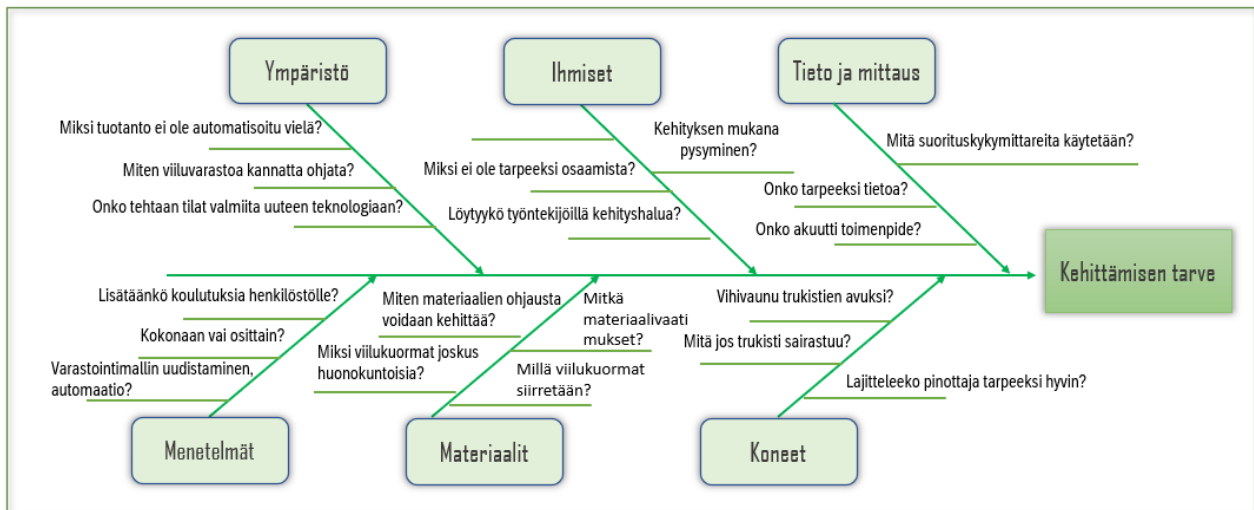
Pääkysymystä lähdettiin tutkimaan kehittämistarveanalyysiä käyttäen (kuvio 3). Käytännöllinen ja tehokas menetelmä on myös tuttu nimeltä kalanruotoanalyysi. Lecklisen ja Laineen mukaan menetelmä on aivoriihiyppisesti käytettävä ja soveltuu hyvin ryhmässä tehtävään ongelmaratkaisuun tai muuhun ideointiin (Leckelin, Laine 2009).



Kuvio 3. Kehittämisen tarve- analyysi

Kaavion piirtäminen aloitettiin määrittämällä tehtävä, tämän jälkeen piirrettiin ”selkäruoto” ja siihen poikkiruodot, joille on ryhmitelty kehityksen perussyt. Tarkasteluun valikoitui: Koneet, ihmiset, ympäristö, menetelmät, materiaalit, tieto ja mittaus.

Perussyiden määrittämisen jälkeen kirjattiin kaavioon ongelmia, jotka oli ryhmitelty perussyiden mukaan (kuvio 4). Analyysiä jatkettiin kysymällä pääkysymyksiä. Syy merkitty kaavioon ja näin syntynyt ”hiusruotoja”. Miksi - kysymyksiä on jatkettu ja syvennetty kehitysanalyysia varten useampia tasoja (Leckelin, Laine 2009).



Kuvio 4. Kehittämisen tarve- analyysin kysymykset

Kysymysketjua voidaan edelleen jatkaa ja näin saadaan asiat, joille on tehtävä jotakin tilanteen parantamiseksi. Analyysien tuloksena paikallistetaan normaalisti lisää parantamiskohteita. Kaikkea ei kuitenkaan otettu yhtä aikaa työstettäväksi. Kehitystehtävän laatu on tärkeämpi kuin määrä, joten keskityttiin viilivarastoinnin suhteen olennaisiin tekijöihin. Kehityskeskustelut ja työntekijöiden osaamismatriisit jäivät pois tarkastelusta, esimerkiksi seuraaviksi kehityskohteiksi. Seuraavassa kappaleessa on joitakin kehitykseen vaikuttavia näkökohtia.

Tuovisen ”Automaation vaikutus henkilö- ja palvelussuhdetietojen ylläpitoon” liiketalouden tutkimuksen mukaan, automaatio etenee teollisessa tuotannossa (Tuovinen 2018, 10). Samaa mieltä on varastointiratkaisuja tarjoava kansainvälinen yhtiö Bito, jonka mielestä automaatio raivaa tietään yhä enemmän sisäiseen logistiikkaan. Jälkimmäisen mukaan, tulevaisuuden tekijänä eivät ole ainoastaan Industry standardi ja tehokkuusvaatimukset tai kustannusten minimointi, vaan erityisesti pätevän henkilöstön puute. Artikkelissa korostetaan vahvasti, että ihmisresurssit vähenee ja täysin automaattinen varasto on tulevaisuuden välttämättömyys (Bito n.d). Näiden kahden erityyppisen lähteen vertailu osoittaa siihen, että automaatiossa on potentiaalia.

Gwynne Richardson on myös vahvasti sitä mieltä, että varastotoiminnan tehostamisessa yrityksen älykkäin tapa on investoida automaatioon. Vaikka automaatio on ollut olemassa vuosikymmeniä (ehkä vuosisatoja!) muodossa tai toisessa, innovatiiviset yritykset ovat keskittyneet sisällyttämään

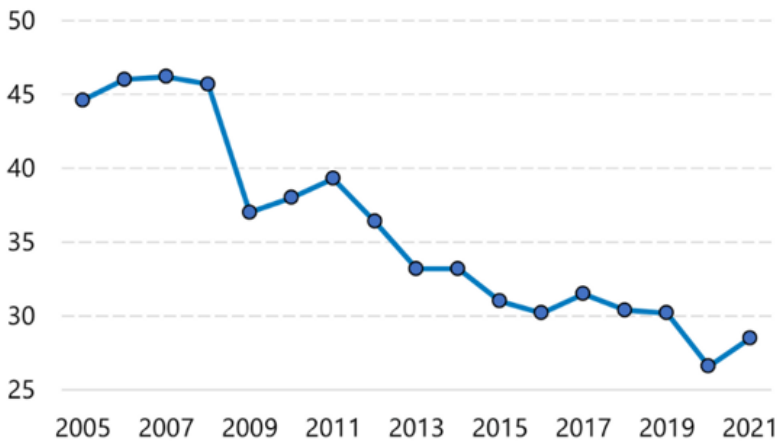
itsenäisiä elementtejä olemassa olevaan infrastruktuuriin ja järjestelmiinsä muuttaakseen toteutusprosessia ilman infrastruktuurin täydellistä muutosta (Richardson 2022).

Näin todetaan, että osittainen automaatio tai pienet joustavat ratkaisut, kuten vihivaunut (AGV), mobiilirobotit (AMR), automaattitrukit (LGV), sukkulajärjestelmät tai robotit, ovat yhä varteenotettavia ratkaisuja. Varastointitapojen yhdistäminen on hyödynnettävä ratkaisu yritysten varastoinnissa, myös turvallisuuden kannalta. Suomen virallisen tilaston mukaan, vuonna 2019 (taulukko 1) kuolemaan johtaneita työtaturmia oli 23 kaikilla aloilla, joista 5 teollisuudessa ja 3 varastointialalla.

Taulukko 1. Työpaikkataturmat toimialoittain 2019 (SVT 2021)

Toimiala (TOL-08)	Sukuoli		
	Yhteensä	Miehet	Naiset
Kaikki toimialat (TOL -08)	23	21	2
A. Maatalous, metsätalous ja kalatalous	-	-	-
01 Kasvinviljely ja kotieläintalous, riistatalous ja niihin liittyvät palvelut	-	-	-
H. Kuljetus ja varastointi	3	3	-
03 Kalastus ja vesiviljely	-	-	-
B. Kaivostoiminta ja louhinta	-	-	-
C. Teollisuus	5	5	-

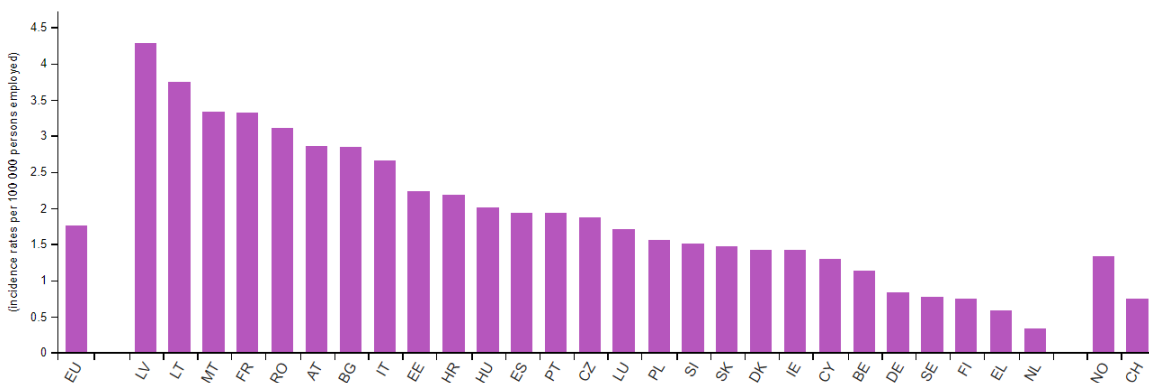
Tapaturmavakuutuskeskuksen mukaan, vuonna 2021 tapaturmien määrä ja taajuus nousivat teollisuudessa edellisvuoden alhaisista luvuista kuvion 5 mukaisesti. Samana vuonna teollisuuden palkansaajille sattui yhteensä 14 084 työpaikkataturmaa, mikä on noin 5 % enemmän kuin edellisvuonna. Pidemmän aikavälin tarkastelu paljastaa, että työtaturmien määrät ovat romahtaneet teollisuudessa. Vuonna 2021 sattui teollisuudessa peräti 54,3 % vähemmän työpaikkataturmia kuin vuonna 2006, ja lähes 32 % vähemmän kuin finanssikriisin aiheuttamaa taantumaa seuranneena vuonna 2009. (STT 2022.).



Kuvio 5. Teollisuuden palkansaajien työpaikkatapaturmien taajuus nousi vuonna 2021 (STT 2022)

Tynkkysen mukaan teollisuuden työturvallisuusloikkaan on kiinnitetty huomiota jo pidemmän aikaa. Hänen mielestä mittavan muutoksen selittäjäksi eivät riitä suhdannevaihtelut tai muutokset tuotannon volyyymeissä. Taustalla vaikuttavat merkittävästi myös sekä teollisuuden yleinen rakennemuutos, että merkittävät panostukset työturvallisuuteen, tapaturmavakuutuskeskuksen johtaja on todennut (STT 2022).

Vertailun vuoksi on katsottu EU-jäsenmaiden kuolemaan johtaneiden työtatapaturmien tilannetta. Eurostatin tietojen mukaan (kuvio 6) vuonna 2021 Suomessa oli 0,75 per 100 000 palkansaajaa, Ruotsissa 0,77 ja Norjassa 1,33. Näin ollen todetaan, kotimainen luku pohjoismaihin verrattuna on matalampi.



Kuvio 6. Fatal accidents at works 2021 (Eurostat 2021)

Työtapaturmien tilastojen yhteenvedona halutaan korostaa, että turvallisuus on olennainen osa suomalaisen yrityksen liiketoimintaa ja kulttuuria. Tehtaalla kehitetään jatkuvasti turvallista ja tapaturmatonta työympäristöä, jotta vältettäisiin vaaralliset tilanteet, tapaturmat ja onnettomuudet.

Metsä Groupin mukaan, turvallinen työympäristö on välttämätön toiminnan kestävyydelle ja tehokkuudelle. Metsä Woodin ja koko konsernin turvallisuusperiaatteet ohjaavat päivittäisiä päätöksiä ja toimintaa ja ne koskevat omaa henkilöstöä, kumppaneita sekä sidosryhmiä. Niitä noudattamalla varmistetaan, että työ tehdään turvallisesti. (Metsä Group Turvallisuusperehdytys n.d.).

3 Varastointi

3.1 Varastoinnin tarkoitus

Varastolla on tietty tarkoitus ja se on erittäin tärkeä osa valmistavan yrityksen tuotantotoimintaa. Vaikka varastot palvelevat vain yhtä toimintoa, niitä on monia eri vaihtoehtoja: manuaalinen, osittain automaattinen ja automaattinen. Tehdäkseen oikean valinnan jollekin niistä, on tutkittava tarkemmin varastotyyppit, niiden ominaisuudet, edut ja haitat. Tämä auttaa ymmärtämään, mikä tyyppi sopii yritykseen erityispiirteisiin.

Teollisuustuotannossa varastointi on lyhytaikainen, koska tuotteiden tai raaka-aineiden pitkäaikaisesta varastoinnista ei saada lisäarvoa, ellei pitempiaikainen varastointi kosketa esimerkiksi jäädytystä. (Hokkanen 2012.). Lambertin ja Stockin mukaan varastointia voidaan perustella useilla syillä, jotka on koottu kuvioon 7.



Kuvio 7. Varaston merkitys (Hokkanen, Karhunen ja Luukkainen, 125, muokattu)

Normaalisti tuotanto on varastopainotteista, varastoiduista raaka-aineista on tehty tuotteita ja tämän jälkeen huolinta on laittanut tavarat markkinoille. Tämän tyyppistä toimintatapaa katsotaan vanhanaikaiseksi, mutta toimivaksi. Ylimääräisestä varastoinnista ja tuotteiden käsittelystä kasvavat kustannukset vaikuttavat tuotteen loppuhintaan. Karhusen ja muiden mukaan nykyään etsitään kustannustehokkaampaa ratkaisua, jotta yrityksen kilpailutaso pysyy korkealla (Hokkanen, Karhunen, Luukkainen 2010).

Hokkasen mukaan varastot luokitellaan jakeluun ja valmistukseen liittyviksi. Jakelukeskukset ja varastot sijaitsevat yleensä kauempana tuotannosta, samalla kun valmistusvarastot ovat tehtaiden läheisyydessä, sillä ne tuottavat raaka-ainetta jalostukseen (Hokkanen 2012).

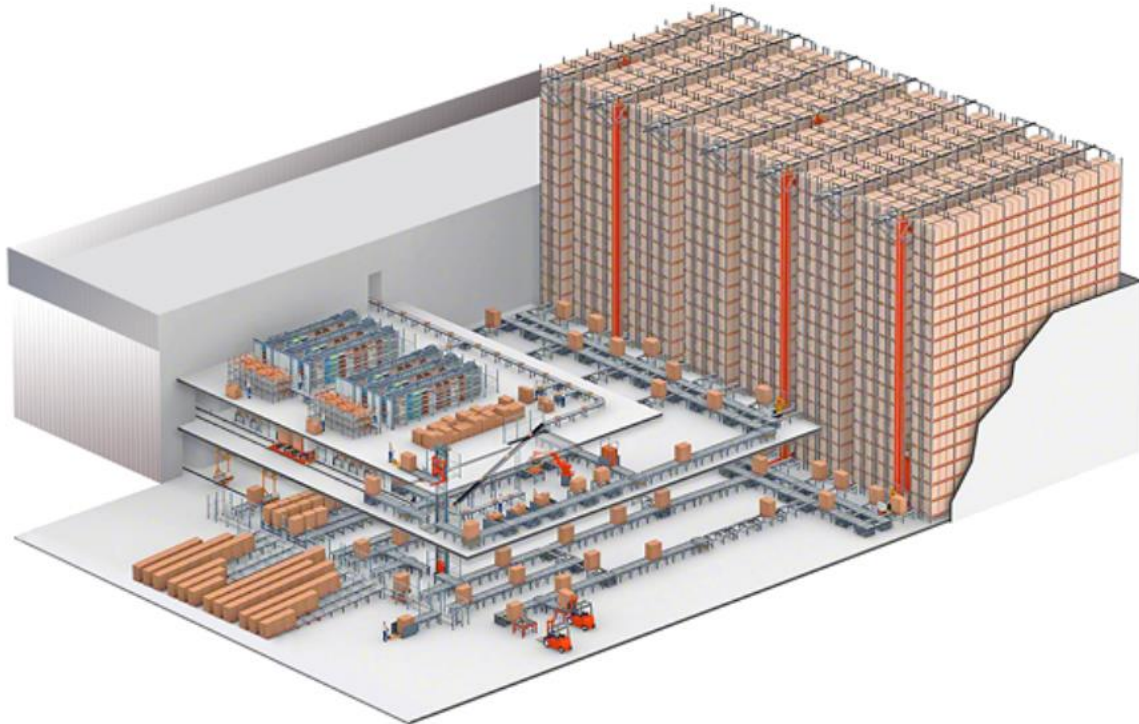
3.2 Manuaalinen varasto

Nykyaikainen varasto on monimutkainen ja monikäyttöinen tekninen tila, joka koostuu toisiinsa yhdistetyistä elementeistä ja jolla on tietty rakenne. Varasto on paikka, jossa tehdään valtava määrä erilaisia tuotanto-operaatioita. Kaikki alkaa tietyn rahtiyksikön valinnasta, johon tavarat varastoidaan: lavat, laatikko tai säiliö, tuotetyypistä riippuen. Tämän jälkeen valitaan varastointimenetelmä. Lavat ja laatikot voidaan pinota päällekkäin, laatikot sijoittaa hyllyille, samalla on tärkeää maksimoida vapaan tilan käyttö, henkilökunnan esteettömällä pääsillä (Varastotyytit ja -tekniikka n.d).

Manuaalisessa varastossa raaka-aineiden ja tavaroiden käsittelyt tapahtuvat henkilökunnan voimin erilaisen laitteiston ja kuljettimien avulla. Yleisin kuva manuaalisesta varastosta on paikka, jossa tavara seisoo milloin mistäkin syystä, lyhyemmän tai pitemmän aikaa (Hokkanen, Karhunen ja Luukkainen 2010, 125).

3.3 Automatisoitu varasto

Logistiikan maailman mukaan, varastoissa voidaan automatisoida useitakin toimintoja, mutta varsinaiset automaattivarastot ovat tietokoneohjattuja varastoja, joissa tavaran siirrot tapahtuvat automaattisesti (kuvio 8). Automaation ratkaisuun katsotaan yleensä seuraavat prosessit: tuotteen tunnistaminen, sijoittelu, siirrot, tavaran keräys sekä lähetyksen valmistelut. (Varastotyytit ja tekniikka n.d).



Kuvio 8. Automaattivarasto (Forstor n.d)

Tällaisissa automatisoidussa varastoissa tuotteiden käsittelyn tarkkuus ja nopeus nousee huomattavasti ja minimaalinen ihmisen läsnäolo voi säästää sähköä ja toimintaa. Kaikki toiminnot eivät kuitenkaan sisälly automaatioon, tietyt tuotantoprosessit kuten tavaran vastaanotto, laatutarkastus ja ruuhkien poistot hoidetaan ihmisten voimin. Moderneissa varastoissa jopa lähettämön toiminnot on automatisoitu. Tämän tyyppinen tuotanto voi investoinnista huolimatta tuoda yrityksille isoja säästöjä sekä lisäarvoa yritystoiminnalle. (Varastotyypit ja tekniikka 2023.).

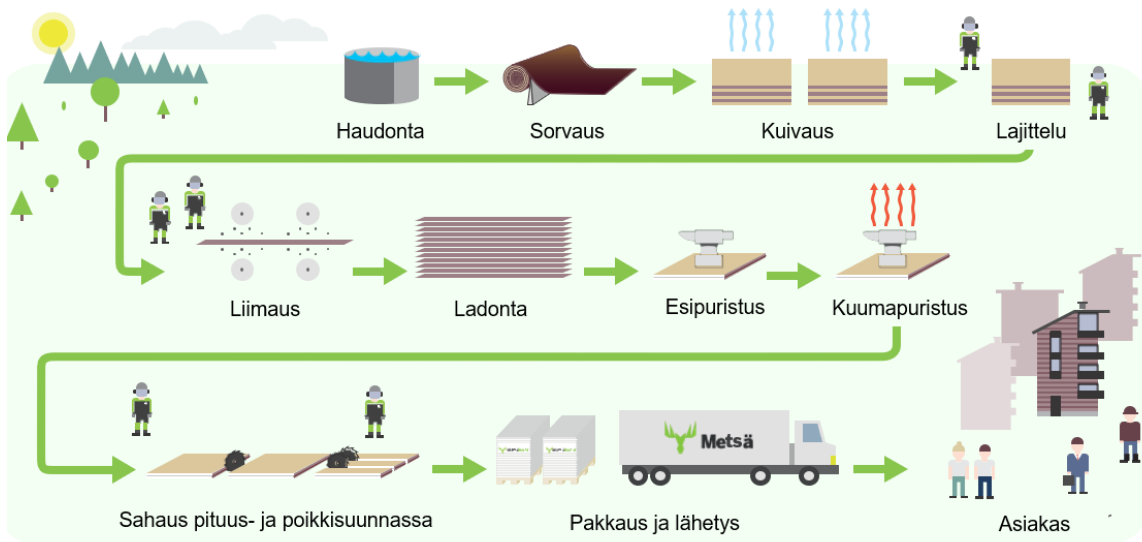
4 Viilutuotanto

4.1 Sorvaus

Sorvilta tulee sorvauksen yhteydessä yli 100 kpl viilukuormaa päivässä ja tehdas toimii seitsemänä päivänä viikossa kolmessa vuorossa, huollot ja seisokkiviikot lukuun ottamatta. Sorvaus jakaantuu kolmeen vaiheeseen: keskitys, pyöritys ja varsinainen sorvaus.

Kerto® LVL tuotteiden valmistuksen kokonaisuus esitetty kuviossa 9. Valmistuksessa käytetään joko kuusi- (Picea abies) tai mänty- (Pinus sylvestris) tukkeja. Jokaisen tukkitoimituksen tulee olla

vaatimusten mukainen. Kuorinnan jälkeen tukit katkaistaan pölleiksi, jotka haudotaan lämpimässä vedessä noin vuorokauden. Nykypäivinä Lohjan Kerto® LVL tehdas tuottaa vuosittain noin 90 000 m³ tuotteita.



Kuvio 9. Valmistusprosessi (Metsä Wood 2021)

4.2 Märkäviilujen ominaisuudet

Sorvilta tulevat viiluarkit merkitään ja lajitellaan kosteuden perustella kolmeen luokkaan: Pinta-puuviilu, keskipuuviilu ja sydänpuuviilu. Lohjan paksuusmittausohjeen mukaan viilun paksuus on n. 3 mm. Kuviossa 10 on viilunippu kuormalavalla.



Kuvio 10. Viilunippu (Punkaharjun Kerto® LVL tehdas 2023)

4.3 Kuivaviilujen ominaisuudet

Märkäviilut kuivataan kuivauskoneessa 140 – 200 °C lämpötilassa. Kuivausaika säädetään viilukosteuden mukaan. Tavallisen viilukuorman mitat ovat: n. 2 m x 2 m x 1 m. Kuvion 11 kuivaviilut on varastoitu lattialle jatkojalostusta varten.



Kuvio 11. Kuivat viilut (Metsä Wood 2023)

5 Viilujen varastointi Lohjan Kerto® LVL tehtaalla

5.1 Varastointi

Tehtaan nykypäivän varastointi tapahtuu manuaalisesti vastapainotrukilla. Tämä toimintatapa on ollut tehtaalla aina. Potentiaalisena haasteena voidaan katsoa se, että varastointi ja siirrot tapahtuvat niin sanotusti tuntumalla. Kun varastointia hoitaa tietty henkilö ohjelman tai robotin sijaan, on olemassa mahdollisuus, että tavarat sijoitetaan työntekijälle sopivalla tavalla. Hyödykealueen sääntöjä voidaan rikkoa, raaka-aineet ja tuotteet sijoitellaan joskus miten parhaimmaksi nähdään.

Selkeän tuoteasettelun puutteen vuoksi varastosta on joskus vaikea löytää oikeaa tuote. Viilut varastoidaan monesti lattialle, kahteen tai kolmeen kerrokseen, säilytykseen tarkoitettuihin paikoi-

hin. Trukinkuljettaja katsoo silmämääräisesti mihin on hyvä jättää kyydissä oleva kuorma ja suorittaa jätön, vastaavasti tekee seuraavan vuoroon saapuva trukkikuljettaja. Viilu on arka materiaali ja ylimääräisistä käsittelyistä johtuen nippujen laatu voi kärsiä esimerkiksi törmäyksistä.

5.2 Koneet ja laitteet

Viilut siirretään pääsääntöisesti vastapainotrukeilla kolmessa vuorossa. Tehtaan trukit soveltuvat isojen ja painavien viilukuormien käsittelyyn, tavallista pitemmillä sorkilla. Viilujensiirtoihin tarvitaan tehokas trukki reilulla nostokapasiteetillä.

Jokainen trukki on varustettu pienellä tietokoneella ja radioasemalla. Trukkikuljettajat saavat työmääräykset näytöllä olevien tietojen pohjalta, sekä esihenkilön tulostetuista listoista. Radioaseman kautta hoituu yhteys työyhteisöön. Sorvin jälkeinen automatisoitu pinkkaaja (kuvio 12) lajittelee arkit omiin pinoihin laadun mukaisesti. Kuivaukseen menevät viilut siirretään vastapainotrukeilla rullapöydille.



Kuvio 12. Pinkkaaja. (Lohjan Kerto® LVL tehdas 2023)

5.3 Ajoväylät ja reitit

Trukkiliikenne tapahtuu sisätiloissa sorvauksen ja tuotantolinjojen läheisyydessä. Ajoväylät ja kulureitit ovat merkattu 5s menetelmän mukaisesti. Reiteillä on minimoitu henkilöliikenne kulkuporttien ansiosta. Trukkiliikenne muodostuu pääasiassa viilukuormien siirroista työpisteestä toiselle kuormalavalla tai ilman.

Lattian tasoissa on huomattu pientä korkeuseroa (3 ja 4 linja). Samalta alueelta löytyy matalin paikka. Kapein ajoväylä löytyy vuoromestareiden kopilta. Reitit ovat muutenkin ahtaita viilukuormiin nähden, toinen trukeista joutuu aina väistämään.

5.4 Hyllyt ja lattiapaikat

Valmistuneiden viilukuormien painon ja tuotannon erityispiirteiden takia Lohjan Kerto® LVL tehtaalla ei ole perinteistä hyllyvarastoa. Märkäviilut jätetään puupalkille, koska tämän tyyppinen hyllytysmenetelmä helpottaa kyseisen kuorman keruuta. Kuivatut viilut kuormalavoineen varastoidaan päällekkäin syöttöpisteen läheisyydessä.

Kuvion 13 viilukuormat on varastoitu päällekkäin ja ovat korkeudeltaan n. 3000 mm. Varastointipaikat on merkitty paikoittain, muutamasta puuttuu merkinnät.



Kuvio 13. Kuivat viilut varastoituna (Lohjan Kerto® LVL tehdas 2023)

5.5 Lay-out

Tehtaan tuotantotilojen järjestelyn osalta viilujen varastointi on jaettu kahteen alueeseen. Ensimmäisessä (jatkossa ”lohko 1”) lohkossa märkäviilujen varastopaikat ovat lähempänä kuivauskoineita, jotta märkämateriaalien käsittely olisi tuotannon kannalta järkevää ja tehokasta. Samalta alueelta löytyvät jäteastiat epäkuranteille arkeille ja trukkilataamo.

Toisessa lohkossa (jatkossa ”lohko 2”) varastointi on keskitetty kuivaviiluihin. Käyttötarkoituksista riippuen viilut säilytetään omissa lokeroissa, tuotantolinjojen välittömässä läheisyydessä.

5.6 Haasteet mahdollisen automatisoinnin kannalta

Tässä kappaleessa käsitellään tekijöitä, jotka vaikuttavat viiluvaramon automatisointiin. Varaston uudistaminen ei ole nopea ja yksinkertainen prosessi. Pitkään toiminutta manuaalista varastoa on vaikea alkaa muokkaamaan, jopa sen takia, että työntekijät ovat tottuneet päivittäiseen rutiiniin ja mahdolliset muutokset alkuun otetaan skeptisesti vastaan. Radikaalia vastarintaa ei kuitenkaan kyseisellä tehtaalla ole havaittu.

Uusien menetelmien käyttöönotto kestää jopa vuosia, kunnes saadaan kaikki työvaiheet toimimaan. Siihen menee oma aikansa, koska silloin testataan erilaisia toimintamalleja ja kehitetään niitä jatkuvasti, jotta saattaisiin paras mahdollinen lopputulos. Tämän lisäksi uudet teknologiat maksavat eikä yrityksellä ole välttämättä budjettia uudistukseen.

Kaikki viilukuormat eivät sovellu automaattitrukin käyttöön. Pinkoissa voi olla laatuvirheitä, kuten esimerkiksi kuviossa 14. Ylipursuavat viilut vaikeuttavat sensorien lukemista ja robotisoitu trukki ei pysty käsittelemään niitä. Kuorman kuntoon vaikuttavat: pienroska, häiriöt lajittelussa, puun laatu.



Kuvio 14. Laatuvirhe (Lohjan Kerto® LVL tehdas 2023)

Aikataulu voi kärsiä kehittämisen johdosta. Tilaukset on tehty monesti pitkälle aikavälille, joten tuotannon on pyrittävä saadakseen toimintavarmuuden pysymään korkealla. Vastaavasti jos uudistusta halutaan lyhyessä ajassa, tehdas ei ole välttämättä valmis siihen. Infrastruktuuri ei ole yksinkertaisesti valmis uuteen toimintamalliin.

6 Kehitystoimenpiteet

6.1 Suunnittelu

Suunnitteluprosessi on aloitettu aikataulutuksella, koska sekä omasta, että Aalto-yliopiston professorien mielestä se on insinööritieteellinen lähestymistapa (Arto, Martinsuo, Kujala 2021). Toimeksiantajalla ei kuitenkaan ollut tiettyä ajankohtaa kehitystoimenpiteiden käyttöönotosta. Suunnittelussa mukana olleet yrityksen edustajat ja opinnäytetyön ohjaaja osallistuivat ehdotettuihin ohjaus/suunnittelupalaverihin, joissa pohdittiin yhdessä potentiaalisia varastointiratkaisuja.

Tuotannon ja tehtaan erityispiirteitä huomioiden on mietitty innovatiivista ja samalla lähitulevaisuudessa yleistä ratkaisua. Pitkään käytössä ollut tehdas sijaitsee kompaktilla tontilla vesilinjan lähistöllä ja sen alueella on tuotantoa tukeva infrastruktuuri, jota on rakennettu erilaisiin tarpeisiin

vuosien varrella. Tästä johtuen mahdollinen erillisen täysin automatisoidun viiluvastaston rakentaminen suljettiin pois tarkastelusta.

Kuten luvussa 2.4 tehdyssä analyysissä ja Gwynne Richardsonin väitteissä on todettu – pieniä itseisiä elementtejä voi integroida olemassa olevaan infrastruktuuriin, kuten erilaisia kuljetusratkaisuja sisälogistiikkaan. Vahvoja esimerkkejä tämän tyyppisistä ratkaisuksista ovat vihivaunut (automaattitrukit), AMR (autonomiset mobiilirobotit) ja LGV kuljetusrobotit, jotka integroidaan tuotantoon.

Automatisoitu viilukuljetin toimisi alkuvaiheessa vuorossa olevien trukinkuljettajien apuna. Matalalla kynnyksellä robottia voi kuormittaa helpoilla työnmääräyksillä, käytännössä kuin ensikertalaista työntekijää. Toinen trukinkuljettaja voi perehtyä automaattirobotin käyttöön ja erikoistua robottioperaattoriksi.

Toiminta-alueeksi automaattirobotille on katsottu sorvin jälkeistä aluetta ja sieltä tulevia viilukuormia käsittelykohteeksi. Esihenkilöiden sekä trukinkuljettajien mielestä lohko 1 on optimaalinen paikka tämän tyyppiselle kehittämishankkeelle. Valitulta alueelta on järkevä aloittaa työvaiheiden ja työtahdin perusteella. Tärkeänä tekijänä oli tuotantotilojen hyötykäyttö ensimmäisessä lohkossa, enemmän työskentelytilaa ja lattiatila, joka voidaan yhdistää suoraan turvallisuuteen.

6.2 Varastointimalli

Raaka-aineet ja tuotteet varastoidaan kaikilla tehtailla riippumatta siitä, onko niissä lisäarvoa yritykselle tai ei. Koposen mukaan varastoja on erityyppisiä: manuaali, osittain automatisoitu ja kokonaan automatisoitu (Koponen 2002). Lohjan Kerto® LVL tehtaalla viilut olisi mahdollista varastoida valtaosin manuaalisesti, uutta automaattirobottia käyttäen. Tämä johtuu myös käsittelytuen kuormien painosta ja ominaisuuksista. Jos yhden määrän viilukuorman paino on:

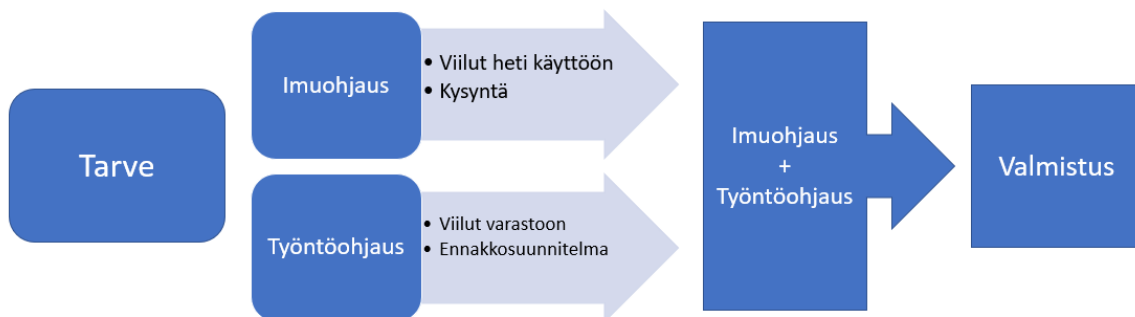
$$1kpl = 5000kg$$

Silloin yhdestä viilukuormasta kohdistuva voima on:

$$5000kg * 9.81 \frac{m}{s^2} = 49050N$$

Viilut pysyvät tukevasti kolme päällekkäin, joten ei ole katsottu järkeväksi rakentaa uusia hyllyjä noin painaville kuormille, korkeintaan voidaan rakentaa suojaverkkoja sorvin ja 3-linjan viereen. Ykköslohkon kuivauskoneen alueelle varastoidaan yksittäisiä kuormia, siihen ei suojaverkkoa tarvita.

Viiluvaramo olisi mahdollista ohjata sekä imu- että työntöohjausta yhdistelemällä. Nämä kaksi ohjaustapaa ovat harvalla yrityksellä puhtaana ohjausratkaisuna, joten näen erinomaisena vaihtoehtona niiden yhdistämisen. Viilut olisi mahdollista valmistaa suoraan tilaukseen tai varastoon jälkijalostusta varten kuvion 15 mukaan.



Kuvio 15. Tuotannonohjaus

Kun viiluja valmistetaan Just-In-Time- periaatteella reaaliaikaisen kysynnän mukaisesti, käytetään imuohjausta. Tuotteet valmistetaan siis tarpeiden mukaan, mahdolliset ylivalmistukset, siirrot ja kuljetukset minimoidaan (Lai, Cheng 2009). Näillä ratkaisuilla päästään tyydyttämään tuotantoa oikeilla raaka-aineilla oikeaan aikaan. Vaikka tällaisen ohjaustavan tarkoitus on minimoida varastoja, täytyy pitää esim. jäähditysvarastoa kuumille viiluille laadun varmistamiseksi.

Sorvilta tulevat viilukuormat varastoi trukinkuljettaja ja automaattitrukki siten, että kuljettaja tulee korjaamaan ja kuittaamaan virheitä häiriötilanteessa. Tällaisia virheitä voi olla ylimenevät arkit, joita ei sensorit pysty rekisteröimään. Korjaustoimeenpiteiden jälkeen robotti jatkaa itsenäisesti

järjestelmäohjeiden perusteella omia reittejä. Päivämestarin mukaan sorvilta tulee vuoron aikana tietty määrä viilukuormia. Samoilla luvuilla on hyvä aloittaa robotin käyttöä ilman ylimääräisiä kuormituksia tuotannolle ja hankkeelle.

Manuaalisessa toimintamallissa trukinkuljettajat varastoivat tuntumalla, kuormalavan kunnon mukaisesti. He osaavat arvioida, mistä kohdista kannattaa nostaa epätasaisesti pinottu kuorma tai jos se on vaurioitunut. Automaattirobotilla ei sellaista ”tuntumaa” ole, joten on olemassa kaatumisvaara, siksi on järkevä panostaa enemmän viilukuormien laatuun niin, että automaattirobotille olisi enemmän tehokasta ja turvallista käyttöä. Käsiteltävien kuormien ominaispiirteistä sekä nykytuotannon mahdollisuuksista päätellen täysin automatisoitu varastointi on mahdoton, mutta on mahdollinen muutamalla kehitystoimenpiteellä.

6.3 Varmuusvarasto

Tuotteen rakenteesta vähäisen tuntemuksen takia varmuusvarastoa lähdettiin suunnittelemaan haastattelun, kirjallisuuden ja viiluinventaarion tulosten pohjalta. Viilutyyppejä on monta, erityyppiset jalostetaan keskenään sekoitettuna, tuotannontarpeista riippuen oikeissa määrissä oikeaan aikaan. Varmuusvarastossa on otettu huomioon mahdollisimmat tuotantohäiriöt kuten sorvin viikaantumet.

Jos viiluja ei saada sorvilta vuorokauden aikana, on tontilla oltava tietty määrä viiluja. Teollisessa tuotannossa kustannustaso pyritään aina pitämään alhaisena. Samalla alhaisista kustannuksista huolimatta toimitusvarmuuden on oltava asiakkaiden odotusten mukainen (Hokkanen, Karhunen, Luukkainen 2010). Valmistavalla tehtaalla raaka-aineen saatavuus on oltava tuotannon odotusten mukaista.

Jokaiselle nimikkeelle määritetään varmuusvarasto sekä tilauspiste eli hälytysraja. Kun varaston saldo menee alle tilauspisteen, tilataan täydennyserä, yleensä perustuen tietojärjestelmän ehdotukseen. (Tilauispiste n.d.). Tehtailla on automatisoitu viilutilaus esimerkiksi ladontalinjoilla. Tutkimuksesta saaduilla luvuilla varmuusvarastossa riittää materiaaleja tietyksi ajaksi. Laskuissa on huomioitu muut tekijät, kuten jäähdytysvarasto, poikkeamat, vauriot sekä muut säilytystarpeet.

Uiton tutkimuksen mukaan, varaston optimointi ja sitä kautta järkevät varmuusvarastot, tilauspisteet ja tilauserät ovatkin tärkeässä roolissa yrityksen kannattavuudessa. Varaston ohjauksella voidaan aiheuttaa suuria muutoksia erityisesti käyttöpääoman tarpeeseen (Varmuusvaraston laskeminen 2016).

6.4 Materiaaliohjaus

Materiaaliohjaus tehtaalla vaikuttaa kaikkiin seuraaviin tuotantovaiheisiin ja tavaratoimituksiin. Materiaalivirtojen organisointi ja lopputulokset näkyvät suoraan yrityksen palveluasteessa. Tehokkaalla materiaaliohjauksella yrityksen toimitusvarmuus pysyy korkealla ja lisäarvo kasvaa (Lamber, Stock 1993).

Varastonohjaustoiminnalla tarkoitetaan tasapainoista mallia kustannusten, toimituskyvyn ja laadun välillä, joka antaa parhaan mahdollisen lisäarvon sekä asiakkaille ja yritykselle. (Hokkanen 2010). Viilujen varastointia tulisi ohjata Lohjan tehtaan volyymien ja tarpeiden mukaan siten, että linjoilla on käytettävissä oikeat materiaalit oikeaan aikaan. Alkuvaiheessa tähän päästään samaan tapaan trukkuljettajan ja automaattitrukin tandemilla, myöhemmässä vaiheessa robotti pyörittää siirtoja itse.

Automaattiohjaus onnistuu parhaalla mahdollisella tavalla vain, jos sorvilta tulisivat tiiliskiven muotoiset täsmälliset viilukuormat. Siihen vaikuttavat tekijät on käyty luvussa 5.6 - haasteet mahdollisen automatisoinnin kannalta. Korjaavana toimenpiteenä on kiinnitettävä huomiota viilukuormien hyvän laadun varmistamiseen.

Tehtaalla on tehty muutoksia kevään ja kesän aikana, jotka vaikuttavat tuotevalmistukseen. Näin todetaan, että isolla investoinnilla on hyötyä pitkälläkin tähtäimelläkin. Materiaalien ohjausta voidaan kehittää myös eri investoinneilla. Ideaalinen tilanne on ajaa viilut sorvilta suoraan kuivauskoneeseen tai jopa ladontaan, mutta valmistusprosessien erityispiirteistä johtuen viilukuormat on ajettava välivaraston kautta.

Tutkimustulosten perusteella havaittiin merkintöjen kehittämistarve. Sorvilta tuleva päällimmäinen viilu on merkattava lukukelpoiseksi kuvion 16 mukaisesti: viimeiseen viiluarkkiin tulisi laadusta, koostuvuudesta ja määränpäästä kertova viivakoodi, nykyisen spraypullon merkinnän sijaan.



Kuvio 16. Viiluarkin viivakoodi

Informatiiviset lattiamerkinnät auttaisivat manuaalisessa varastoinnissa kokeneita ja uusia työntekijöitä. Automaattiorobotti taas suorittaa työtehtävät omien reittien ja ohjelmien pohjalta ilman minkäänlaista ihmisfaktoria.

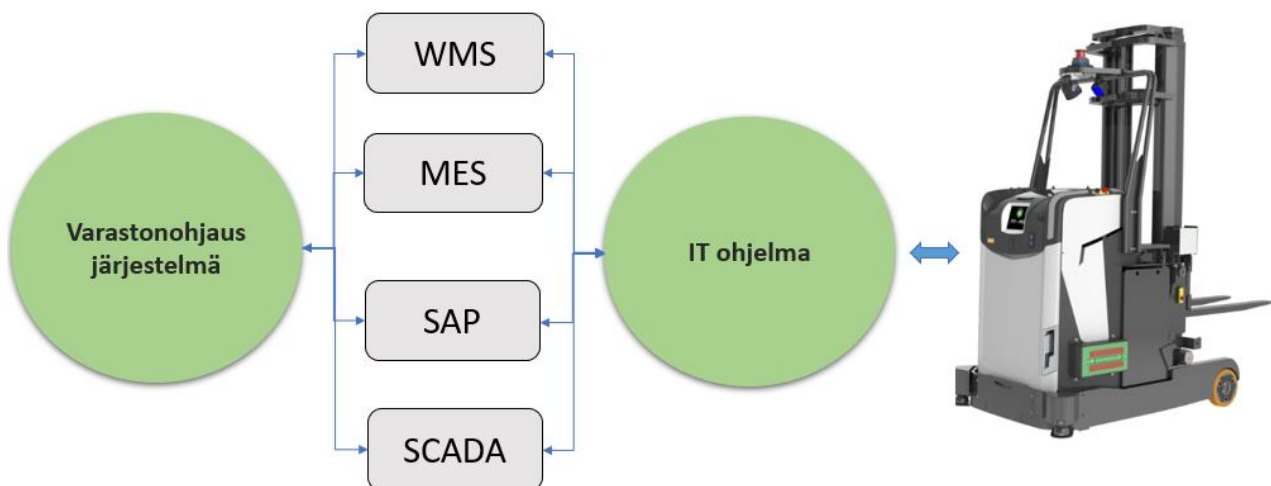
6.5 Automaattitrukki (LGV)

Nykyaikaisen kertopuun tuotantolaitoksen varastointia voidaan optimoida ottamalla käyttöön LGV-järjestelmä (laser guided loader) eli laserohjattu ajoneuvo (kuvio 17). Nämä ovat edistyksellisiä automaattitrukkeja, jotka käyttävät laserantureita ympäristöönsä sijoitettujen erityisten reitti-osoittimien havaitsemiseen ja törmäysten välttämiseen (Sciencedirect 2014). Vaikka ne vaativat edelleen ohjausta, ne ovat hieman autonomisempia kuin tavallisessa AGV-järjestelmässä käytettävät vaunut.



Kuvio 17. LGV – automaattitrucki (Iqsdirectory n.d)

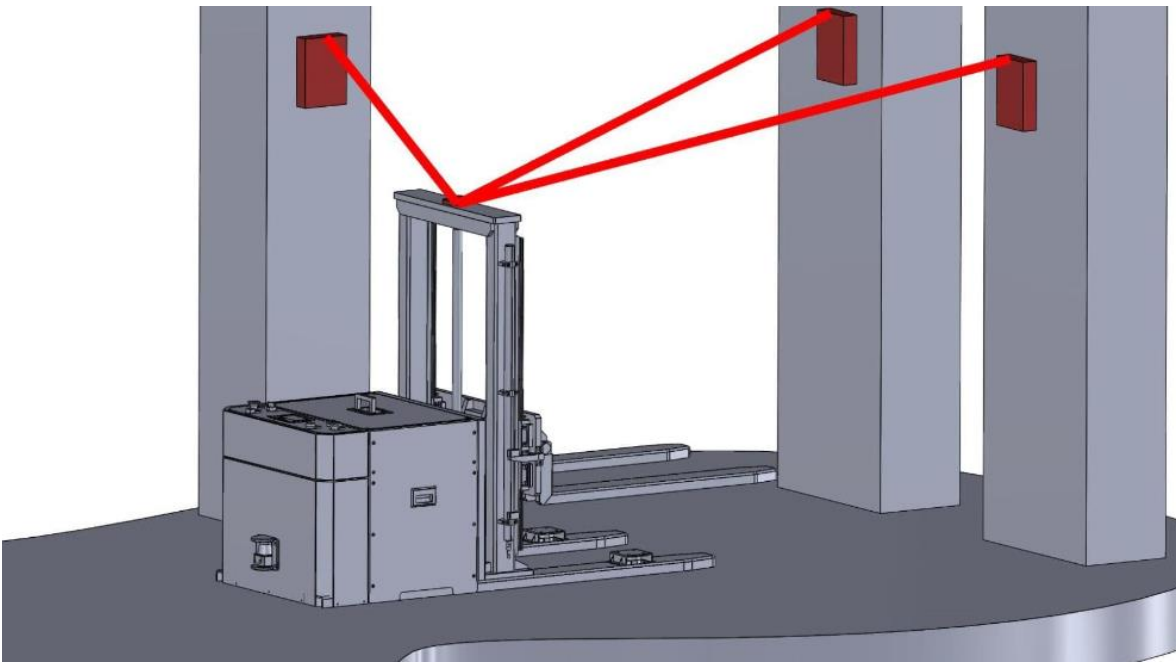
Varastohallintaohjelma, josta puhutaan tässä kappaleessa, kommunikoi tuotannonohjausjärjestelmän, valvomojärjestelmän ja toiminnanohjausjärjestelmän kanssa, jolla voidaan ohjata linjoja ja koneita. Ohjelmista tuotannolle syntyy logiikkaa. Automaattitruckia ohjaava järjestelmä saa tietoa joka paikasta ja se ohjaa truckia kuvio 18 mukaisesti (Sciencedirect 2014).



Kuvio 18. IT verkosto (LGV truckikuva: Iqsdirectory 2022)

6.6 Kustannusarviot

Robotin ohjaukseen tarvitaan erillinen IT-ohjelma, jota on rakennettava erikseen kuvion 19 periaatteella. Samalla tavalla kuin trukkikuski miettii viulunippujen siirtoja, samalla ohjelmankin pitää miettiä siirtoja. Otetaan tästä ja vietään sinne. Tällaisen ohjelman voi rakentaa it-ohjelmistotalo, kun pystytään määrittelemään tarpeita.



Kuvio 19. LGV - Laser Guided Navigation (Iqsdirectory 2022)

Järvenpään ja Kovasen mukaan ohjelmistokehityksessä on perinteisesti käytetty kahta eri hinnoittelumallia: tuntipohjaista veloitusta ja kiinteää hinnoittelua. Heidän mielestään kiinteän hinnoittelun ongelma on se, että se ei mahdollista muutoksia. Tässä tapauksessa, kiinteällä hinnalla ostetaan sen mitä kuvitellaan tarvittavan, eikä sitä, mitä lopulta oikeasti tarvitaan. Tuntipohjainen hinnoittelu on taas yksinkertaisin ja ketterään kehitykseen parhaiten sopiva hinnoittelumalli (Järvenpää, Kovanen 2018).

Perusohjelmiston keskimääräinen laskutettava ohjelmistokehityksen tuntihinta on 93,5 euroa. Alin laskutettava hinta oli 50 euroa ja korkein 170 euroa tunnilta. Esimerkiksi 168 tuntia ohjelmistokehitystä kuukaudessa 90 euron tuntilaskutuksella tekevä kehittäjä maksaa asiakkaalle 15.120 euroa + alv:n. (Ohjelmistokehityksen hinnat 2023.). Huomioidaan, että ohjelmiston kehitysprojektin hinta

ja kesto ovat tapauskohtaisia. Tarvittavan ohjelman idea ja tarpeet ovat yksilölliset, tiettyyn automaattitrukkiin sekä tuotantoon soveltuvat. Teollisuusyritykseen, jossa on monimutkaisia tuotantoprosesseja ja useita tuotantolinjoja, sopisi MES-järjestelmä (Manufacturing Execution System).

AGV networks:in mukaan tyypillinen LGV-trukin hinta on 150 000 € - 250 000 €. Robotteihin erikoistunut verkosto jakaa tietoa, joka on saatu tutkimuksesta, neuvotteluista sekä AGV- ja AMR-järjestelmien asennuksesta ja käyttöönotosta (How much does a robotic forklift cost n.d).

Kyyhkynen tekemässä automaattirobottien kustannusarviossa (taulukko 2), huomataan kuinka iso hintaero tavallisilla AGV roboteilla on verrattuna LGV - trukkiin. Jälkimmäinen on älykkäämpi ja tehokkaampi, nimenomaan viiluvastointiin soveltuva laite. Reilulla nostokapasiteetilla trukki pystyy suorittamaan haastavimmatkin siirtotehtävät mitä tehtaalta löytyy.

Taulukko 2. Esimerkkejä kustannusarviosta (Kyyhkynen 2022)

AGV-malleja	Hinta-arvio/kpl	Lopullinen hinta-arvio	Takaisinmaksu kk 2000	Takaisinmaksu kk 3200
MirR 200	23 000 €	34 100 €	14,1	8,8
MiR 250	25 000 €	36 100 €	14,9	9,3
MiR 500	59 900 €	72 100 €	29,7	18,6
Kuormalavatunkki	60 000 €		24,7	15,5
Trukki	90 000 €		37,1	23,2
Aethon tug robot	107 500 €		44,3	27,7
Kapeankäytäväntrukki	160 000 €		65,9	41,2
Kehitysidea 5 + MiR 500	69 900 €	82 100 €	33,8	21,1

Hankintakustannusten lisäksi tulee huolto- sekä energiakustannukset laitteiston käytöstä. Esimerkiksi huoltokustannukset voi olla: noin 5 000 € per vuosi ja akkukustannukset noin 4 000 € per vuosi perustuen toimittajalta saatuihin arvioihin. Toimituskulut lisätään hintaan jos trukki toimitetaan tehtaalle, ne ovat kuitenkin murto-osa koko hankkeesta. Tässä vaiheessa voidaan nostaa tärkeimmät ominaisuudet automaattitrukin valinnassa Lohjan Kerto® LVL tehtaalle: Nostokapasiteetti: n. 5000 kg. Nostokorkeus: n. 4000 mm. Korkeus: n. 3000 mm. Leveys: n. 3000 mm.

Haarukan pituus: n. 2000 mm. Haarukan leveys: n. 200 mm. Käyttövoima: sähkö. Malli: LGV.

7 Tulosten luotettavuus

Aineistot ja materiaalit on kerätty Jyväskylän ammattikorkeakoulun etiikan mukaisilla periaatteilla sekä tilaajan ohjeiden ja sääntöjen mukaisesti. Tietojen haussa isona kokonaisuutena oli työkokemus Metsä Woodin tuotannosta. Metsäyrityksen tuntemus, toimintatavat sekä koko konsernin arvot tukivat tutkimuksen osuutta ja lopputyötä kokonaisuudessaan. Pitkä työkokemus erilaisista tuotantotehtävistä on antanut käytännölliset näkökulmat kehitystarpeiden analyysiin ja menetelmiin. Merkittävänä tekijänä katson myös tuotantokokemukseni samankaltaisesta tuotannosta, jossa on päästy käsittelemään viiluja, näin voidaan todeta asiantuntemus kyseisestä kehitystoimenpiteestä korkeaksi.

Aineiston riittävyys opinnäytetyön tekemisessä on ollut laaja ja monipuolinen. Tarkastuksessa on käytetty myös verkkosivujen artikkeleita, jotka ovat osittain puolueellisia tarjottavaan palveluun tai tuotteeseen. Tieteellisesti arvioidut materiaalit, sekä muissa opinnäytetyössä tehdyt tutkimukset varastoinnin suhteen eivät herättäneet epäilyä, joten todetaan nämä materiaali-lähteet luotettaviksi. Tietolähteenä ollutta kirjallisuutta voidaan luokitella priimalähteiksi, kirjoittajien, kokemusten ja isojen yritysten nimestä, jotka ovat osallistuneet kirjojen tekemiseen. Puulevyteollisuus ja Sahateollisuus -kirjat ovat osa Suomi 100 -juhlavuoden ohjelmaa. Kirjat saatiin mukaan Suomen satavuotisjuhlan julkaisuksi sillä perusteella, että mekaaninen metsäteollisuus on ollut Suomen vientiteollisuuden selkäranka jo yli sata vuotta sitten ja on edelleen (Varis 2017).

Luotettavana ja merkittävänä tekijänä materiaalienkeruussa oli myös yhteistyö tilaajan kanssa lopputyön kaikissa vaiheissa. Yrityksessä on erinomaiset IT-mahdollisuudet ja eettiset periaatteet. Intrassa olevat tiedot ja julkaisut ovat avoimia kaikille konsernissa työskenteleville, harjoitteleville sekä opinnäytetyön tekijöille. Helposti lähestyttävä kommunikointikulttuuri tuotannossa on antanut hyvät mahdollisuudet haastatteluihin ja oikeus tiedon saantiin lähes kaikkiin tutkimukseen ja projektiin liittyviin mittauksiin.

Työkokemuksesta riippumatta opinnäytetyön kirjoittamisen aikana on pysytty objektiivisena tutkijana. Yrityksestä saadulla datalla ja resursseilla, jotka ovat olleet käytössä, saatiin paras mahdollinen tulos tässä aikarajassa.

8 Johtopäätökset ja pohdinta

Tutkimuksen tulosten perusteella viiluvastoinnissa on havaittu kehitettäviä kohteita, joille on ehdotettu täsmälliset korjaustoimenpiteet. Kalanruotoanalyysistä saadut vastaukset osoittavat konkreettisesti varastointivaiheiden kehittämisen tarpeen. Ehdotettujen kehitystoimenpiteiden avulla päästään helpottamaan ja tehostamaan viilujen käsittelyä. Pinkkojen tulee olla tasareunaisia sekä pituus- että leveysuunnassa, jottei tapahdu viilujen rispaantumista ja rikkoutumista. Viilukuormien kunnosta riippuu myös automaattitrukin käytännöllisyys. Ideana olisi saada viilukuormat tiiliskiven muotoiseen pinkkaan, jonka laserisensorit pystyisivät tunnistamaan. Viilukuormat ovatkin pääsääntöisesti hyväkuntoiset ja suorat, mutta välillä sattuu laatuvirheitä.

Tutkimuksen lopputuloksena toimeksiantajalle on ehdotettu ratkaisu automaattisen LGV trugin muodossa, märkä- ja kuivaviilujen logistiikan parantamiseksi. Kyseinen robotti on AGV:n trukkia kehittyneempi versio, jonka tärkein ero on laserohjaustekniikassa. Sensorit rekisteröivät ajoneuvon lähettämän signaalin, joka heijastuu reitin pääkohdissa sijaitsevista peileistä. LGV-robotti soveltuu erityisesti raskaiden kuormien kuljettamiseen korkeita ja kapeita käytäviä pitkin. LGV-robotti navigoi itsenäisesti laseriohjauksella ja käytön aikana tietojensa perusteella luotujen karttojen avulla. Automaattitrukki pystyy ajamaan esteiden, liikkuvien trukkien ja ihmisten ympärillä työprosessia keskeyttämättä. AGV trukit jäävät paikalle odottamaan korjaustoimenpiteitä, jos eteen ilmaantuu este.

Toisin kuin laseriohjaustekniikalla liikkuva LGV, AGV-navigointi tapahtuu yleensä käyttämällä ohjauslinjoja, magneettisia lattialiuskoja tai lattian alla olevia johtoja, jotka on asennettava ennen automaattitrukkijärjestelmän käyttöönottoa. Tämä tarkoittaa, että tehtaan käytävillä on suoritettava korjaustyöt. Tehtävien, reittien, lay-outin tai AGV-päätepisteiden muuttamisen yhteydessä infrastruktuuri on rakennettava uudelleen. Viilutuotannosta syntyvät roskat ja puupölyt päätyvät joskus lattioille, mikä voisi vaikeuttaa liuskojen lukemista. Laseriohjauksen peilit ovat taas korkealla mihin ei irtonaiset arkkipalat yllä.

Edellä kuvatuin perustein automaattisen järjestelmän valinta yritysautomaatioon voidaan tehdä vain niiden alueiden työprosessin syvällisen tuntemuksen perusteella, joilla niitä on tarkoitus käyt-

tää. Katsaukseen oli valittu tuotannonohjausohjelma MES, koska se vastaa parhaiten erityistarpeita ja toimialaa, myös se parantaa tuotannon tehokkuutta, vähentää kustannuksia ja auttaa organisaatiota pysymään kilpailukykyisenä.

Tuotannon robottivarustelun aiheeseen liittyvä kirjallisuus ja aikaisemmat opinnäytetyöt lisääntyvät jatkuvasti ja monet kirjoittajat ovat yhtä mieltä siitä, että teollisuusrobottien integrointi yritysten teknologisiin prosesseihin on peruuttamatonta ja sillä on ilmeisiä etuja. Tehtaalla tehtyjen havaintojen perusteella robotti-ihmisryhmät olisivat tuottavampia kuin robotit tai ihmiset yksin. Esimerkiksi sairastunut henkilö korvataan automaattitrukilla ja vastaavasti rikkiäinen robotti paikataan henkilöllä.

Yhteistyössä toimiva automaattirobotti, joka on joustava, turvallinen ja helposti ohjelmoitava, on suunniteltu erityisesti auttamaan työntekijöitä erilaisissa tilaus- ja varastotoiminnoissa. Tämä ohjelmoinnin helppous on ihanteellinen Lohjan Kerto® LVL -tehtaan varastotoimintoihin, jotka ovat yleensä dynaamisia. Kappaleessa 6.4 ehdotettu yhteistyö robotin ja trukinkuljettajan kanssa auttaisi kehitystoimenpiteen alkuvaiheessa. Näin ollen on muodostunut vastaus tutkimuskysymykseen varastonohjauksen suhteen.

Automaattitrukin edut:

1. Laadun varmistaminen ja prosessin tarkkuuden parantaminen. Väärä viilukuorma tuotantolinjalla vaikuttaa tuotteen rakenteisiin ja lujuuteen. Väärärakenteisen tuotteen lähettäminen voi vahingoittaa asiakassuhteita ja lisätä palautuksia ja hyvityspyyntöjä. Kaikki nämä voi viime kädessä vahingoittaa yrityksen tulosta.
2. Tuottavuustason nostaminen yhteistyössä trukinkuljettajan kanssa. Automaattitrukki auttaa nopeuttamaan prosessia käyttämällä tekoälyä ja koneoppimista optimoimaan reitin valinnan reaaliajassa, mikä vähentää turhaa ajelua. Robotti parantaa myös siirtojen toteuttamisen tehokkuutta.
3. Automaattitrukki on erinomainen ratkaisu sairastuneelle työntekijälle ja menneitä vuosia ajatellen on käytännöllinen ratkaisu epidemian aikana. Itsekseen työskentelevä robotti tuo miellyttävää ja mukavaa ilmapiiriä tehtaan tiloihin.

4. Ihmisten työvoiman lisääminen. On pelätty, että autonomiset mobiilirobotit vievät varastotyöntekijöiden työt. Ihmistyöntekijöistä ei kuitenkaan tarvitse luopua. Sen sijaan automaattitrucki työskentelee ihmisten kanssa, se voi jopa parantaa työntekijöiden tyytyväisyyttä tekemällä heistä tehokkaampia minimoimalla tarpeettomia siirtoja tai kävelyä, mikä vähentää väsymystä. Kollegat voivat keskittyä optimoimaan työtottumuksiaan tullakseen tehokkaammiksi.
5. Varaston työntekijöiden turvallisuus paranee. Automaattitrucki on hitaampi kuin vastapainotrucki. Uuden sukupolven automaattitruckia ei enää tarvitse sijoittaa korkeiden verkkojen taakse suorittaakseen työtään. Robotissa on anturi, joka keskeyttää työn, jos henkilö tulee liian lähelle.

Automaattitruckin haitat:

1. Automaattitrucki on painava ja vaikeasti liikuteltava. Sen on vaikea integroida olemassa olevaan infrastruktuuriin, siihen tarvitaan pysyvää ja kallista muutosta kuten uuden it-järjestelmän soveltaminen. Asentaminen voi kestää viikkoja tai kuukausia eikä hyödyistä pääse nauttimaan heti alkuvaiheessa.
2. Monimutkaisten prosessien toteuttaminen on hankalampi kuin ihmisellä - robotti ei pysty ajattelemaan ja kuvittelemaan asioita kuten ihminen. Ei pysty suorittamaan fyysisiä korjaus toimenpiteitä jos esimerkiksi viiluarkki on pinottu huonosti lavalle.
3. Mahdollisesti korkea alkuinvestointi. Automaattitruckin ostaminen maksaa lyhyellä aikavälillä todennäköisesti enemmän kuin henkilöstön palkkaaminen tai muiden laitteiden, kuten truckien käyttö. Yleensä säästöt toteutuvat täysimääräisesti pitkällä aikavälillä.
4. Virhe on myös mahdollista tapahtua, mikäli automaatio ei toimisi oikein. Automaattitrucki voi olla myös huollossa tai korjaamolla, silloin on tehtävät paikattavana työntekijällä.

Automaattitruckin haitat kannattaa tutkia jatkotutkimuskohteina kehityshankeen laadun varmistamiseksi. Automaattitruckin etujen muuttaminen rahaksi ja hankinta rajoitettiin lopputyön ulkopuolelle mahdolliseksi jatkokehitysprojektiksi. Tutkimuksen tulokset ovat merkityksellisiä erityisesti kohdeyritykselle, mutta tutkimusta voidaan hyödyntää myös muissa Metsä Woodin toimipisteissä, erityistuotantopiirteitä huomioiden.

Tutkimuksen loppuvaiheessa, haastattelun aikana on tullut ilmi, että uusi lay-out suunnitelma, jossa on merkinnät, on valmistumassa tuotantoon. Tässä työssä varaston lay-outia on pidetty alkuperäisenä kehittämisen hankkeen käyttöönoton helpottamiseksi. Viilut tulisi varastoida valtaosin manuaalisesti, uutta automaatirobotia käyttäen. Tällä tarkoitetaan, että automaatiotrukin olisi helpompi suorittaa helppoja ykköstasoisia nostoja sorvilta lattialle ja lattialta kuivaukseen. Näin saadaan vastaus tutkimuskysymykseen varastomallin osalta.

Opinnäytetyön alkuvaiheessa muodostuneeseen kysymykseen ”Millaisia varmuusvarastoja kannattaa pitää kullekin nimikkeelle (märkä ja kuiva)?” on saatu vastaus. Nimikkeiden on oltava Kerto® LVL tehtaan volyymien ja tarpeiden mukaan, siten että tontilla on käytettävissä oikeat materiaalit, oikeilla määrillä ja tietyksi ajaksi.

Kehittämissuunnitelman ensimmäisenä askeleena voi olla myös kehitysryhmän arviointi ja siitä voidaan tehdä ”pienoismalli” tietokoneelle - tunnettu nimellä Digital Twin Technology. Konsultointiin erikoistuneet yritykset kehittävät prototyyppi mallin, jonka pohjalta pystytään varmistamaan suunniteltavan teknologian toimivuus, parantaa nykyistä tuotantoa ja tarkistaa erilaisia vaihtoehtoja. Logistiikan simuloinnissa huomioidaan jopa huollot ja haasteet. Kehittäjät ja yritykset ovat kuitenkin puolueellisia tarjoamaan palveluun tai tuotteeseen kuten kappaleessa 2.4 todettu, joten näkisin järkevänä suorittaa ennakoarviointia toimeksiantajan kehitys-osastolla.

Vaikeana osana työtä oli löytää sopiva trukki haastaviin tarpeisiin. Automaattirobottisuunnittelussa on otettu yhteyttä kahteen valmistajaan. Jälkimmäiseltä yritykseltä on saatu vain toimituskulut. Kotimaisen yrityksen myyntiedustaja on antanut suuntaa-antavat hinnat, jossa oli huomioitu kaikki mahdolliset käyttökustannukset sekä infrastruktuuri. Automaattirobotteja kehitetään jatkuvasti erilaisiin tarpeisiin ja olosuhteisiin ympäri maailmaa.

Isona tekijänä ratkaisun teossa oli yrityksen kestävä kehityksen tausta. Nykyisten polttomoottoritrukkien tilalle tulevaisuudessa voi hankkia puhtaalla sähköllä kulkevia robotteja. Automaattirobotin hankinta on kallis itsestään, siihen lisäksi vielä palvelukustannukset. Kuten luvussa 6.4 on todettu, hyvin suunnitetuilla investoinneilla on relevantti jälki. Johdannossa kuvatuin perustein,

kestävä teollinen tehokkuus on osa yrityksen strategiaa, jonka keskiössä on laadukas liiketoimintaprosessien toteuttaminen, suunnitelmallinen tuotantokapasiteetin ja osaamisen kehittäminen. Näin ollen, ehdotettu ratkaisu viilivarastointiin on strategian mukainen ja pitkäaikainen.

Kuten aikaisemmasta tiedetään, konsernilla tehdään pitkäjänteistä kehitys- ja innovaatiotoimintaa, jonka tavoitteena on luoda uusia tuotteita ja palveluita, uusia teknologioita hyödyntäen. Näin voidaan todeta, että toimeksiantajalle esitetty kehittämissuositus tukee innovatiivisuutta ja antaa mahdollisuuden kehityksessä pysymiseen. Mielestäni kehityksellä on jatkossa merkittävä rooli toimitusketjun toiminnassa. Päättäjät etsivät toimitusketjusta aloitteita vaihtoehtoisten energiamuotojen käyttöön, hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen, sekä vaihtoehtoisten varastointitapojen käyttöön. Tämä sisältää tehtaiden automatisointia sekä varastoinnintehokkuuden parantamista. Teknologiat paranevat, kehittyvät ja tulevat entistä helpommin saavutettavaksi, joten toimijat, jotka voivat ennakoida, sekä mukautua ja olla askeleen edellä kilpailijoitaan, voittavat varmasti.

Lähteet

Artto K., Martinsuo M., Kujala J. 2011. Projektiliiketoiminta. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Bito, N.d. Milloin varaston automatisointi on järkevää? Artikkelit Biton sivustolla. Viitattu 7.9.2023. <https://www.bito.com/fi-fi/asiantuntija/artikel/milloin-varaston-automatisointi-on-jaerkevaeae/>

Eurostat. N.d. Fatal accidents at works 2021. Tilastot Eurostatin sivustolla. Viitattu 7.10.2023. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Accidents at work statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Accidents_at_work_statistics)

Hirsjärvi, S., Hurme, H. 2008. Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Gaudeamus.

Hokkanen, S., Karhunen, J. & Luukkainen, M. 2010. Johdatus logistiseen ajatteluun. 5.uudistettu painos. Kangasniemi: Sho Business Development Oy.

Hokkanen, S. 2012. Varastonhoitajan käsikirja. Kangasniemi: Sho Business Development Oy.

How much does a robotic forklift cost. N.d. AGV network. Verkkosivujen julkaisu. Viitattu 6.10.2023. <https://www.agvnetwork.com/agv-cost-estimation-how-much-does-an-automated-guided-vehicle-cost>

Ibuilder. 2016. Miten vaneri valmistetaan? Artikkelit Ibuilderin sivustolla. Viitattu 10.5.2023. <https://ibuilder-fi.techinfus.com/fanera/kak-delayut/>

Iqsdirectory. 2022. LGV forklift Navigation. Verkkosivujen julkaisu. Viitattu 8.10.2023. <https://www.iqsdirectory.com/articles/automated-guided-vehicle/agv-forklift.html>

Järvenpää, J., Kovanen, P. 2018. Ohjelmistokehityksen ostajan pikaopas 2.0. Tampere: Eräsalon Kirjapaino Oy.

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Miten kirjoitan kehittämistutkimuksen vaihe vaiheelta. Jyväskylä: Suomen Yliopistopaino Oy- Juvenes Print.

Kontinen, P., Kivistö, A., Söyriä, P., Usenius, A. 1992. Vanerin valmistustekniikan automatisointi. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT).

Koponen, H. 2002. Puutuoteteollisuus 4: Uudistettu painos. Helsinki: Opetushallitus.

Kyyhkynen, Miika. 2022. Varaston automatisointi. Tekniikan ala. AMK opinnäytetyö. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Jyväskylän Ammattikorkeakoulun julkaisu. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Lai, Kee-hung & Cheng, T.C.E. 2009. Just-in-Time Logistics. London: Routledge.

Leckelin, O., Laine, R., 2009. Laadunkehittäjän työkalupalkki. Helsinki: Talentum.

Lohjan Kerto® LVL tehdas. N.d. Metsä Wood. Tehtaan kuvaus Metsä Group:n sivulla. Viitattu 19.7.2023. <https://www.metsagroup.com/fi/metsawood/metsa-wood/tuotantoyksikot/lohjan-kerto-tehdas/>

Makron. 2019. Automaatio lajittelee ja pinoaa viilut tarkasti. Uusia automaatoratkaisuja Plytecin vanerilinjoihin. Verkkootikkeli Makronin sivustolla. Viitattu 10.5.2023. <https://makron.com/fi/uutiset-ja-tapahtumat/automaatio-lajittelee-ja-pinoaa-viilut-tarkasti/>

Mecalux. 2021. Green warehousing: 8 best practices for a sustainable warehouse. Verkkootikkeli Mecaluxin sivustolla. Viitattu 29.8.2023. <https://www.mecalux.com/blog/sustainable-warehouse>

Metsä Group Turvallisuusperehdytys. N.d. Turvallisuusohjeet. Verkkosivujen julkaisu. Viitattu 7.10.2023. <https://www.metsagroup.com/fi/ota-yhteytta/toimittajille/turvallisuusperehdytys/>

Metsä Wood. N.d. Me olemme Metsä Wood. Verkkosivujen julkaisu. Viitattu 4.10.2023. <https://www.metsagroup.com/fi/metsawood/>

Ohjelmistokehityksen hinnat. 2022. Itwiki. Verkkootikkeli Itwikin sivustolla. Viitattu 11.9.2023 <https://www.itewiki.fi/opas/paljonko-on-ohjelmistokehityksen-tuntihinta/>

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

Scencedirect. 2014. Verkkootikkeli Scencedirectin sivustolla. Viitattu 5.10.2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527314001911>

Sellers, T., Jr., 1985. Plywood and Adhesive Technology. New York: Basel. Marcel Dekker, Inc.

Strategia ja arvot. N.d. Metsä Wood. Verkkosivujen julkaisu. Viitattu 7.10.2023. <https://www.metsagroup.com/fi/metsawood/metsa-wood/tietoa-meista/strategia-ja-arvot/>

STT. 2022. Työtaturmien määrä ja taajuus nousivat teollisuudessa viime vuonna. Uutinen sttinfo:n www-sivuilla. Viitattu 6.10.2023. <https://www.sttinfo.fi/tiedote/69936729/tyotaturmien-maara-ja-taajuus-nousivat-teollisuudessa-viime-vuonna?publisherId=69817216>

SVT. 2021. Palkansaajien kuolemaan johtaneet työpaikkataturmat toimialoittain 2019. Helsinki: Tilastokeskus. Verkkosivujen julkaisu. Viitattu 24.9.2021. http://www.stat.fi/til/ttap/2019/ttap_2019_2021-11-30_tau_002_fi.html

Tikka, J., 2016. Logistiikan perusteet. Avaa ovi logistiikan maailmaan. E-kirja Ellibslibrary-kirjapalvelussa. Helsinki: BoD - Books on Demand. <https://www.ellibslibrary.com/reader/9789523306547>, Ellibslibrary.

Tilauspiste. N.d. Tilauspisteen toteutustapa. Verkkosivujen julkaisu. Viitattu 20.9.2023. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/materiaalinohjaus/tilauspiste/>

Tuotteet. N.d. Metsä Wood. Tuotekuvaus Metsä Group:in sivulla. Viitattu 4.10.2023. https://www.metsagroup.com/fi/metsawood/tuotteet-ja-palvelut/tuotteet/kerto-lvl/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=KertoLVL&utm_term=kerto&gclid=EAlaIQobChMI7rPt35XcgQMVChSiAx11Lw7yEAAAYASAAEglt2_D_BwE

Tuovinen. 2018. Automaation vaikutus henkilö- ja palvelussuhdetietojen ylläpitoon. AMK Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Liiketalouden koulutusohjelma. Viitattu 6.10.2023. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/146485/Tuovinen_Noora.pdf?sequence=1

Tutkimus ja kehitys. N.D. Metsä Group. Verkkosivujen julkaisu. Viitattu 7.10.2023. <https://www.metsagroup.com/fi/tietoa-metsa-groupista/kasvun-strategia/tutkimus-ja-kehitys/>

Varastotyytit ja -tekniikka. N.d. Logistiikkamaailma. Verkkosivujen julkaisu. Viitattu 20.7.2023 <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikan-toimijat/varastointi/varastotyytit-ja-tekniikka>

Varis, R. 2017. Puulevyteollisuus. Porvoo: Kustannuspalvelut: Kirjakaari Oy. Paino Bookwell Oy.

Varmuusvaraston laskeminen. 2019. Uitto, J., Verkkoartikkeli. Viitattu 19.9.2023 <https://ies-seuitto.fi/varmuusvaraston-laskeminen/>

Vastuullisuus. N.d. Metsä Group. Verkkosivujen julkaisu. Viitattu 4.10.2023 <https://www.metsagroup.com/fi/vastuullisuus/vastuullisuus-metsassa/2030-kestavyystavoitteet/>