

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
School of Engineering Science
Tuotantotalouden koulutusohjelma

Diplomityö

Daniele Di Napoli

SISÄLOGISTISTEN MATERIAALIVIRTOJEN KEHITTÄMINEN

Työn tarkastaja: Professori Janne Huiskonen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
School of Engineering Science
Tuotantotalouden koulutusohjelma

Daniele Di Napoli

Sisälogististen materiaalivirtojen kehittäminen

Diplomityö

2019

86 sivua, 26 kuvaa, 12 taulukkoa, 1 liite

Työn tarkastaja: Professori Janne Huiskonen

Hakusanat: materiaalivirta, kokoonpanoteollisuus, lean, varastointi, materiaalinhallinta, hukka

Keywords: material flow, assembly industry, lean, warehousing, material management, waste

Materiaalivirtojen tehokas hallinta on tärkeässä roolissa kokoonpanoteollisuudessa toimivien yritysten kustannusrakenteessa ja toimitusketjussa. Materiaalinohjauksessa tulee pyrkiä siihen, että materiaalit saapuvat määränpäähän oikeaan aikaan, oikeaan paikkaan ja alhaisin kustannuksin. Tämän diplomityön tarkoituksena on ollut tuottaa kohdeyritykselle selkeä nykytila-analyysi, jossa on tuotu esille prosesseissa ilmeneviä hukatekijöitä, ja sen pohjalta luotu realistiset kehitysehdotukset materiaalivirtojen tehokkuuden parantamiseksi. Tutkimuksessa on hyödynnetty operatiivista havainnointia, epäformaalisia haastatteluita ja datan keruuta. Työn empiirisessä osiossa on vastattu tutkimuksen pää- ja alatavoitteisiin, eli on esitetty kehitysehdotuksia tavaran vastaanoton materiaalivirran tehostamiseksi, varaston ja tuotannon välisen materiaalivirran automatisoimiseksi sekä varastojen tilatehokkuuden ja virtauksen maksimoimiseksi. Tämän tutkimuksen ansiosta kohdeyritys pystyy tasoittamaan vastaanottoon tulevia materiaalivirtoja ja parantamaan sekä tilankäyttöä että henkilöstön resurssointia. Tämän lisäksi materiaalivirran automaattioratkaisun tuloksena kohdeyritykselle syntyy säästöä kahden ja puolen operaattorin palkkakustannusten verran.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
School of Engineering Science
Degree Program in Industrial Engineering and Management

Daniele Di Napoli

Material flow development in inbound logistics

Master's Thesis

86 pages, 26 figures, 12 tables, 1 appendix

Examiner: Professor Janne Huiskonen

Keywords: material flow, assembly industry, lean, warehousing, material management, waste

The efficient management of material flow for companies in the assembly industry plays an important role in their cost structure and supply chain. In material management, it is vital to strive for the arrival of materials at their destination at the right time, at the right place and at a low cost. The purpose of this master's thesis has been to provide a clear current state analysis for the target company, highlighting wasteful factors in the processes, and on that basis, creating realistic development proposals for improving the efficiency of material flow. Operational observation, informal interviews and data collection have been used for this research. The main and secondary objectives of the research have been answered in the empirical part of the thesis, which presents development proposals for improving the efficiency of material flow at receiving, automating the material flow between the warehouse and production, and maximizing the warehouse space utilization and material flow. As a result of this research, the target company will be able to stabilize the material flows arriving at warehouse receiving, as well as improve the use of space and staff resources. In addition, the automation solution for material flow will result in labor cost savings, equaling the wages of two and a half operators.

ALKUSANAT

Diplomityö oli monipuolinen ja haastava projekti, jossa pääsin hyödyntämään omaa osaamistani sekä kehittämään kohdeyrityksen prosesseja. Haluan kiittää kaikkia haastatteluihin ja keskusteluihin osallistuneita henkilöitä, jotka auttoivat minua ymmärtämään paremmin yrityksen toimintatapoja ja kulttuuria. Oli erittäin mielenkiintoista tutkia sisälogististen materiaalivirtojen tärkeyttä ja analysoida niiden säästöpotentiaalia.

Nyt on aika siirtyä uusiin haasteisiin ja muistella iloisin mielin Lappeenrannassa vietettyjä opiskeluvuosiani. Yliopistossa opittu tieto tulee varmasti olemaan hyödyllinen jatkossa sekä työ- että yksityiselämässäni. Haluan kiittää myös Lappeenrannan teknillisen yliopiston henkilökuntaa, erityisesti opetuksen hyvästä laadusta.

Vantaalla 09.05.2019

Daniele Di Napoli

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	6
1.1	TAUSTA	7
1.2	TAVOITTEET JA RAJAUKSET	7
1.3	TUTKIMUSMENETELMÄT	9
1.4	TYÖN RAKENNE	10
2	MATERIAALINHALLINTA.....	12
2.1	MATERIAALINOHJAUKSEN TAVOITTEET.....	12
2.2	MATERIAALIVIRTOJEN SEURANTA JA MITTAAMINEN	13
2.3	VARASTONHALLINTA.....	15
2.4	ABC-ANALYYSI.....	17
2.5	NIMIKKEIDEN LUOKITTELU	18
2.6	MATERIAALITOIMINNOT	19
2.6.1	<i>Materiaalinkäsittely</i>	19
2.6.2	<i>Keräily</i>	20
3	LEAN-AJATTELU.....	22
3.1	LEAN-PERIAATTEET	22
3.2	JUST-IN-TIME	24
3.2.1	<i>JIT-layout</i>	25
3.2.2	<i>JIT-varasto</i>	26
3.2.3	<i>JIT-aikataulutus</i>	27
3.3	5s.....	29
3.4	KANBAN	30
3.5	ARVOVIRTAKUVAUS (VSM).....	31
4	LAYOUT	33
4.1	TUOTE-LAYOUT	33
4.2	PROSESSI-LAYOUT	36
4.3	KIINTEÄ LAYOUT	37
4.4	YHDISTETYT LAYOUTIT	37
4.5	SOLU-LAYOUT	38

5	NYKYTILA-ANALYYSI.....	39
5.1	ARVOVIRTAKAAVIO (VSM).....	39
5.2	TAVARAN VASTAANOTTO	40
5.2.1	<i>Vastaanotto-operaattoreiden ja varastopäällikön haastatteluiden havainnot</i>	43
5.3	VASTAANOTTOTARKASTUS.....	44
5.4	VARASTOINTI.....	45
5.4.1	<i>Varastohalli B</i>	47
5.4.2	<i>Varastohalli A</i>	51
5.5	TUOTANTO.....	53
6	HUKKATEKIJÖIDEN TUNNISTAMINEN JA MATERIAALIVIRTOJEN KEHITTÄMINEN	54
6.1	TAVARAN VASTAANOTON KEHITTÄMIEN	55
6.1.1	<i>ABC-analyysi</i>	55
6.1.2	<i>Kuormien saapumisaikataulun kehittäminen</i>	58
6.1.3	<i>Suorituskyvyn mittaaminen ja henkilöstöressurssien allokointi</i>	60
6.2	VARASTON JA TUOTANNON VÄLISEN MATERIAALIVIRRRAN KEHITTÄMINEN.....	62
6.2.1	<i>RFID portin automaattinen käynnistys</i>	63
6.2.2	<i>Robottijunan merkityksen kasvattaminen</i>	64
6.2.3	<i>Tuotantosolujen rakenteiden uudistaminen</i>	70
6.2.4	<i>Kohti teollisuutta 4.0</i>	71
6.2.5	<i>Kehitysehdotuksen implementointi</i>	72
6.3	VARASTON LAYOUTIN KEHITTÄMINEN.....	74
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO.....	76
7.1	VASTAANOTTOTOIMINTOJEN KEHITTÄMINEN	76
7.2	VARASTON JA TUOTANNON VÄLISEN MATERIAALIVIRRRAN KEHITTÄMINEN.....	77
7.3	VARASTON LAYOUTIN KEHITTÄMINEN.....	79
7.4	JATKOKEHITYSEHDOTUKSET.....	79
	LÄHTEET.....	80
	LIITTEET	

KUVALUETTELO

Kuva 1 Materiaalivirran seurannan ulottuvuudet (Hyppönen et al. 2004)	14
Kuva 2 Materiaalivirran virheseurannan ulottuvuudet (Hyppönen et al. 2004)	14
Kuva 3 Materiaalivirran mittausyksiköt (Hyppönen et al. 2004)	15
Kuva 4 Kokoonpanoyrityksen yleisimmät materiaali- ja informaatiovirrat	16
Kuva 5 ABC-analyysi	18
Kuva 6 Imu- ja työntöohjaus (Logistiikan maailma. 2018).....	24
Kuva 7 Tiluseräkoon optimointi (mukaillen Haizer, J. & Render, B. 2011)	27
Kuva 8 Pienten ja suurten tuotantoerien rinnakkaisvertailu (mukaillen Stevenson, J. 2009)	28
Kuva 9 Tuote-layout (mukaillen Senjay, B. 2015).....	33
Kuva 10 U:n muotoinen tuotantolinja (mukaillen Richard, B. et al. 1998).....	35
Kuva 11 Materiaali- ja informaatiovirtojen arvovirtakaavio	40
Kuva 12 Vastaanoton lähtevien materiaalivirtojen kulku ja etäisyys	43
Kuva 13 Vastaanottotarkastuksen lähtevien materiaalivirtojen kulku ja etäisyys.....	45
Kuva 14 Varastosta tuotantoon siirtyvien materiaalivirtojen parametrit ja siihen liittyvät etäisyydet	46
Kuva 15 Esimerkki JOT-kortista ja siinä ilmoitetuista tiedoista	47
Kuva 16 B-varastohallin layout	48
Kuva 17 B:n varastohallin päivittäisen keräilytoiminnan parametrit	49
Kuva 18 Varastosta tuotantoon siirtyvien nimikkeiden työmäärä aikayksikkönä.....	50
Kuva 19 A-varastohallin layout	51
Kuva 20 Esimerkki saapuvien kuormien mittaristosta	61
Kuva 21 Resurssihallinnan mittaristo	62
Kuva 22 RFID-portin toimintaperiaate (Turck. 2019.).....	64
Kuva 23 Vanhan ja uuden robottijunan ohjausmuodon vertailu	65
Kuva 24 Rullakuljettimilla varustettu kuljetuskärry	67
Kuva 25 Kuljetuskärryn akun kapasiteetin ja WI-FI-verkon spesifikaatiot	69
Kuva 26 Uuden layoutin rakenne ja robottijunan reititys.....	70

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1 Tutkimuksen pää- ja alatavoitteet.....	8
Taulukko 2 Kohdeyrityksen tuotevalikoima.....	9
Taulukko 3 Kuormien saapumisaikataulu	42
Taulukko 4 Vastaanottotarkastuksen tärkeimmät tunnusluvut.....	44
Taulukko 5 A-varastohallin tärkeimmät tunnusluvut	52
Taulukko 6 ABC-luokittelu	56
Taulukko 7 XYZ-luokittelu	56
Taulukko 8 Vastaanottokaistojen tilavuusparametrit	58
Taulukko 9 Saapuvien kuormien toimitusmäärät	59
Taulukko 10 Saapuvien kuormien aikataulu	60
Taulukko 11 Kehitystoimeenpiteiden haitat ja hyödyt.....	63
Taulukko 12 Varaston ja tuotannon välisen materiaalivirran kehittämistoimeenpiteiden säästöt ja edut.....	78

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

AGV	Automated Guided Vehicle
ERP	Enterprise Resource Planning
FIFO	First In First Out
JIT	Just-in-Time
PDA	Personal Digital Assistant
RFID	Radio Frequency Identification
SMED	Single-minute Exchange of Die
VSM	Value Stream Mapping

KOHDEYRITYKSEN LYHENTEET

A-halli	Tavaran vastaanottotarkastus ja varasto
B-halli	Varasto
E-halli	Tuotanto (HLEO, ELEO)
F-halli	Tuotanto (IDEFIX)
I-halli	Tuotanto (DII, INTRA)
J-halli	Tuotanto (ELEO, IOS)
L-halli	Tavaran vastaanotto

1 JOHDANTO

Materiaalinohjaus on yksi tärkeimmistä tuotannonohjauksen kulmakivistä. Tehokas materiaalinohjaus varmistaa, että materiaalien virtaus, käsittely ja varastointi pysyvät hallinnassa. Ilman tasapainotettua materiaalivirran ohjausta materiaalit eivät saavu tuotantoon, eikä asiakkaalle pystytä tarjoamaan ennalta luvattua tuotetta. Materiaalinohjauksen tavoitteena on siis turvata materiaalien saatavuus asiakkaille, tuotannolle ja arvoketjun eri toimijoille. Tavarat ohjataan siten, että materiaalit saapuvat oikeaan aikaan, oikeissa määrissä, oikeaan paikkaan ja oikeassa laadussa. Materiaalinohjaukseen liittyy useita eri prosesseja ja kustannuksia. Kustannukset muodostuvat täydennystapahtumista, ostotilauksista, laadunvalvonnasta, varastoinnista ja kuljetuksista. Hyvin suunniteltu materiaalinohjaus pyrkii luomaan selkeän tasapainon kustannusten ja saatavuuden välille. Materiaalinohjauksen tarkoituksena on kehittää sujuva materiaalivirta, joka on nopea, tasainen ja ohut. Teollisuusyritysten kasvava trendi on lean-periaatteiden implementointi. Lean-ajattelumallin avulla pyritään havaitsemaan prosesseissa ilmeneviä hukkatekijöitä ja sitä kautta tunnistamaan kehittämiskohteita.

Toimitusketjussa liikkuu eri tasoissa toisiinsa kytkettyjä tieto-, raha- ja materiaalivirtoja. Materiaalivirrat kulkevat yleensä ylävirrasta alavirtaan eli toimittajalta asiakkaalle, ja paluuvirrat vastaavasti alavirrasta ylävirtaan. Tieto- ja rahavirrat siirtyvät molempiin suuntiin sekä toimittajalta asiakkaalle että asiakkaalta toimittajalle. Tietovirroissa liikkuu suuria määriä informaatiota organisaation sisällä ja sen ulkopuolella. Yleisimmät tiedonvaihdot koskevat myyntiennusteita, varastomääriä, kuljetuksien tilaamista ja laskuttamista. Kaikki toimitusketjun toimijat tarvitsevat kattavan informaation pystyäkseen tyydyttämään omia asiakastarpeitaan. Tietovirrat ohjaavat materiaalivirtoja eli materiaalien kuljettamista ja varastointia. Varastot ja kuljetukset ovat yksi merkittävimmistä kustannustekijöistä ja sitovat huomattavan määrän pääomaa. Onnistunut materiaalivirtojen ohjaus heijastuu tuotteiden lyhyissä toimitusajoissa ja asiakastyytyväisyydessä. Materiaalivirrat vastaavasti käynnistävät rahavirran, joka on tuotteista maksettava palkkio. Rahavirrat siirtyvät yleensä materiaalivirran myöhäisemmässä vaiheessa. Kokonaisuudessaan kaikki tieto-, raha- ja materiaalivirtojen kehittäminen pyrkii lyhentämään virtojen pituutta, minimoimaan prosessien hukkatekijöitä ja luomaan tasaista ja yksinkertaista virtausta.

1.1 Tausta

Tutkimuksen kohdeyritys on Tuusulassa sijaitseva yhdysvaltalainen teollisuusyritys. Tehdas on perustettu vuonna 1964 ja se toimii amerikkalaisen pörssiyrityksen omistuksessa. Yritys valmistaa hampaiston ja kasvojen kuvantamisessa käytettäviä laitteita. Tuotevalikoima kattaa extraoraalisia laitteita, kuten panoraama- ja kefalometria-ratkaisuja sekä intraoraalisia laitteita, kuten röntgenlaitteita, sensoreita ja kuvanlevynlukijoita. Asiakkaat ovat terveydenhuollossa työskenteleviä ammattilaisia: hammaslääkäreitä, suukirurgia ja röntgenhoitajia. Yrityksen liiketoiminta on erittäin kansainvälistä, ja 99% liikevaihdosta keskittyy Suomen ulkopuolelle. Kaikki tuotteet ovat standardoituja, joten asiakkaat eivät voi räätälöidä tuotteitaan omien tarpeidensa mukaan. Tuotteet valmistetaan asiakastilausperusteisesti, jotta tuotanto pysyisi joustavana ja kustannukset minimissä.

Kohdeyrityksessä keskitytään hyvin vahvasti Lean-periaatteiden implementointiin ja tuotekehitykseen. Päivittäinen toiminta perustuu prosessien jatkuvaan parantamiseen ja asiakkaan tyytyväisyyteen. Tämä tutkimus on yksi monesta käynnissä olevista kehitysprojekteista, joiden tarkoituksena on minimoida prosesseissa ilmeneviä hukkatarkoituksia ja tehostaa päivittäistä toimintaa. Tutkimuksessa keskitytään tarkastelemaan materiaalivirtojen kulkua Lean-periaatteiden avulla. Tavoitteena on luoda joustavampi toimitusketju ja sitä kautta lisätä tuottavuutta ja parantaa kannattavuutta.

Kohdeyrityksessä ei ole tarkkaa tietoa materiaalinohjausprosessien sisällöstä eikä siihen vaikuttavista kustannustekijöistä. Tällä hetkellä materiaaleja käsitellään tuttuun tapaan ja vakio menetelmiä hyödyntäen. Johtoryhmä on havainnut materiaalivirtoihin kohdistuvaa kehittämispotentiaalia, sillä materiaalinkäsittelyn suorituskyky on ollut pitkään tiedostamaton. Tästä syystä materiaalivirtojen tieteellinen tutkimus on ajankohtainen aihe, ja kehittämisideat voivat olla hyvin hyödyllisiä kohdeyrityksen kilpailukykyyn ylläpitämiselle.

1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Työn tavoitteena on ehdottaa kohdeyrityksen johtoryhmälle realistisia kehityskohteita materiaalivirtojen tehostamiseksi. Tavoitteen saavuttamiseksi tulee kartoittaa sisäisten

prosessien nykytilaa ja analysoida siinä esiintyviä hukkatekijöitä. Tutkimuksen pää- ja alataavoitteet ovat esitetty taulukossa 1.

	Tutkimuskysymys
1	Millä kehitystoimenpiteillä voidaan tehostaa tavaran vastaanoton materiaalivirtaa?
1.1	Mitkä hukkatekijät vaikuttavat tavaran vastaanoton materiaalivirtaan?
2	Millä kehitystoimenpiteillä voidaan tehostaa varaston ja tuotannon välistä materiaalivirtaa?
2.1	Mitkä toimintatavat heikentävät varaston ja tuotannon välistä materiaalivirtaa?
2.2	Onko materiaalivirtojen automatisointi mahdollista?

Taulukko 1 Tutkimuksen pää- ja alataavoitteet

Kohdeyrityksen suppea tieto materiaalivirtojen rakenteesta ja niihin kohdistuvista kustannustekijöistä aiheuttaa puutteellisen tietolähteen prosessien kehittämiseksi. Tästä syystä nykytila-analyysit ovat ehdoton tutkimusvaihe tarkkojen tavoitteiden laatimiseksi. Nykytilan kuvaus pyrkii kokonaisprosessikuvauksen avulla tuomaan esille sen, mihin toimintoihin kannattaa kiinnittää huomiota ja mihin ei. Tällä hetkellä ei ole tarkkaa tietoa siitä, mitkä toiminnot vievät enemmän resursseja ja mihin prosesseihin pitäisi keskittyä. Tutkimuksessa pyritään havaitsemaan prosesseissa ilmeneviä hukkatekijöitä ja sitä kautta tehostamaan materiaalivirtaa. Yrityksen tavoitteena on myös ymmärtää, onko automatisointi kannattava investointi ja minkälainen automaatioaste on mahdollista saavuttaa. Kohdeyritys haluaa edelleen vähentää tarpeettomia toimintoja ja siirtyä yhä enemmän lean-johtamiseen.

Tutkimuksessa ei tarkasteta kehityskohteiden soveltuvuutta muihin organisaation yksiköihin. Rajauksen ulkopuolelle jäävät varaosavaraston, lähettämön, metalliosien tuotannon ja toimistotilojen materiaalivirtojen tarkastelu. Tästä huolimatta työssä on pyritty huomioimaan rajauksen ulkopuolelle jääviä kohteita ja layout-muutoksien tuomia haasteita. Tarkoituksena on tuottaa hyödyllistä tutkimusta, jota voidaan hyödyntää tulevaisuudessa ja soveltaa erilaisiin kohteisiin. Taulukossa 2 on esitetty kohdeyrityksen tuotantolinjat ja rajauksen sisälle sisällytetyt tuotevalikoimat.

Kohdeyrityksen tuotevalikoima	
HLEO <ul style="list-style-type: none"> • OP3DPRO • PANXPLUS • GXDP700 • CRANEX3D • OP300 	DII <ul style="list-style-type: none"> • CR-READERS <ul style="list-style-type: none"> ○ OPTIME (DXR-50) ○ EXPRESS (ICR-1-05) ○ SCANEXAM (EXAM 5-1) • LIPS <ul style="list-style-type: none"> ○ OPTIME (DXR -60) ○ EXPRESS ORIGO (ICR6-1) ○ SCANEXAM ONE (EXAM6-1) ○ SCANEXAM PLUS MODULE
ELEO <ul style="list-style-type: none"> • OP2D 	INTRA <ul style="list-style-type: none"> • FOCUS
IDEFIX	OP200
	IOS

Taulukko 2 Kohdeyrityksen tuotevalikoima

Osa nykyisistä tuotantolinjoista lakkautetaan ja tehdään tilaa uusille tuotteille. Tuotantolinjojen muutokset aiheuttavat uuden layoutin suunnittelun, joka täytyy ottaa huomioon materiaalivirtojen kehittämisessä. Tulevaisuuden tilaus- ja volyyymiennusteita ei ole tarjolla, joten analyyseissä otetaan huomioon ainoastaan tämän hetkisiä tuotantolinjoja ja tilausmääriä.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tämä työ on toteutettu kohdeyritykselle yksittäisenä tapaustutkimuksena, jossa on hyödynnetty sekä kvalitatiivisia että kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Laadullisella tutkimuksella pyritään ymmärtämään kohdeyrityksen ominaisuuksia ja kokonaisvaltaista merkitystä. Laadullisen tutkimuksen tukena on käytetty kvantitatiivista tutkimusta, joka perustuu tilastojen ja numeroiden hyödyntämiseen kohdeyrityksen kuvaamisessa. Case-tutkimus on toteutettu tekemällä haastatteluita ja keräämällä tietoa kohdeyrityksessä olevista tietolähteistä. Tavoitteena on saada laaja kokonaiskuva yrityksen toiminnasta ja rajauksen sisälle kohdistuvista prosesseista.

Tutkimuksen teoriaosuus koostuu kirjallisuuskatsauksesta, jossa on hyödynnetty ajankohtaisia artikkeleita, tieteellisiä julkaisuja ja aihetta käsitteleviä kirjoja. Työssä perehdyttiin materiaalinohjaukseen sekä siihen liittyviin seuranta- ja mittausmenetelmiin. Kohdeyrityksessä on vahva Lean-organisaatiokulttuuri, ja tästä syystä siitä on tullut merkittävä asiakokonaisuus koko tutkimuksen kannalta. Materiaalivirtojen kehittämisessä täytyy huomioida myös mahdollisia layout-muutoksia, ja niiden käsittely on esitetty teoriaosuuden lopussa. Teoriaosuus antaa kattavan tieteellisen katsauksen empiiriselle osuudelle.

Nykytila-analyysissa ja kokonaiskuvan hahmottamisessa on käytetty laajasti haastatteluja, keskusteluja, havaintoja ja kelloituksia. Haastatteluihin osallistuivat osastoiden esimiehet ja erilaisissa työtehtävissä työskenteleviä operaattoreita. Tutkimus sisälsi paljon työntekijöiden kanssa keskustelemista ja työtehtävien seuranta. Keskustelut olivat epäformaalisia, ja niiden tarkoituksena oli tehokas tiedonkeruu. Suurin osa datasta on kuitenkin kerätty yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä, ja sen pohjalta on tehty analyysejä kohdeyrityksen nykytilasta.

1.4 Työn rakenne

Työn rakenne koostuu kolmesta keskeisestä osasta: tutkimuksen johdannosta, teoriaosuudesta ja empiirisestä tutkimuksesta. Ensimmäisessä kappaleessa käydään läpi tutkimuskysymykset ja työhön liittyvät rajaukset. Johdannon tarkoitus on esittää, millä menetelmillä tutkimusta on toteutettu ja johdattaa lukijaa aiheeseen.

Luvussa 2 käsitellään materiaalinhallinnan teoriaosuutta sekä erilaisia materiaalivirtojen kehittämiseen tarkoitettuja työkaluja ja metodologioita. Alaluvuissa on esitetty muun muassa tärkeimmät materiaalivirtojen seurantaan ja mittaamiseen käytetyt parametrit, varastohallinnan pääperiaatteet, abc-analyysi sekä erilaisia nimikkeiden luokitteluun tarkoitettuja lajitteluperusteita.

Luvun 3 teoriaosuus kattaa Lean-ajattelun periaatteita ja oppeja. Prosessien tehostamiseksi kohdeyritys on hyvin vahvasti orientoitunut hyödyntämään Lean-ajattelun tekniikoita.

Tämän luvun tarkoituksena on tuoda esille erilaisia menetelmiä, joita tullaan käyttämään empiirisessä osuudessa. Alaluvuissa käsitellään Just-in-Time konseptia eri näkökulmista, kuten layout, varasto ja aikataulutus. Lisäksi kappaleessa esitellään 5s-menetelmää, kohdeyrityksessä käytössä olevaa Kanban-järjestelmää ja arvovirtakuvausta (VSM).

Luvussa 4 käsitellään teoriaosuutta, joka koskee layout-ratkaisuja. Tavoitteena on tuoda esille useampia layout-vaihtoehtoja sekä kertoa tarkemmin niiden vahvuuksista ja heikkouksista. Layoutien vertailu helpottaa kehitysehdotuksien muodostamista ja ymmärtämistä. Alaluvuissa on esitetty tuote-, prosessi-, kiinteä-, solu- ja yhdistetyt layoutit.

Luku 5 kuuluu tutkimuksen empiiriseen osuuteen, joka käsittelee kohdeyrityksen nykytila-analyysia. Nykytila-analyysin tarkoituksena on tuoda esille prosesseissa ilmeneviä hukkatarkastuksia ja kuvata yrityksen toimintaa kokonaisuudessaan. Arvovirtakaavion avulla on mahdollista ymmärtää kohdeyrityksen materiaalivirtojen kulkua. Tämän jälkeen alaluvuissa on perehdytty tarkemmin eri yksiköihin, kuten tavaran vastaanottoon, vastaanottotarkastukseen, varastointiin ja tuotantoon.

Luvussa 6 käsitellään toista empiiristä osuutta, eli hukkatarkastusten tunnistamista, ja materiaalivirtojen kehittämistä. Alaluvussa on esitetty kolme keskeistä kehitysehdotusta: tavaran vastaanoton-, varaston ja tuotannon välisen materiaalivirran- sekä varaston layoutin kehittäminen. Tämän kappaleen tavoitteena on vastata tutkimuksessa asetettuihin tutkimuskysymyksiin ja antaa kohdeyritykselle realistisia kehitysehdotuksia. Luvussa 7 on koottu tutkimuksen tulokset ja johtopäätökset.

2 MATERIAALINHALLINTA

Tässä luvussa tarkastellaan materiaalinohjauksen tavoitteita, tärkeimpiä materiaalivirtojen seuranta- ja mittaustekijöitä, varastohallintamenetelmiä ja sisälogistisia materiaalitoimintoja. Tavoitteena on saada kattava käsitys materiaalivirtojen tärkeydestä ja niiden vaikutuksesta koko yrityksen toimintaan.

2.1 Materiaalinohjauksen tavoitteet

Materiaalinohjauksen tavoitteena on hallita yrityksen läpi kulkevia tuotteita ja materiaaleja. Materiaalinhallinta pitää sisällään useita erilaisia toimintoja, prosesseja, järjestelmiä ja resursseja. Yhteinen kommunikaatio eri toimintojen välillä mahdollistaa tehokkaan materiaalivirtauksen yrityksen sisällä ja sen ulkopuolella. Materiaalivirrat pyritään suunnittelemaan mahdollisimman lyhyiksi ja siten, että ne saapuvat määränpähän oikeaan aikaan, oikeaan paikkaan ja alhaisin kustannuksin. Tehokkaalla materiaalivirralla yritys pystyy vaikuttamaan tuotannossa esiintyviin materiaalipuutteisiin ja niiden minimoimiseen.

Materiaalivirtojen yleisimmät tarkastelukohteet ovat sisäiset ja ulkoiset materiaalivirrat. Sisäiset materiaalivirrat sisältävät kaikki materiaalisierrot, jotka liikkuvat fyysisesti yrityksen sisällä olevissa tiloissa. Sisäisten materiaalivirtojen tarkastelu voi koskea esimerkiksi vastaanoton ja lähettämön välistä materiaalivirtaa. Ulkoiset materiaalivirrat koskevat yrityksen ulkopuolella olevia materiaalivirtoja eli toisin sanoen eri toimitusketjun toimijoiden välillä tapahtuvia siirtoja.

Sisäiset materiaalivirrat tarvitsevat huomattavan määrän työtä ja henkilöstöä. Suuret käsittelytarpeet aiheuttavat merkittäviä kustannuksia, joita identifioidaan lean-periaatteiden mukaan arvoa tuottamattomana toimintona. Yrityksen kokonaistoiminnan kannalta materiaalit ja tuotteet siirtyvät aina toimitusketjun aikana. Tarkoituksena on siis ymmärtää, kuinka paljon on mahdollista lyhentää kyseisiä materiaalivirtoja ja miten niitä voisi kehittää.

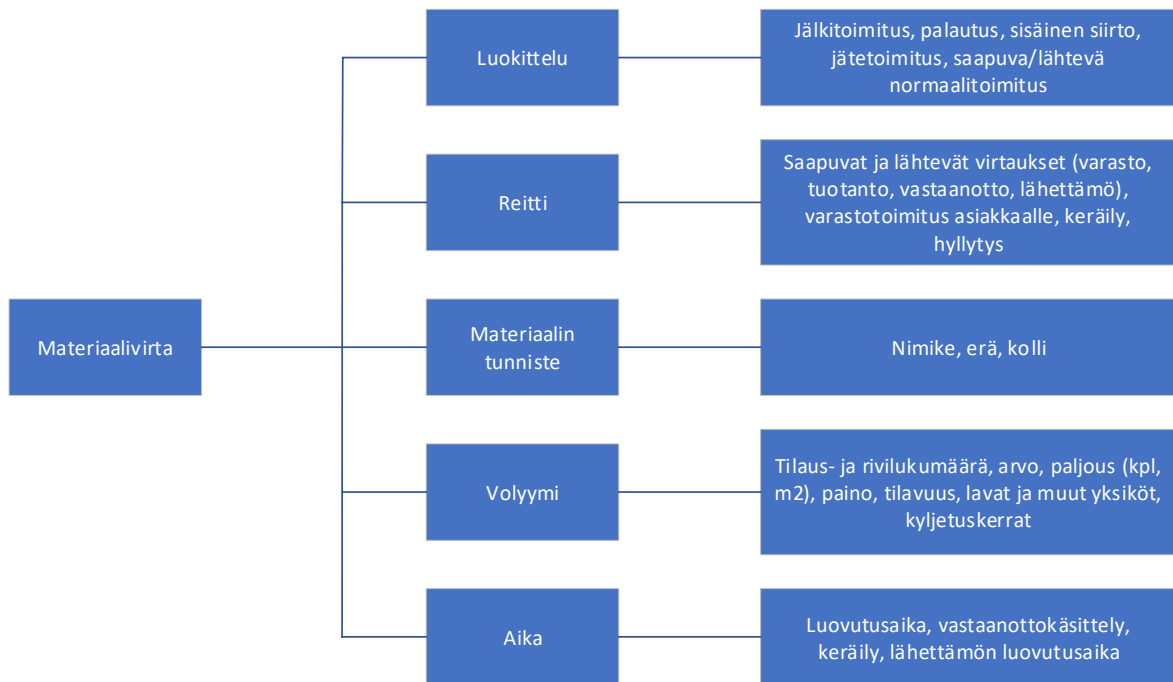
Materiaalivirran tehokkuuteen voivat vaikuttaa sekä sisäiset että ulkoiset sidosryhmät. Sisäisiin sidosryhmiin kuuluvat muun muassa työntekijät ja kaikki ne toiminnot, jotka vaikuttavat suoraan materiaalivirran kulkuun. Ulkoiset sidosryhmät ovat vastaavasti

epäsuoria toimintoja, joilla ei ole suoraa yhteyttä materiaalivirtoihin. Ulkoinen sidosryhmä voi olla esimerkiksi hankintayksikkö, jonka työnteko ei suoraviivaisesti vaikuta materiaalivirtojen päivittäiseen toimintaan. Hankintayksikkö tilaa toimittajilta materiaaleja tietyissä toimituserissä, ja mikäli eräkoko suurenee huomattavasti, sen vaikutus heijastuu materiaalien vastaanottoon, varastoon ja sitä kautta koko materiaalivirtaan.

2.2 Materiaalivirtojen seuranta ja mittaaminen

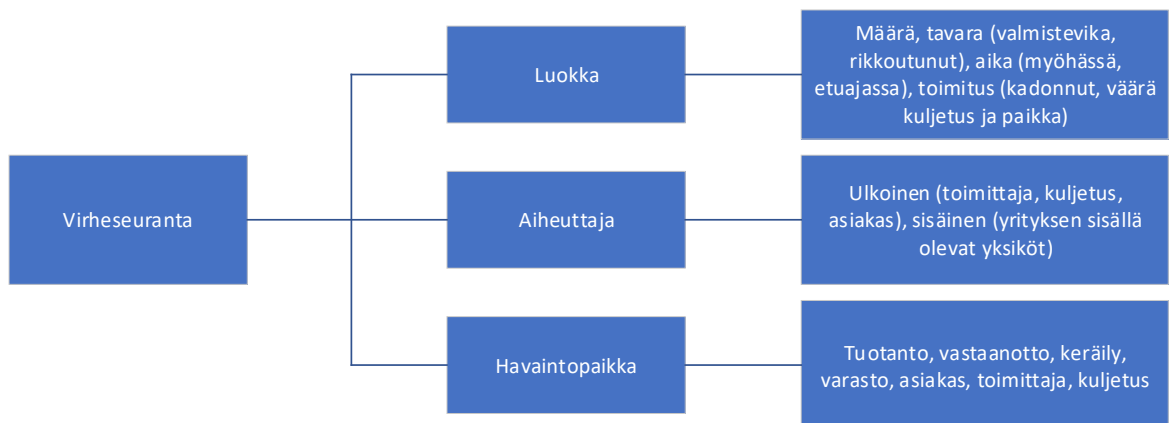
Materiaalinohjauksen luonnetta pystytään kuvaamaan parhaiten materiaalivirtojen mittareilla ja seurantatyökaluilla. Saman konsernin eri osastojen toiminnan ja mittaustapojen vertailu täytyy olla yhtenäinen ja luotettava. Tiedot täytyy kerätä samoilla menetelmillä, rajauksilla ja kaikki tarkastelukohteet on oltava analysoitu kattavasti. Materiaalivirtojen ja prosessien mittaaminen on keskeisessä roolissa tässä työssä, ja niitä on hyödynnetty pääsääntöisesti nykytila-analyysissa. Seuranta- ja mittausjärjestelmät tukevat sekä operatiivista että strategista ohjausta ja ne ovat tärkeä apu ylimmän johdon päätöksenteossa. Tehokkaalla suorituskyvyn mittaamisella pystytään seuraamaan toimintoja ja havaitsemaan prosesseissa ilmeneviä kehityskohteita. (Hyppönen et al. 2004)

Materiaalivirran seuranta on yksi tärkeimmistä varastoseurannan kohteista. Materiaalivirran seurantaan kuuluu normaali- ja paluuvirta, joihin sisältyvät muun muassa palautukset ja jätteet. Varastossa on tärkeä erotella varastopaikat selkeästi. Yleisimmät varastopaikat voidaan luokitella erilaisiin ryhmiin, kuten esimerkiksi lavatavarahyllyt, massa-alueet ja pientavarahyllyt. Materiaalivirran seurantaan liittyy myös prosessien ja toimintojen kellottaminen. Toimitusajan seuranta edellyttää kattavan määrällisen tutkimuksen ja toimintojen välitöntä tarkastelua. Kuvassa 1 on esitetty materiaalivirran seurantaan liittyviä ulottuvuuksia. (Hyppönen et al. 2004)



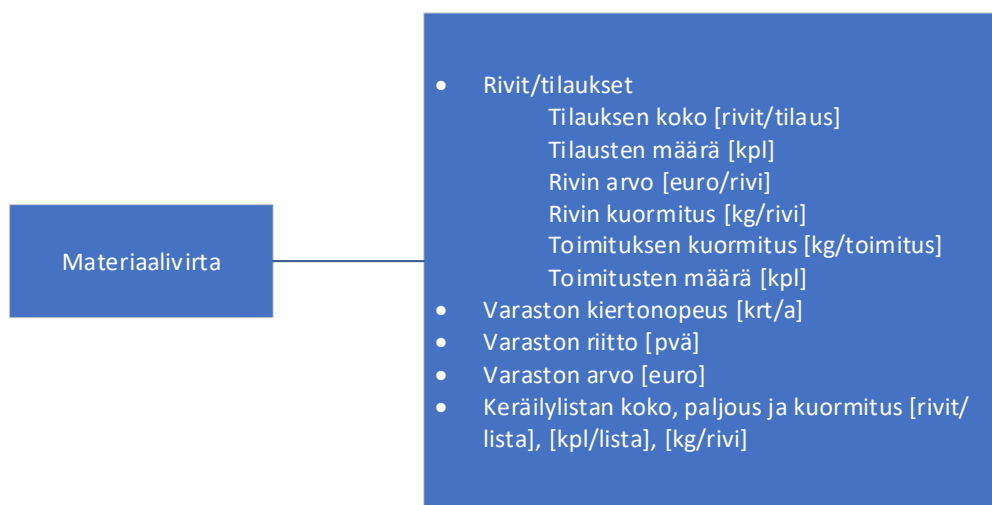
Kuva 1 Materiaalivirran seurannan ulottuvuudet (Hyppönen et al. 2004)

Materiaalivirran seurannassa täytyy ottaa huomioon myös siihen liittyvät virheseurannat. Virheseurannan tarkoituksena on havaita prosesseissa ilmeneviä hukkatekijöitä ja sitä kautta lisätä tehokkuutta. Virheseurannassa on tunnistettava virhelaji, virheen aiheuttaja ja virheen havaintopaikka. Kuvassa 2 on esitetty materiaalivirran virheseurannan tärkeimmät tekijät. (Hyppönen et al. 2004)



Kuva 2 Materiaalivirran virheseurannan ulottuvuudet (Hyppönen et al. 2004)

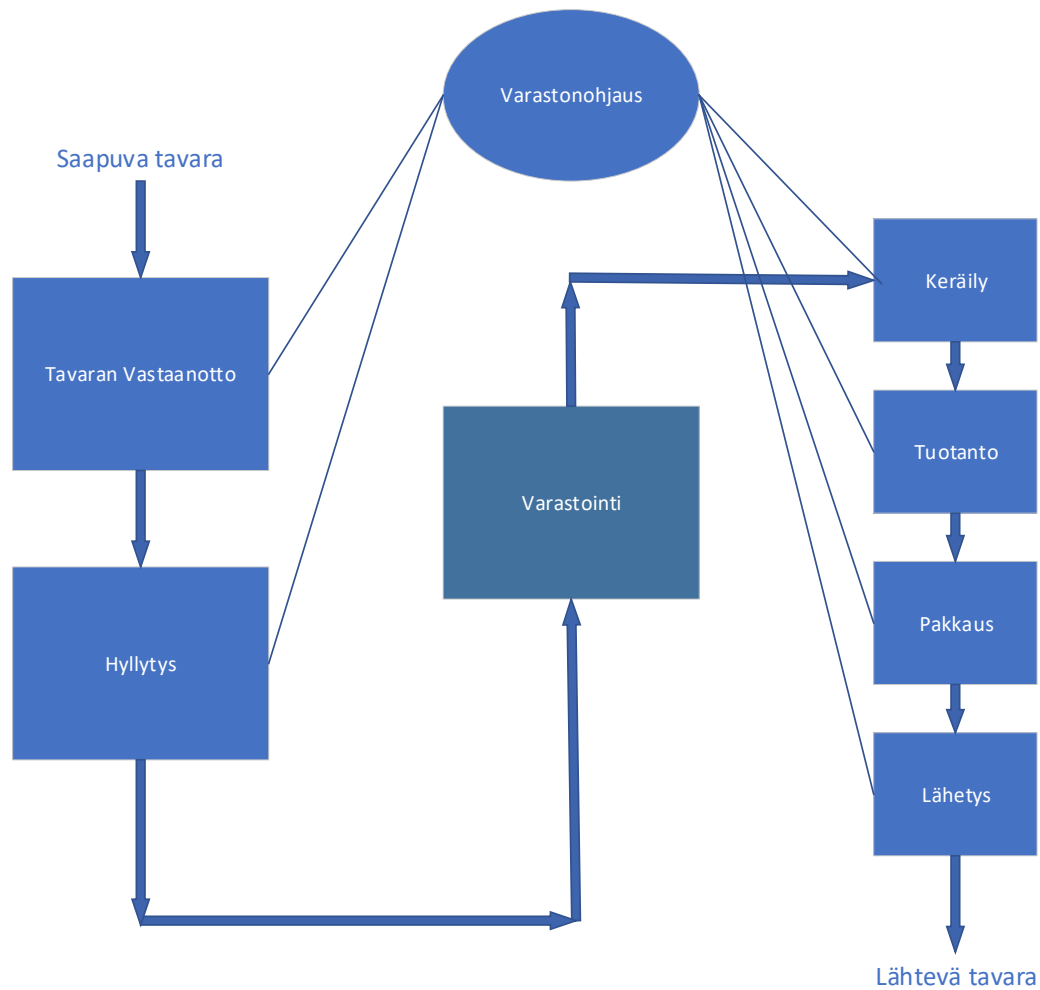
Materiaalivirran mittarit kuvaavat materiaaliprosessien toimintaa ja rakennetta eri tunnuslukujen avulla. Seuraamalla ja analysoimalla kyseisten parametrien muutosta pystytään ymmärtämään materiaalivirran käyttäytymistä ja identifioimaan prosesseissa ilmeneviä hukkatekijöitä. Materiaalivirran mittaamisessa täytyy kiinnittää huomiota tunnuslukujen vertailemiseen ja niiden todelliseen käyttäytymiseen. Nimikkeet voivat olla passiivisia tai aktiivisia ja niiden laskennallinen huomioon ottaminen riippuu materiaalivirran tarkastelukohteesta. Kuvassa 3 on esitetty materiaalivirran mittaussparametrit.



Kuva 3 Materiaalivirran mittausyksiköt (Hyppönen et al. 2004)

2.3 Varastohallinta

Varastohallinta on yksi tärkeimmistä materiaalivirran tehokkuuteen vaikuttavista osatekijöistä. Varastot sitovat merkittävästi pääomaa ja resursseja, joten niiden kokonaisvaltainen ohjaus vaikuttaa huomattavasti yrityksen toimintaan ja kannattavuuteen. Varastoissa voidaan säilyttää erilaisia materiaaleja, kuten esimerkiksi komponentteja, raaka-aineita, valmiita tuotteita ja puolivalmisteita. Raaka-aineet ja komponentit varastoidaan hyvin usein tuotantoprosessien läheisyyteen, jotta materiaalien käytettävyys on nopeasti saatavilla. Materiaalit liikkuvat aina varaston kautta määrään päin, ja kuvassa 4 on esitetty yleisimmät varaston läpi kulkevat materiaali- ja informaatiovirrat. (Faber, N. et al. 2013)



Kuva 4 Kokoontuotuksen yleisimmät materiaali- ja informaatiotvirrat

Varastoinnin suorituskykyä voidaan kehittää lyhentämällä operaattoreiden ja materiaalien päivittäisiä matkoja, kasvattamalla käsittelyerien eräkokoja ja kehittämällä layoutia. Kehittämistyössä on tärkeä kiinnittää huomiota koko varastotoimintaan ja siihen liittyvään mahdolliseen automaatioasteeseen. Keräilyllä ja varastopaikkojen sijainnilla on tärkeä merkitys toiminnan tehostamiselle. Sijoittamalla nopeasti kiertävien nimikkeiden sijaintia lähelle saapuvia ja lähteviä materiaalivirtojen solmukohtia voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä liikuttujen matkojen lyhentämisessä. Tärkeässä roolissa ovat myös materiaalinkäsittelytoimintojen yksinkertaistaminen ja standardityökalujen käyttöönotto päivittäisessä toiminnassa. Varastohallinnan kannalta on tärkeä mitata ja seurata koko varaston toiminnan laatua. Hyödyllisiä mittauskohteita ovat esimerkiksi varaston kiertonopeus, materiaalien puutetilanteet, myöhästyneet asiakastoimitukset ja tavoitevarastojen toteutumien. Kyseisillä seurantaparametreilla pystytään saamaan selville

muun muassa nimikkeiden sijainti, varastosaldovirheitä ja vanhentuneiden tuotteiden määriä. (Faber, N. et al. 2013)

Varastonohjauksessa on tärkeä luokitella nimikkeet ryhmiin ja analysoida niiden tärkeyttä koko tuotevalikoimaa silmällä pitäen. Nimikkeet voidaan ohjata eri menetelmillä riippuen niiden tärkeydestä ja lopputarkoituksesta. Tehokkaan varastonhallinnan kannalta täytyy suunnitella tarkasti, kuinka suurilla tilauserillä tilataan materiaaleja ja milloin ne saapuvat yrityksen sisätiloihin. Materiaalien varastoinnilla on suora vaikutus lopputuotteen toimitusaikaan ja asiakastyytyväisyyteen. Varastointi on kokonaisuudessaan välttämätön toiminto kokoonpanoyritykselle ja koko toimitusketjun toimivuudelle. Tästä huolimatta varastointi ei kuitenkaan tuo lisäarvoa koko liiketoiminnan kannattavuudelle ja lean-periaatteiden mukaan se luokitellaan toimintaa heikentävänä tekijänä. (Faber, N. et al. 2013)

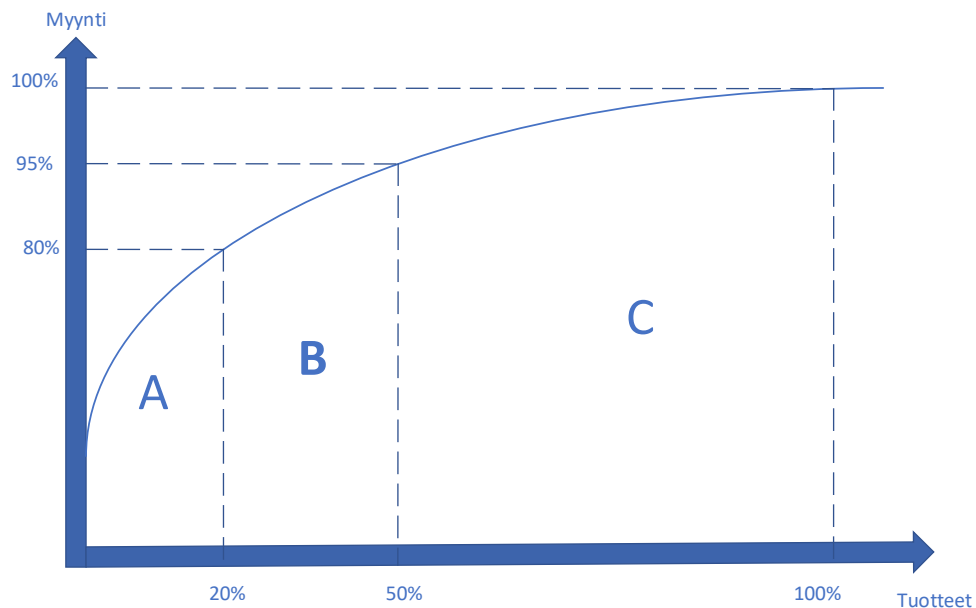
2.4 ABC-analyysi

Varastonohjauksessa on kiinnitettävä huomiota kokonaisvarastoarvoon, yksittäisiin varastonimikkeisiin ja niiden ryhmittelyyn. Mikäli varastossa on paljon nimikkeitä ja niihin kohdistuvat parametrit poikkeavat hyvin paljon toisistaan, ei kaikkia nimikkeitä kannata ohjata samalla menetelmällä. Nimikkeet voidaan luokitella erilaisien parametrien mukaan, joko ABC- tai XYZ-kategorioihin. Yleisimmät luokittelukriteerit ovat vuotuinen myynti ja kysynnän frekvenssi. ABC-luokittelua on mahdollista jatkaa D- ja E-kategorioihin, jolloin saadaan laajempi tuotevalikoiman erittely. Nimikkeiden luokittelun tarkoituksena on saada kattava kokonaiskuva varastossa olevista nimikkeistä ja niiden vaikutuksesta toiminnan kustannustehokkuuteen. ABC-analyysin avulla on mahdollista alentaa varastoon sitoutunutta pääomaa ja parantaa nimikkeiden saatavuutta. ABC-analyysin kehittäjä Vilfred Pareton mukaan A-luokan nimikkeet muodostavat 80 % myyntivolyymista ja kattavat 20 % koko nimikevalikoimasta. (Kubasakova, I. et al. 2015) 80/20-sääntö on kuitenkin harvoin käytössä ja suosituin luokitteluperuste on seuraava:

- A-ryhmä: 50 % myynnistä
- B-ryhmä: 30 % myynnistä
- C-ryhmä: 18 % myynnistä

- D-ryhmä: 2 % myynnistä

Kuvassa 5 on havainnollistettu tilannetta, jossa A-ryhmään on sisällytetty 80 % myynnistä, B-ryhmään 15 % ja C-ryhmään 5 %.



Kuva 5 ABC-analyysi

2.5 Nimikkeiden luokittelu

ABC-analyysissä nimikkeiden luokitteluperiaatteet perustuvat yleensä yhteen ainoaan kriteeriin. Yhden muuttujan tarkastelu on joskus riittämätön, ja nimikkeiden tarkastelu tarvitsee tarkempia analyysejä. Useampien parametrien käyttö voi tuoda johdolle tarkempaa tietoa nimikkeiden luonteesta ja tärkeydestä. Vaihtoehtoisia parametreja voivat olla esimerkiksi toimitusvarmuus ja nimikkeiden vanhentuminen. Toinen vaihtoehtoinen tapa ABC-analyysille on XYZ-analyysi. XYZ-analyysissä nimikkeet määritellään tapahtumamäärien mukaan ja sen käyttö on erityisesti suositeltavaa, jos halutaan kehittää nykyisiä tavarankäsittelymenetelmiä. ABC- ja XYZ-analyysijä on mahdollista käyttää myös rinnakkain, jolloin saadaan 3x3 kokoinen matriisi.

Nimikkeiden luokittelulla on selkeä korrelaatio keräilyyn ja materiaalivirtojen tehokkuuteen. Tuotteiden koolla on suora vaikutus keräilyaikaan ja kuljetuksien

sujuvuuteen. Suuret pakkaukset vievät huomattavasti enemmän käsittelyaikaa verrattuna pieniin yksiköihin. Kehittämällä varastopaikkojen sijaintia pystytään vaikuttamaan toiminnan tehokkuuteen ja pienentämään käsittelykustannuksia. Nimikkeiden varastopaikkojen sijainti voi riippua muun muassa:

- Käyttövolyymista
- Koosta
- Painosta
- Toimittajasta
- Tuotantolinjoista
- Tuotetunnuksesta

Käyttövolyymi sitoutuu vahvasti lopputuotteiden kysyntäkäyttäytymiseen ja niiden ennustettavuuteen. Mikäli nimikkeiden kysyntävolyymit ovat tasaisia, on niiden ohjaaminen helppoa. Epätasaisen kysynnän kohdalla ja korkeahintaisten nimikkeiden varastoinnissa täytyy varautua poikkeaviin tilanteisiin, kuten varmuusvarastojen nostamiseen. Tuotteiden varastopaikkojen määrittämisessä täytyy kiinnittää huomiota myös varastointimuotoon ja nimikkeiden tilankäyttötarpeeseen. (Huiskonen, J. 2001)

2.6 Materiaalitoiminnot

Tässä luvussa käsitellään sisälogististen materiaalitoimintojen luonnetta ja niiden merkitystä materiaalivirtojen tehokkuuteen. Materiaalitoimintoihin kuuluvat kaikki toimenpiteet, joiden avulla materiaalit liikkuvat yrityksen sisällä. Tarkastelukohteeksi on valittu sisäiset materiaalinkäsittely- ja keräilytoimenpiteet.

2.6.1 Materiaalinkäsittely

Materiaalinkäsittely sisältää kaikki toiminnot, jotka vaikuttavat materiaalien fyysiseen tilanmuutokseen. Kuljetus on yksi keskeisimmistä materiaalinkäsittelytoiminnoista, ja sen tarkoituksena on säilyttää siirtovaiheessa olevat materiaalit koskemattomina. Yleisimmät kuljetusvälineet ovat muun muassa nostolaitteet, materiaalien käsittelyvälineet, työkoneet ja kuljettimet. Kuljettimet ovat käytössä useimmiten sisäisten osastojen välisissä kuljetuksissa.

Kokoonpanoyrityksessä kuljettimien tiheimmät kuljetusvälit ovat yleensä varaston ja tuotannon väliset kuljetukset. Työkoneet käsittelevät keskimäärin suurempia yksiköitä verrattuna kuljettimiin ja niiden toiminta voi pohjautua sähköisiin, manuaalisiin tai polttoainekäyttöisiin järjestelmiin. Trukit ja lavansiirtovaunut vastaavasti käsittelevät painavampia ja kooltaan suurempia yksiköitä.

Viimeisien vuosien aikana kokoonpanoyritykset ovat joutuneet vastaamaan yhä enemmän markkinoiden ja asiakkaiden kysyntävaihteluihin. Kysyntävaihtelut vaativat tuotantosuunnittelun joustavuutta ja eri osastojen valmiutta vastamaan markkinoiden epävarmuutta. Materiaalinkäsittely toimii keskeisessä roolissa joustavan tuotannon ylläpitämisessä. Operaattoreiden rooli materiaalinkäsittelytehtävissä lisää toiminnan joustavuutta, sillä ihmiset osaavat toimia hyvin muuttuvissa tilanteissa, improvisoida, välttää pullonkauloja ja arvioida kriittisesti epäsäännöllisiä prosesseja. Operaattorit suorittavat sekä kognitiivisia tehtäviä, kuten valvontaa, suunnittelua ja päätöksentekoa, että myös fyysisiä tehtäviä, kuten materiaalien lastausta, purkamista ja siirtelyä. Kognitiiviset tehtävät luokitellaan yleensä taitopohjaisiin, sääntöihin ja tietoon perustuviin tehtäviin. Materiaalinkäsittelyn tehtävien suunnittelussa täytyy ottaa huomioon operaattoreiden rajoitukset tietojenkäsittelyssä. Virheiden minimoimiseksi ja suorituskyvyn parantamiseksi on tärkeää, että materiaalinkäsittelysystemeissä on rakennettu tehokas ja toimiva informaatiovirta. (Pilsung, C. Jeffrey, T. Songzhen. 2015)

Kokoonpanoyritysten automaatioaste on jatkuvassa kasvussa ja se nähdään tehokkaana kilpailutekijänä materiaalinkäsittelyn hallinnassa. Automatisointi ei tule kuitenkaan korvaamaan operaattoreiden fyysistä työtä täysin, sillä työkoneet tarvitsevat ihmisen läsnäoloa. Kognitiivisen automatisoinnin lisääminen operatiivisissa toiminnoissa on hyvin yleinen toimenpide nykyisissä kehittämishankkeissa. Kognitiivinen automaatio lisää teknistä tukea, tarjoaa tietoa kokoonpano-osista ja parantaa materiaalivirtojen tehokkuutta. (Pilsung, C. Jeffrey, T. Songzhen. 2015)

2.6.2 Keräily

Keräily on yksi tärkeimmistä varastotoiminnoista ja henkilöstökustannuksiltaan yksi suurimmista menoeristä. Keräilyn tarkoituksena on kerätä tuotteita tai raaka-aineita varastohyllyiltä ja toimittaa ne suoraan joko tuotantoon tai asiakkaalle. Keräilytoiminnan

mittaaminen on erittäin tärkeä työkalu suorituskyvyn mittaamiselle ja johdon päätöksenteolle. Tehokkaan toiminnan ylläpitämiseksi täytyy minimoida keräilyvirheitä, ylläpitää nopeatahtista työskentelyä ja noudattaa ennalta määritettyjä toimitusaikoja. Suunnittelemalla keräilytoimintaa pystytään vaikuttamaan tuotteiden ja lavojen etsimiseen sekä kuljetukseen kuluvaan aikaan. (Frick, J. & Laugen, B. 2012)

Nykyisessä keräilytoiminnassa on hyvin yleistä, että hyödynnetään IT-pohjaisia käyttöjärjestelmiä. Tietotekniikan avulla pystytään vaikuttamaan keräilyreittiin, tahtiin ja analysoimaan reaaliaikaisesti siihen liittyvää dataa. Tuotteisiin on yleensä kiinnitetty viivakoodi, joka on yhdistetty RFID-tekniikkaan (engl. radio frequency identification). RFID-portin avulla pystytään lukemaan pakkauksissa olevien tuotteiden viivakoodit yhdellä kerralla. Suurissa materiaalivirtauksen solmukohtissa RFID-tekniikka on erittäin tehokas, sillä se vähentää osastojen välisiä saldovirheitä. Tuotedataa on mahdollista lukea myös mobiilipäätteillä, jolloin keräilijä lukee viivakoodin manuaalisesti ja siirtää sen kuljetusyksikköön. Puheohjattu keräily on toinen vaihtoehtoinen keräilymenetelmä. Keräilijälle ilmoitetaan kuulokemikrofonilaitteen kautta keräiltävien tuotteiden sijainti ja kappalemäärä. Kyseinen puheohjausmenetelmä soveltuu parhaiten sellaisiin ympäristöihin, joissa tuotteet ovat varastoitu laajalle alueelle. Uudempi versio puheohjausjärjestelmään on valo-ohjattu keräily. Valo-ohjatussa keräilyssä jokaiseen varastopaikkaan on lisätty digitaalinen näyttö ja valoindikaattori. Digitaalinen näyttö kertoo keräilijälle, kuinka monta kappaletta hänen täytyy kerätä, ja syttynyt valo ilmoittaa tuotteen keräilytarpeen. Keräilyä voidaan automatisoida asteittain riippuen yrityksen tarpeesta ja toiminnasta. Keräilyä voidaan kehittää automatisoinnin ja it-pohjaisten käyttöjärjestelmien lisäksi ottamalla huomioon seuraavat näkökulmat:

- keräilyssä käsiteltävien eräkokojen suunnittelu
- varastoalueiden jakaminen eri ryhmiin
- keräilytoimenpiteiden optimointi
- varastopaikkojen suunnittelu

(Frick, J. & Laugen, B. 2012)

3 LEAN-AJATTELU

Tässä luvussa käsitellään Lean-periaatteiden kulmakivet ja niihin liittyvät työkalut. Tavoitteena on ymmärtää, mitkä tekijät vaikuttavat prosessien hukkatekijöihin ja mitkä ovat niiden vaikutukset materiaalivirtoihin. Tärkeimmät Lean-periaatteiden työkalut ovat Just-in-Time-ajatusmalli, 5S-menetelmä, Kanban-ajoitusjärjestelmä ja prosessin arvovirtakuvaus eli VSM (engl. Value Stream Mapping).

3.1 Lean-periaatteet

Lean-johtamisfilosofia sai alkunsa Japanissa 1980-luvulla. Autovalmistaja Toyota kehitti uuden tuotantojärjestelmän, jonka tarkoituksena oli optimoida toiminnan tuottavuutta ja minimoida kustannuksia. Japanilaisen autonvalmistajan sisäisten resurssien niukkuus laukaisi uuden tuotannonjärjestelmän kehittämistoimenpiteet. Tämän järjestelmän keskipisteenä ovat prosessien hukkatekijöiden minimoiminen ja toimintojen tehostaminen. Lean-järjestelmä on vuosien varrella muuttunut, mutta pääperiaate on pysynyt samana. Järjestelmä keskittyy poistamaan tehottomia toimintoja ja sitä kautta parantamaan asiakastyytyväisyyttä, laatua, tuotannon läpimenoaikoja ja pienentämään kustannuksia. Hukka on yksi keskeisimmistä käsitteistä Lean-ajattelussa ja siihen sisältyy kaikki ne tekijät, jotka eivät tuo lisäarvoa prosessille. Lean-periaatteiden implementoinnissa täytyy muuttaa radikaalisti omaa organisaatorakennetta ja kulttuuria. (Senjay, B. 2015)

Lean-järjestelmä huomioi kahdeksan erilaista hukkaa:

- Kuljetukset
Ylimääräiset informaatio- ja materiaalsiirrot aiheuttavat ajanhukkaa, resurssikapasiteetin pienenemistä ja ylimääräisiä kustannuksia. Tarpeettomat kuljetukset ovat yleensä yhdistetty tuotteiden vaurioihin ja menetyksiin. Paperi- ja IT-järjestelmien tarpeettomat siirrot voivat aiheuttaa muun muassa resurssien vähenemistä.
- Varastot

Varastot sisältävät joko valmistukseen tarvittavia osia tai valmiiksi prosessoituja tuotteita. Mikäli tuotannon aikana varastoidaan tarpeettomia tuotteita, niiden arvo vähenee ja varaston pinta-ala ylikuormittuu.

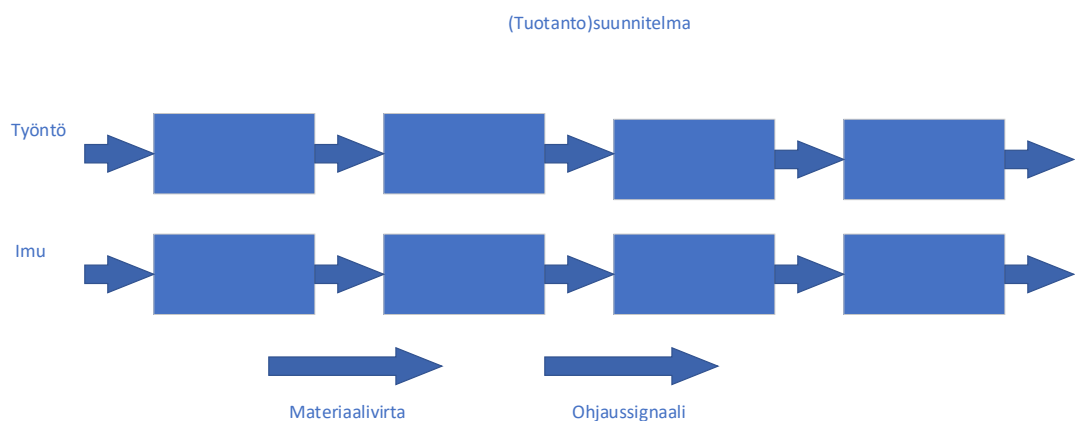
- **Liike**
Ylimääräinen tai tarpeeton liike aiheuttaa työntekijöille ajan menetystä ja vaivaa. Tarpeettomat liikkeet voivat johtua huonoista vakiomenettelyistä, käytännöistä, prosessisuunnitteluista tai layoutista.
- **Odotusaika**
Jokainen tuotantoprosessi on riippuvainen joko ylä- tai alavirtaan siirtyvästä osaprosessista. Odotusaika riippuu työntekijästä, laitteiden toimivuudesta sekä informaatio- ja materiaalivirtojen sujuvuudesta.
- **Ylituotanto**
Ylituotantoa tapahtuu silloin, kun yritys tuottaa enemmän kuin on kysyntää asiakaskunnassa. Tämä voi johtua siitä, että yritys tuottaa tuotteita, joille ei ole tilauksia, tai se tuottaa enemmän kuin todellisuudessa on kysyntää. Ylituotanto vaikuttaa ketjussa yrityksen muihin toimintoihin, kuten esimerkiksi varastokustannuksiin, prosessiketjuihin, odotusaikoihin ja viallisten tuotteiden määriin.
- **Yliprosessointi**
Yliprosessoinnissa tapahtuu tarpeettomia vaiheita ja tuotetaan korkealaatuisempia tuotteita kuin mitä todellisuudessa vaaditaan. Tämä voi johtua laitteiden toimintahäiriöistä, uudelleen käsittelyvirheistä, tehottomista prosesseista ja huonosta kommunikaatiosta.
- **Viat**
Vialliset tuotteet aiheuttavat tuotteen romuttamisen tai jälleenkäsittelyn. Viat johtuvat pääosin huonoista valmistusprosesseista, jotka voivat olla peräisin joko inhimillisistä virheistä tai laitteiden rikkoutumisesta. Vikojen korjaaminen vie aikaa, aiheuttaa resurssien tarpeetonta käyttöä, alentaa organisaation suorituskykyä ja lisää ylimääräisiä kustannuksia lopputuotteeseen.
- **Henkilöstön kykyjen vajaa hyödyntäminen**
Mikäli henkilöstön taitoja ja kykyjä ei huomioida, organisaatio ei voi täysin hyödyntää työntekijöiden työaika, taitoja ja ideoita. Henkilöstö on tehokas

informaation lähde, jonka avulla yritys pystyy avartamaan omia näkemyksiään ja vastaanottamaan arvokkaita parannusehdotuksia.

(Senjay, B. 2015)

3.2 Just-in-time

Just-in-time (JIT) -filosofia otettiin käyttöön 1950-luvulla. (Roger, Z. & Yasmín, A. 2012.) Just-in-time -filosofia yhdistää useita toimintaperiaatteita, kuten JIT-varaston, JIT-layoutin ja JIT-aikataulutuksen. JIT-filosofian tavoitteena on saavuttaa suuria tuotantomääriä käyttämällä pieniä varastokokoja. Tuotteet ja komponentit saapuvat seuraavalle työpisteelle juuri oikean aikaan, eivätkä materiaalisierrot käynnisty ennen kuin niille on todettu oikea tarve. Tarve perustuu tuotteen todelliseen kysyntään. Tarkoituksena on, että materiaalivirrat siirtyvät prosessin aikana nopeasti ja ilman viivästyksiä. Myyntihetkellä yritykselle syntyy impulssi, jonka pohjalta otetaan yksi valmis tuote tuotantolinjan loppuosasta. Näin ollen uusi impulssi siirtyy tuotantolinjan alkupäähän, jossa valmistetaan uusi tuote vanhan tilalle. Kyseistä menetelmää kutsutaan imuohjaukseksi (Kuva 6). Imuohjausmenetelmä poikkeaa työntöohjauksesta siten, että työntöohjaus keskittyy ennalta laadittuun suunnitelmaan, joka ”työntää” tilaukset tuotannon läpi. Imuohjaus vastaavasti ”imee” materiaaleja tarpeen mukaan edeltävältä vaiheelta. Mahdollistaakseen toimivan JIT-tuotannon, yrityksen täytyy ylläpitää korkeaa laatuja järjestelmää jokaisessa prosessivaiheessa, hyviä toimittajasuhteita ja melko ennakoitavissa olevia kysyntäennusteita. (Richard, B. et al. 1998)



Kuva 6 Imu- ja työntöohjaus (Logistiikan maailma. 2018)

JIT-ajattelussa on tärkeää, että ostaja ja toimittaja tekevät tiivistä yhteistyötä ja jakavat tietoa kustannuksien minimoimiseksi. Tavoitteena on, että pystytään vähentämään ylimääräisiä

työvaiheita vastaanotossa, laadun tarkistuksissa ja paperitöissä. Kommunikaatiolla pystytään vaikuttamaan myös varastokustannuksiin. Toimittamalla materiaaleja pienemmissä erissä varastot pienentyvät huomattavasti. Tarkoituksena on motivoida toimittaja sijoittamaan omia toimipisteitään lähelle tuotantolaitoksia, jotta materiaalivirtojen pituus pysyy lyhyenä ja toimitukset ovat tiheämpiä. Yhteistyöllä ja pitkäkestoisilla sopimuksilla on mahdollista saavuttaa korkeampaa laatua ja luotettavuutta. Tämä vaatii yritykseltä ja toimittajalta täyttä sitoutumista ja kunnioitusta.

JIT-ajattelun implementointi voi aiheuttaa toimittajalle haasteita ja ongelmia. Toimittajat eivät yleensä halua sitoutua pitkäaikaisiin sopimuksiin korkeiden riskien takia. Mitä enemmän toimittajalla on asiakkaita, sitä vähemmän on riskejä. Hyvin usein toimittajilla ei ole luottamusta ostajaan eikä hänen kykyihinsä tilata materiaaleja tasaiseen ja koordinoituun tahtiin. Spesifikaatio- ja laatu muutokset aiheuttavat ristiriitaisuutta JIT-järjestelmässä, sillä ne aiheuttavat muutoksia läpimenoaikoihin ja tällöin toimittajat eivät ehdi tekemään vaadittuja muutoksia. (Haizer, J. & Render, B. 2011)

3.2.1 JIT-layout

JIT-layout pyrkii minimoimaan materiaali- ja informaatio siirtoja, jotka eivät tuo lisäarvoa. Yritykset haluavat joustavia asemapiirustuksia, jotka vähentävät ihmisten ja materiaalien virtausta. JIT-filosofia asettaa toisin sanoen materiaalit suoraan tarvittavaan paikkaan. Tuotantolinjat tulee rakentaa siten, että toimituspisteet ovat sijoitettu tuotantolinjojen viereen. Tavoitteena on, että prosessin aikana ei syntyisi ylimääräisiä siirtoja ja välivarastoja. Asemapiirustuksen optimoimisen myötä, välimatkat vähenevät, vapautuu ylimääräistä tilaa ja työvaiheet vähenevät. (Haizer, J. & Render, B. 2011)

Etäisyyksien vähentäminen vaikuttaa työsoluihin, työpisteisiin ja tuotantoon. JIT-layout pyrkii vähentämään pitkiä tuotantolinjoja, suuria taloudellisia eriä ja yksitoimisia koneita. JIT-ajattelussa työsolut ovat yleensä U:n muotoisia ja ne ovat sijoitettu ryhmäteknologioihin. Ryhmäteknologiat auttavat tunnistamaan samanlaisilla ominaisuuksilla varustetut komponentit. Samat ryhmäteknologiat yhdistetään ryhmiin ja niiden ympärille rakennetaan työsoluja. (Haizer, J. & Render, B. 2011)

Työsolut ovat rakennettu siten, että niitä on helppo muokata ja sopeuttaa muuttuviin volyymeihin, tuotekehityksiin ja uusiin tuotesuunnitteluihin. Muuttuvat työtilat voidaan implementoida myös toimistotiloissa. Toimistotiloissa voidaan muuttaa esimerkiksi huonekalujen, seinien ja tietokoneyhteyksien sijaintia. Lean-periaate keskittyy jatkuvaan parantamiseen, joten laitteet ja tilat on oltava modulaarisia. (Haizer, J. & Render, B. 2011)

JIT-ajattelu mahdollistaa, että työntekijät voivat työskennellä joustavammin ja tehokkaammin omissa työsoluissaan. Yhdessä työskenteleminen auttaa työntekijöitä havaitsemaan työssä ilmeneviä ongelmia sekä työn parantamiseksi olevia mahdollisuuksia. Joustavasti rakennetut työsolut mahdollistavat välitöntä palautetta ja siten vähentävät tuotevikoja. Työntekijät valmistavat tuotteita tuote kerrallaan ja testaavat niiden toimivuutta jokaisen vaiheen lopussa. Kyseisellä menetelmällä pystytään etukäteen havaitsemaan ja korjaamaan tuotteissa ilmeneviä vikoja. Ennen JIT-ajattelun syntyä vialliset tuotteet korvattiin uusilla. Uudella optimoidulla asemapiirustuksella pystytään minimoimaan varastokustannuksia, sillä materiaalivirtojen matkat ja varastokoot pienenevät. (Haizer, J. & Render, B. 2011)

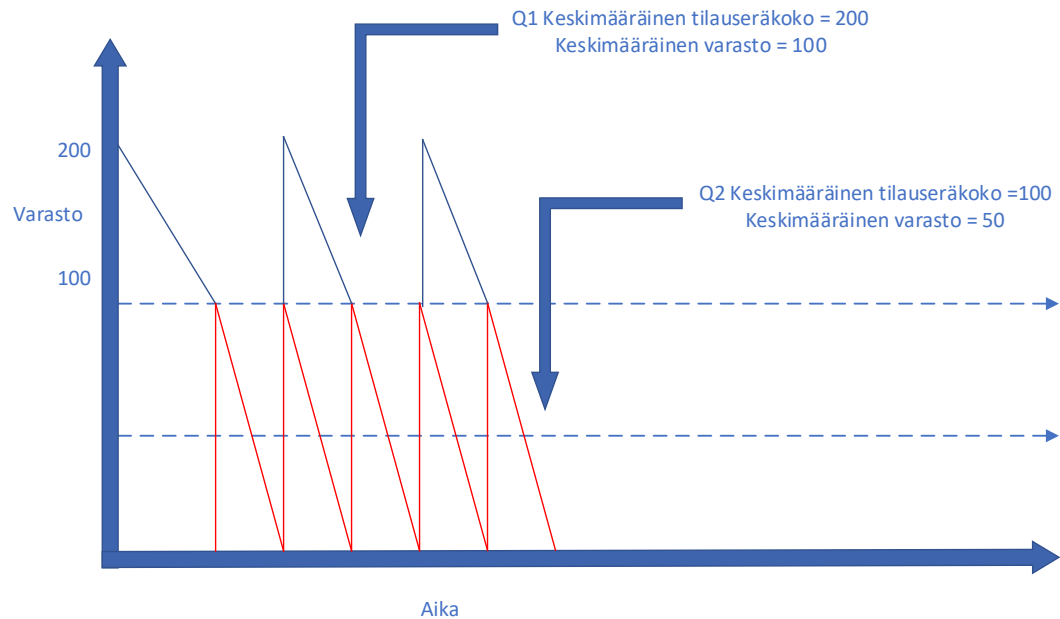
3.2.2 JIT-varasto

Tuotannossa ja jakelussa olevat varastot ovat yleensä suunniteltu välivarastoiksi. Hyvin usein välivarastoiden tarkoitus on olla varasuunnitelma tuotannon toimintahäiriöille. Tehokas varastotoiminta vaati just-in-time -ajattelua, jolloin tavarat saapuvat oikeaan aikaan oikeaan paikkaan. Just-in-time -varasto on vähimmäisvarasto, joka tarvitaan täydellisen virtauksen säilyttämiseen. (Haizer, J. & Render, B. 2011)

Tavoitteena on poistaa tuotantolinjoista kaikki vaihtelevuustekijät ja muuttujat. Yleisimmät haasteet ovat romujen hävittäminen, myöhäiset toimitukset, laatuongelmat ja seisokit prosessin aikana. Minimoimalla kaikki ongelmat pystytään pienentämään varastoarvoja, koska päivittäisessä toiminnassa ei tarvitse enää ylläpitää suuria volyymejä ongelmien ratkomiseksi.

JIT-ajattelussa pyritään valmistamaan tuotteita pienillä tuotantoerillä. Pienet tuotantoerät auttavat pienentämään varastokustannuksia ja vapauttamaan lisää tilaa. Kun varaston käyttö

on jatkuvaa ja vakiota, on keskimääräinen varastotaso maksimin ja minimin varastotason summa jaettuna kahdella. (Haizer, J. & Render, B. 2011) Kuvasta 7 on mahdollista havaita, että vähentämällä tilauseräkokoja tilauksien määrät kasvavat, mutta varastoarvot vähenevät.



Kuva 7 Tilauseräkoon optimointi (mukaillen Haizer, J. & Render, B. 2011)

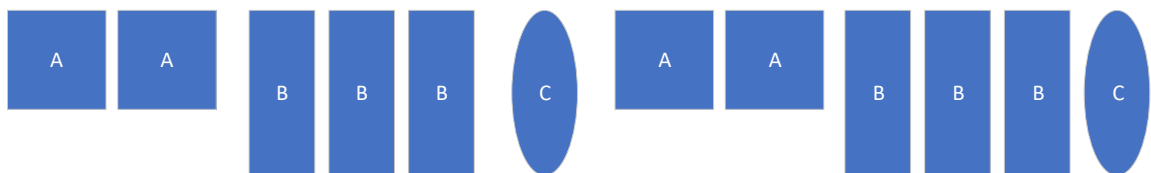
Ihanteellisessa JIT-tuotannossa tilauseräkoot ovat yksittäisiä yksiköitä, joita ohjataan aikaisemmasta prosessista seuraavaan. Todellisuudessa eräkoot riippuvat myös muista tekijöistä, kuten esimerkiksi kuljetusajasta, prosessianalyseistä ja kuljetuksien aikana käytettyjen laatikoiden määristä. Pienissä tilauseräkoissa täytyy kiinnittää huomiota materiaalinkäsittelyyn ja materiaaliveirtoihin.

3.2.3 JIT-aikataulutus

Tehokas aikataulutus sekä sisäinen ja ulkoinen kommunikaatio ovat tärkeitä osia JIT-ajattelua. Aikataulun suunnittelu parantaa yrityksen kykyä vastata asiakkaiden tilauksiin, alentaa varastokustannuksia ja vähentää työn alla olevia työvaiheita. Hyvä esimerkki on Ford Motor Companyn ulkoinen kommunikaatio toimittajien kanssa: Ford kommunikoi omia valmistussuunnitelmia toimitusketjun eri toimijoille, minkä seurauksena toimittajien toimitusaika ja tilauserät pienenevät. (Stevenson, J. 2009)

JIT-tuotannon suunnittelussa käytetään pieniä tuotantoeräiä, jolloin valmistukseen käytetty aikataulun suunnittelu on hyvin vaihteleva. Pienet tuotantoerät voivat aiheuttaa taloudellisia ja tuotannon suunnitteluun liittyviä ongelmia, mutta samanaikaisesti ne ovat joustavia ja helposti muutettavia. Pienissä tuotantoerissä valmistetaan suuri valikoima tuotteita ja koneiden asennuskustannukset ovat korkeat. Tämän tarkoittaa sitä, että koneiden asennuksia joudutaan vaihtamaan tiheään tahtiin, mikä nostaa tuotannon kustannuksia. JIT-tuotanto on hyvin juostava ja pystyy vastaamaan tilauserien suuriin vaihteluihin. Kuvassa 8 on esitetty pienten ja suurten tuotantoerien rinnakkaisvertailu. (Stevenson, J. 2009)

Materiaalien käyttö JIT-periaatteiden mukaisesti



Suuret eräkoot



Aika

Kuva 8 Pienten ja suurten tuotantoerien rinnakkaisvertailu (mukaillen Stevenson, J. 2009)

Koneiden asennuskustannusten pienentämiseksi on kehitetty SMED-systeemi (engl. single-minute exchange of die). Tämä pyrkii hyödyntämään koneiden asennustoimenpiteissä käytettyä aikaa. Tarkoituksena on luokitella prosessissa ilmenevät sisäiset ja ulkoiset tekijät, ja sitä kautta analysoida, miten työvaiheita voisi optimoida. Sisäiset tekijät ovat kaikki ne toiminnot, jotka voidaan tehdä silloin, kun kone on pysäytetty. Ulkoiset tekijät ovat vastaavasti ne toiminnot, jotka eivät vaadi koneen pysäyttämistä. Tavoitteena on vaihtaa mahdollisimman paljon sisäisiä tekijöitä ulkoisiin. Vuonna 1982 Toyota käytti SMED-

menetelmää ja pystyi vähentämään koneiden asennusaikaa 100 minuutista 3 minuuttiin. (Stevenson, J. 2009)

3.3 5s

Lean-menetelmää voidaan soveltaa erilaisissa toiminta-alueissa, kuten kehityksessä, hankinnassa, valmistuksessa ja jakelussa. Lean-menetelmän mukaisessa valmistuksessa keskitytään optimoimaan jätteiden poisto ja nollavirheet sekä suosimaan imuohjausmenetelmää, jatkuvaa parannusta ja monitoimisia ryhmiä. Tuotannossa on tärkeää kiinnittää huomiota työpisteiden siisteyteen, sillä tämä vaikuttaa toimintojen tehokkuuteen ja hukan minimoimiseen. Lean-ajattelussa tuotantotilojen siisteyttä voidaan kutsua japanilaisella lyhenteellä 5S. (Haizer, J. & Render, B. 2011) 5S muistilista sisältää seuraavat tekijät:

- Sort
Tarkoituksena on säilyttää kaikki tekijät, jotka ovat tärkeitä prosessin etenemiselle, ja poistaa sellaiset toiminnot, jotka eivät tuo lisäarvoa työn jatkuvuudelle. Ylimääräisten toimintojen poistaminen mahdollistaa tilan vapautumisen ja työn sujumuuden tehostumisen.
- Simplify
Tavoitteena on järjestää ja käyttää erilaisia analyysityökaluja työn tehostamiseen ja hukatekijöiden minimoimiseen. Lyhytaikaiset ja pitkäaikaiset ergonomiset ratkaisut ovat hyvä esimerkki työn tehostamiselle.
- Shine
Työtilojen siisteys.
- Standardize
Tuotantoprosessissa on tärkeää yhdenmukaistaa kaikki operatiiviset tekijät ja luoda tarkistuslistoja. Laitteiden ja työkalujen yhdenmukaistaminen parantaa osastojen välistä koulutustasoa sekä alentaa kustannuksia.
- Sustain
On tärkeä tarkistaa säännöllisin aikavälein prosessien sujumuutta ja palkita siihen mennessä saavutetut tulokset.

(Haizer, J. & Render, B. 2011)

Yhdysvaltalaiset päälliköt suosivat ja lisäävät yleensä kaksi muuta tekijää 5S-periaatteeseen. Kyseiset tekijät sopivat hyvin Lean-johtamisfilosofiaan.

- Safety
Turvallisuus lisää työtehtävien sujuvuutta.
- Support
Sisältää päivittäistä huoltoa ja vähentää vaihtelevuutta, suunnittelemattomia seisokkeja ja kustannuksia.

(Haizer, J. & Render, B. 2011.)

Yritykset pyrkivät poistamaan prosesseihin liittyvät sisäiset ja ulkoiset vaihtelevuustekijät. Vaihtelevuustekijät ja muuttujat aiheuttavat riskitekijöitä prosessin etenemiselle, sillä ne eivät takaa täydellisen tuotteen tuottamista oikeaan aikaan. Vaihtelevuustekijät ja muuttujat ovat toisin sanoen kaunis tapa ilmaista ongelmia. Mitä vähemmän on muuttujia, sitä vähemmän on hukkaa systeemissä. Yleisimmät syyt vaihtelevuudelle ovat huono hallinto, tuntemattomat kysyntäennusteet, puutteelliset piirustukset ja spesifikaatiot. JIT-varastohallintatyökalut auttavat huomaamaan, mitkä tekijät vaikuttavat vaihtelevuuteen ja muuttujiin. (Haizer, J. & Render, B. 2011)

3.4 Kanban

Kanban on japanilainen sana, joka tarkoittaa signaalia, korttia. Kanban-ohjausjärjestelmä käyttää visuaalisia signaaleja JIT-materiaalivirtojen hallinnan määrittämiseksi. Kanban-korttia käytetään havainnollistamaan tilauspisteiden saavuttamista sekä ilmoittamaan liikkumiseen ja työskentelyyn liittyviä lupia. Kortti-impulsseja voidaan käyttää kuljetuksessa, tuotannossa ja täydennyksessä. Kuljetus-kanban ilmoittaa prosessin edelliselle vaiheelle, että materiaali voidaan vastaanottaa ennalta sovitussa paikassa. Tuotanto-kanban vastaavasti tiedottaa tuotannolle uusia valmistusimpulsseja. Täydennys-kanban on periaatteeltaan samanlainen kuin kuljetus-kanban, mutta tässä tapauksessa toimitukset tapahtuvat ulkoisille toimittajille. Kanban-järjestelmiä on useampia, kuten esimerkiksi yhden, kahden ja kolmen laatikon järjestelmät. Yleisin käytössä oleva

järjestelmä on kahden laatikon järjestelmä. Varaston määrä on jaettu kahteen yhtä suureen erään, joista vanhin käytetään ensin. Vanhimman erän käytön jälkeen tehdään uusi tilaus, ja uuden tilauksen aikana käytetään jäljellä olevaa erää. Kanban-kortit on kiinnitettävä jokaiseen laatikkoon ja ne ovat rajoitettu valmiiden tuotteiden enimmäismäärään.

Kanban-laatikot ovat yleensä pieniä ja ne sisältävät muutaman tunnin arvoisa tuotantoeria. Kanban-järjestelmä vaatii tiukan aikataulun, sillä pienet tuotantoerät valmistetaan useamman kerran päivässä. Tuotantoprosessien virtausten täytyy edetä ongelmitta, koska pienetkin esteet vaikuttavat koko prosessin sujuvuuteen. Kanban-kortit vähentävät prosesseissa syntyviä vikoja ja viivästyksiä.

Toyota Motor Corporation kehitti uuden Kanban-järjestelmän, joka hyödyntää Toyotan ja toimittajien välisiä tietokoneita ja tietoliikenneverkkoa. Alkuperäisessä Kanban-järjestelmässä kanban-kortit ohjattiin manuaalisesti, mutta uudessa järjestelmässä tieto siirtyy sähköisesti. Uuden järjestelmän hyödyt ovat:

- Tilausmäärien vaihtelu pienenee
- Nopea reagointi kysynnän muutoksiin
- Suurempi tehokkuus kanbanien valvonnassa

(Kotani, S. 2007)

Yksi tärkeimmistä tavoitteista e-Kanban systeemin kehittämisessä oli saada aikaan tehokas järjestelmä, jossa kanbanit ovat laskettu automaattisesti. Seuraavan kuukauden tuotantosuunnitelman suunnittelussa tai päivittäisissä kysynnän muutoksissa kanbanien määrä muuttuu. Kanbanien määrät vaikuttavat suoraan materiaalitulauksiin ja varastoarvoihin. (Kotani, S. 2007)

3.5 Arvovirtakuvaus (VSM)

Liiketoimintaprosesseihin sisältyy yleensä tehottomuutta ja hukkaa. Prosessien optimoimiseksi käytetään visuaalista arvovirtakuvausta (VSM), joka pyrkii tutkimaan materiaali- ja informaatiovirtojen sujuvuutta yrityksen ja asiakkaan välillä. Yleisimmät haasteet, jotka syntyvät arvovirtakuvauksesta, ovat huono laatu ja hallinto.

VSM-arvovirtakuvaus tarjoaa yleiskatsastuksen kaikista toiminnoista, jotka vaarantavat prosessien etenemistä. Prosesseista kerätyt tiedot voivat olla esimerkiksi tuotannon syklit, koneiden asetukseen käytetty aika, läpimenoajat, kuljetetut matkat, viat, tehottomat työvaiheet ja odotuslinjat. Arvovirtakuvauksen laadinnan jälkeen täytyy kiinnittää huomiota tietojen analysointiin ja vastata seuraaviin kysymyksiin:

- Missä ovat prosessin pullonkaulat?
- Missä virheet toistuvat?
- Mihin prosesseihin liittyy enemmän vaihtelua/muuttuja?
- Missä vaiheissa hukatekijät toistuvat?

(Stevenson, J. 2009)

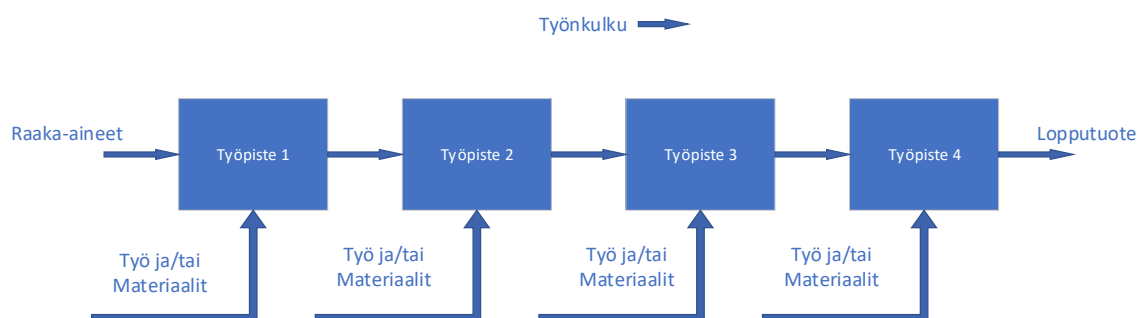
Arvovirtakuvaus perustuu viiteen vaiheeseen: tuoteperheen valitseminen, nykytila-analyysi, tulevaisuudentilan suunnitelma, työmenetelmät ja toteuttaminen. Tuoteperhe kuvaa niitä tuotteita, joita käytetään samoissa prosesseissa. Tuoteperheen määrittely auttaa rakentamaan arvovirtakuvausta ja maksimoimaan siitä saatavat hyödyt. Valinta tapahtuu yrityksen omien etujen mukaan ja yleisimmät parametrit tuoteperheen valitsemiselle ovat asiakkaan merkitys, volyyymi ja uusi tuote. Tuoteperheen valinnan jälkeen pyritään kuvamaan nykyistä työympäristöä. Tarkoituksena on keskittyä olennaisiin asioihin ja määrittää ne ongelmakohdat, joihin halutaan keskittyä. Nykytila-analyysi toteutetaan tarkastelemalla prosessin eri vaiheet, haastattelemalla työntekijöitä ja tekemällä mittauksia. Nykytilan kuvauksessa prosessivaiheet ovat kuvattu laatikoilla ja niiden sisälle on kirjattu prosesseista kerätty data. Yleisimmät datan keräilykohteet ovat työvaiheisiin käytetty aika, tahtiaika ja vaihtoihin kuluva aika. Laatikoiden yläpuolelle on kuvattu tuotantoprosessissa ilmeneviä informaatiovirtoja. Arvovirtakuvauksessa halutaan korostaa prosesseissa esiintyvää hukkaa, ja sitä havainnollistetaan piirtämällä salamaviivan arvovirtakuvaukseen. VSM-kuvauksen jälkeen tarkoituksena on tutkia tulevaisuuden tilaa ja asettaa selkeät tavoitteet. Tavoitteet tarkoittavat yleensä lyhyempiä läpimenoaikoja, työn standardointia ja jatkuvan virtauksen lisäämistä. Neljännessä vaiheessa määritellään, millä menetelmillä päästään tavoitteeseen. Suunnitelma sisältää projektikuvauksen, kehitysprojektiin osallistuvat henkilöt, työaikataulun, arvioidut kustannukset sekä tutkittavan kohteen hyödyt ja haitat. Viimeisessä vaiheessa toteutetaan ennalta laadittu suunnitelma ja viedään kehitysprojekti loppuun. (Faulkner, W. & Badurdeen, F. 2014)

4 LAYOUT

Layout-suunnittelulla pyritään kehittämään osastojen ja työpisteiden rakennetta sekä henkilöiden ja materiaalivirtojen liikkumista työympäristön sisällä. Pohjapiirustuksen muotoilu vaatii merkittäviä investointeja ja pitkäaikaisia sitoumuksia. Yleisimmät syyt layoutin uudelleen suunnittelulle ovat tehottomat prosessit, vaaratilanteiden poistaminen sekä tuote- ja volyymimuutokset. Pohjapiirustuksen suunnittelu voidaan jakaa kolmeen ryhmään: tuote-, prosessi- ja paikasta riippuvat pohjapiirustukset.

4.1 Tuote-layout

Tuotteesta riippuvat pohjapiirustukset ovat kehitetty saavuttamaan suurten volyymien tasaista ja nopeaa virtausta systeemin läpi. Tuotteet ovat standardisoituja ja prosessit toistuvat monotonisesti, jotta laitteiden erikoistuminen ja työnjako ovat mahdollisia. Suurien volyymien läpivirtaus mahdollistaa sen, että yritys pystyy investoimaan merkittävästi laitteiden hankintaan ja tuotesuunnitteluun. Tuotevalikoima on hyvin suppea, jonka seurauksena on helppo suunnitella pohjapiirustuksia vastamaamaan prosesseissa käytettyjä teknologioita. Mikäli tuotantoprosessissa suoritetaan materiaalin leikkausta, hiontaa ja maalausta, laitteet asetetaan samaan järjestykseen kuin ne ovat varsinaisen prosessin edetessä. Tämä mahdollistaa, että työpisteiden välille voidaan rakentaa kiinteitä materiaalivirtapolkuja. Kuvassa 9 on esitetty tuotteesta riippuva layoutin prosessikaavio. (Senjay, B. 2015)



Kuva 9 Tuote-layout (mukaiillen Senjay, B. 2015)

Tuote-layout hyödyntää suuren määrän työvoimaa, jonka seurauksena tuotannossa käytetään toistuvasti samoja välineitä ja laitteita. Laitteiden suuri käyttöaste aiheuttaa korkeita

laitekustannuksia ja samanaikaisesti vähentää työn alla olevia prosessivaiheita. Työvaiheet ja toiminnot ovat hyvin lähellä toisiaan, ja koko toiminta on riippuvainen laitteiden toimivuudesta. Rikkinäisten koneiden korjaaminen vie aikaa ja resursseja sekä voi johtaa tuotannon pysäyttämiseen hetkellisesti tai pidemmäksi aikaa riippuen ongelman vakavuudesta. Tuote-layoutin onnistunut toiminta vaatii jatkuvaa ennakkohuoltoa ja viallisten osien korjaamista. Tämä tarkoittaa sitä, että on erittäin kannattavaa ylläpitää varaosavaraa ja työllistää osaavaa henkilöstöä laitteiden korjaamisessa. Kyseiset toimenpiteet ovat kalliita, koska tuotteiden rakenteet monimutkaistuvat jatkuvasti ja vikojen analysointi on haastavampaa. Toistuvat prosessit voivat olla laite-, työntekijä- tai asiakaspohjaiset. (Richard, B. et al. 1998) Tärkeimmät hyödyt tuote-layouteissa ovat:

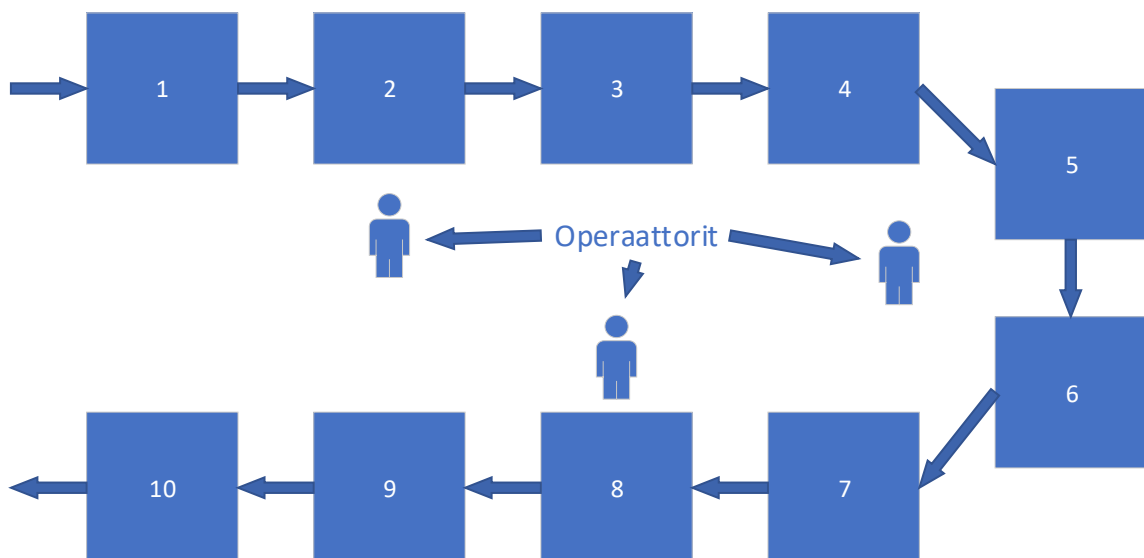
1. Suuret tuotot.
2. Alhaiset yksikkökustannukset (erikoislaitteiden korkeat kustannukset ja suuret volyymit ovat jaettu useisiin yksiköihin).
3. Työn erikoistuminen vähentää koulutuskustannuksia, aikaa ja työn valvontaan liittyviä menoja.
4. Alhaiset yksikkömateriaalinkäsittelykustannukset. Prosessien jatkuva virtaus mahdollistaa yksinkertaisen materiaalinhallinnan.
5. Laitteiden korkea käyttöaste.
6. Reitityksen ja aikataulun luominen. Tämä toimenpide ei vaadi paljon huomiota ensimmäisen implementoinnin jälkeen.
7. Kohtalaisen rutiininomaiset toimenpiteet, kuten kirjanpito, hankinta ja varastonhallinta.

Keskeisimmät haitat tuote-layoutissa ovat:

1. Korkea työnjakoaste aiheuttaa toistuvia työvaiheita, jonka seurauksena työuran etenemisen mahdollisuus on matala ja työstä aiheutuva stressi on korkea.
2. Heikosti koulutetut työntekijät voivat osoittaa hyvin vähäistä kiinnostusta laitteiden huoltoon ja tuotteen laatuun.
3. Tuotantoprosessit ovat melko joustamattomia volyyymi- ja tuotemuutoksiin.

4. Tuotantoprosessit ovat hyvin alttiita tuotannon sulkemiselle. Työpisteet ovat riippuvaisia toisistaan, ja jo yhdenkin laitteen rikkoutuminen aiheuttaa suuria vaikeuksia tuotannon etenemiselle.
5. Ennakkohuollot ovat välttämättömiä kuluja.
6. Palkitsemisjärjestelmää ei ole mahdollista implementoida, sillä yksittäisen työntekijän ylitehokkuus voi aiheuttaa ongelmia tuotantoprosessivirtauksen etenemisessä.

Tuotantolinjaa voidaan rakentaa suoraviivaisesti tai U:n muotoiseksi. Suoraviivaiseksi rakennettu tuotantolinja häiritsee työntekijöiden ja koneiden liikumista. U:n muotoinen linja on tiiviimpi, jonka seurauksena linjan pituus lyhenee ja tiimityöskentely paranee. Myös työtehtävien joustavuus paranee, sillä työntekijät pystyvät tarvittaessa asioimaan vierekkäisissä työpisteissä ja tuotantolinjan vastakkaisessa päässä. Mikäli materiaalivirrat tulevat tuotantolinjaan samasta päästä kuin valmiit tuotteet tulevat, materiaalinkäsittelytoimeenpiteet vähenevät. Korkeasti automatisoiduissa tuotantolinjoissa U:n muotoinen linja ei ole käytännöllinen, sillä tiimityöskentely ja kommunikaatio ovat tällöin pienemmässä roolissa. Lisäksi työpisteet ovat rakennettava erilleen toisistaan, jotta melu ei ylitä sallittuja kynnyksrajoja, ja saastumiseen vaikuttavat tekijät saadaan minimoitua. (Richard, B. et al. 1998)



Kuva 10 U:n muotoinen tuotantolinja (mukaillen Richard, B. et al. 1998)

4.2 Prosessi-layout

Prosessi-layout on suunniteltu soveltuvan sellaisille tuotantolinjoille, joilla on suuri määrä erilaisia prosessivaatimuksia. Prosessivaatimukset edellyttävät säännöllisiä laitesäätöjä, jonka seurauksena työn sujuvuus on katkonainen. Epäsäännöllisissä prosesseissa pyritään yhdistämään samanlaisia toimintoja, kuten esimerkiksi hiontaa, porausta jne. Tuotteet liikkuvat työpisteiden välillä ennalta suunnitelluissa erissä ja yleiset työkalut mahdollistavat joustavuutta prosessien vaihtelussa. Työntekijät, jotka käsittelevät yleisiä työkaluja, ovat kyseisen laitteen käyttöön korkeasti tai keskitasoisesti koulutettuja. (Richard, B. et al. 1998)

Prosessi-layoutit ovat hyvin yleisiä palveluympäristöissä, kuten sairaaloissa, yliopistoissa, kirjastoissa ja lentoyhtiöissä. Sairaaloissa osastot ovat jaettu prosessi-layoutin mukaisesti erillisiksi yksiköiksi, kuten leikkaus-, äitiys- ja pediatriasaleiksi. Prosessi-layoutit vähentävät tuotantolinjojen sulkeutumista, koska laitteiden ja työvälineiden käyttö on rajattu tiettyyn yksikköön. Kunnossapitokustannukset taipuvat olemaan alhaisia, koska laitteet ovat yksinkertaisempia verrattuna tuote-layoutteihin ja henkilökunta on korkeasti koulutettu korjaamaan omaan osastoon kuuluvia laitteita. Laitteiden samankaltaisuus mahdollistaa varaosien määrien vähenemisen, ja sitä kautta varastokustannukset pienenevät. Prosessi-layoutin varjopuolena ovat reitityksen ja ajoituksen päivittäinen suunnittelu kysynnän kattamiseksi. Materiaalinhallinta on tehotonta ja yksikkökäsittelykustannukset ovat korkeampia verrattuna tuote-layouttiin. Työvälineiden ja laitteiden käyttöaste voi olla jopa alle 50 prosenttia, johtuen korkeasta reitityksen ja ajoituksen päivittäisestä suunnittelusta. Seuraavaksi esitetään prosessi-layoutin etuja. (Richard, B. et al. 1998)

- Tuotanto pystyy käsittelemään erilaisia prosessivaiheita.
- Systemi ei kärsi suurista laitevioista.
- Yleiset työkonet ovat yleensä halvempia kuin pitkälle automatisoidut koneet.
- On mahdollista käyttää henkilöstön palkitsemisjärjestelmiä.

Prosessi-layoutin haitat ovat:

- Varastokustannukset ovat korkeat, johtuen keskisuurista eräko'oista
- Reititys ja ajoitus aiheuttavat jatkuvia haasteita

- Laitteiden käyttöasteet ovat pienet
- Materiaalinhallinta on hidas ja tehoton verrattuna tuote-layouttiin
- Täytyy kiinnittää erityisesti huomiota pieniin volyymeihin ja niiden vaikutuksiin yksikkökustannuksiin

4.3 Kiinteä layout

Paikasta riippuvissa layouteissa tuote työstetään kiinteässä työpisteessä ja työntekijät, materiaalit ja laitteet siirtyvät tarpeen mukaan. Tuote on yleensä vaikea siirtää sen koon, painon tai rungon takia. Paikasta riippuvia layouteja hyödynnetään yleensä suurissa rakennusprojekteissa ja laajoissa mittakaavatuotantolaitoksissa. Tärkeässä roolissa on materiaalien saapuminen oikeaan aikaan, jotta tuotteiden uudelleensijoittelu laitoksen tiloissa ei olisi tarpeellista. Erikoistuotteet vaativat räätälöidyn varastointilan, joka puolestaan aiheuttaa korkeat varastointikustannukset. Toimintojen monipuolisuus ja suuret mittakaavat vaativat korkeasti koulutettuja työntekijöitä ja tehokasta koordinaointia. (Richard, B. et al. 1998)

4.4 Yhdistetyt layoutit

Tuote-, prosessi- ja paikasta riippuvat layoutit ovat ihanteellisia malleja, joita voidaan hyödyntää tiettyjen tilanteiden tarpeiden täyttämässä. Yhdistetyt layoutit ovat yleisiä ja ne ovat rakennettu edellä kuvattujen layoutien yhdistelmänä. Sairaalat käyttävät yhdistettyjä prosesseja ja paikasta riippuvia pohjapiirustuksia. Prosessi-layout muodostuu siitä, että toiminta on jaettu erillisiin yksiköihin, ja paikasta riippuva layout vastaavasti siitä, että lääkärit ja lääkkeet siirtyvät potilaan luokse. Sama periaate toimii tuotantolaitoksissa, joissa työstetään tuotteita tuote-layoutin mukaan, ja jossain vaiheessa tuotantoa tuote siirtyy jatkojalostusta varten toiseen, kaukana olevaan työpisteeseen. Prosessi-layouteissa pyritään kattamaan suuria tuotevalikoimia suuremmilla yksikkökustannuksilla kuin tuote-layoutissa. Tuote-layoutissa yksikkökustannukset ovat vastaavasti alhaiset, mutta tuotevalikoima on suppea. (Richard, B. et al. 1998)

4.5 Solu-layout

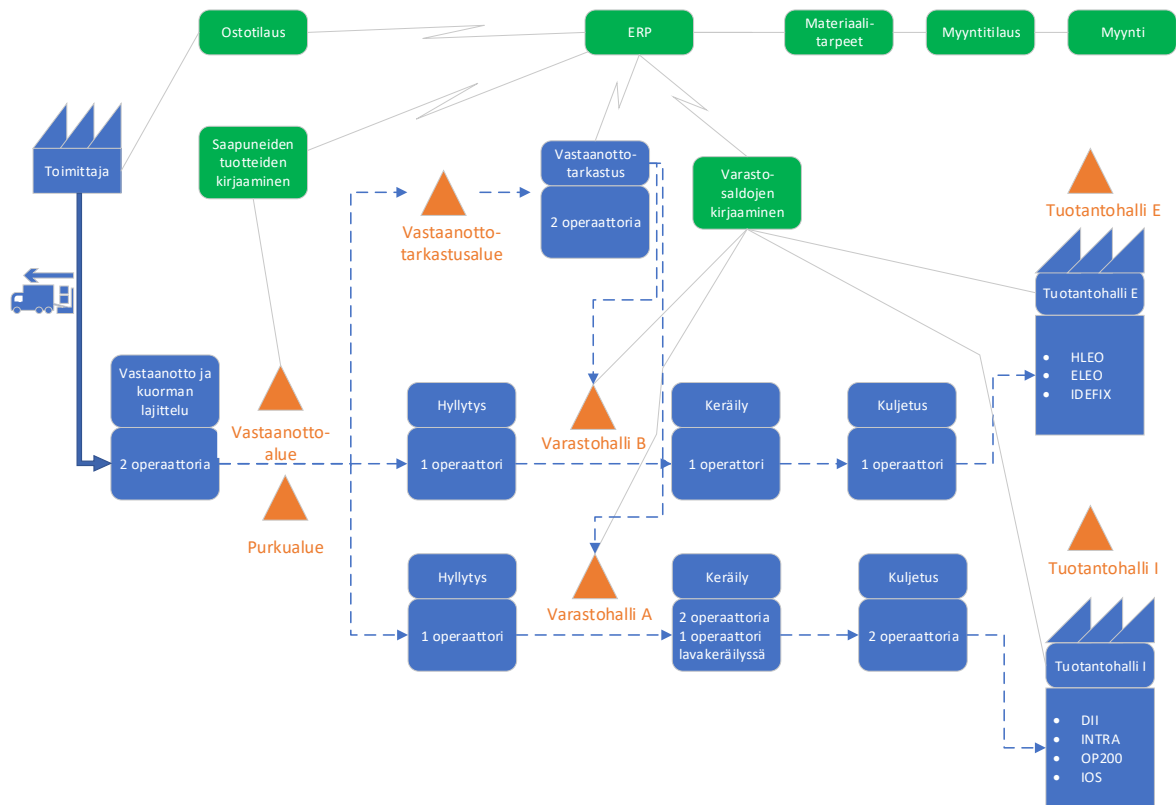
Solu-layoutissa työpisteet ovat yhdistetty ns. soluun, jossa toiminnot ovat ryhmitelty prosessien ja materiaalien samankaltaisuuksien mukaan. Solu-layoutit ovat käytännössä tuote-layouttien pienoisversioita. Tuotteet kulkevat tuotannon aikana aina samaa reittiä ja vaativat suppean suunnittelun. Solutuotanto mahdollistaa, että yritykset pystyvät valmistamaan suuria tuotevalikoimia pienillä hukkamäärillä. Layout on rakennettu siten, että työn virtaus on jatkuvaa ja kuljetuksiin käytetty aika on minimaalinen. Solu-layouttiin liittyy myös muita etuja, kuten läpimenoaikojen lyheneminen ja käytettyjen tilojen vähentäminen sekä tuottavuuden, laadun ja joustavuuden parantaminen. Pohjapiirustuksen suunnitteluun ja muotoiluun on hyvin suositeltavaa hyödyntää SMED-menetelmää ja oikean kokoisia työkaluja. SMED-menetelmä mahdollistaa, että yritys pystyy nopeasti vaihtamaan laitekonfiguraatioita ja tuottamaan useita eri tuotevalikoimia lyhyessä ajassa. Yritys pystyy tällöin vastaamaan hyvin nopeasti muuttuviin kysyntävaatimuksiin. Suurin haaste solu-layoutin implementoinnissa on laitteiden, layoutin ja työntekijöiden hallinta. (Richard, B. et al. 1998)

5 NYKYTILA-ANALYYSI

Tässä luvussa käsitellään kohdeyrityksen sisälogististen prosessien ja materiaalivirtojen nykytilaa. Tavoitteena on saada kattava käsitys siitä, mitkä ovat materiaalivirtoihin vaikuttavat hukkatekijät ja missä suhteessa ne kuormittavat eri prosessivaiheita. Nykytila-analyysi alkaa arvovirtakuvauksella, jotta saadaan yleinen kuva rajauksen sisällä olevista toiminnoista. Tämän jälkeen prosessien tarkastelu siirtyy enemmän yksityiskohtiin. Tarkoituksena on ymmärtää, kuinka paljon materiaaleja siirtyy tietyissä solmukohdissa ja kuinka paljon ne sitovat pääomaa. Prosessikuvaukset on jaettu neljään osaan: vastaanotto, vastaanottotarkastus, varastointi ja tuotanto. Prosessikuvauksissa kerätty data on lähtöisin henkilökunnan haastatteluista, toiminnanohjausjärjestelmästä ja operatiivisista mittauksista.

5.1 Arvovirtakaavio (VSM)

Prosessien kehittämiseksi ja tutkimusympäristön ymmärtämiseksi on hyödynnetty arvovirtakaaviota (VSM). Kuvassa 11 esitetyssä arvovirtakaaviossa ei ole otettu huomioon koko kohdeyrityksen arvovirtaa. Rajauksen ulkopuolelle on jätetty lopputuotteiden materiaalivirtojen siirtymävaiheet lähettämöön ja siitä lähtevät toimitukset loppuasiakkaalle. Arvovirtakuvauksen tavoitteena on hahmottaa prosessien kokonaiskuvaa ja nykyisten toimintojen nykytilaa.



Kuva 11 Materiaali- ja informaatiovirtojen arvovirtakaavio

Arvovirtakaavio on jaettu materiaalivirtoihin (sininen) ja informaatiovirtoihin (vihreä). Varastoalueet on vastaavasti kuvattu oransseilla kolmioilla. Prosessin käynnistämiseksi tarvitaan myyntiyksikön myyntitilausvahvistus. Myynnin ja ohjausmenetelmän avulla ostaja pystyy tekemään materiaalitovelaskennat ja käynnistämään ostotilauksen. Ostotilauksien pohjalta toimittaja lähettää tilatut tuotteet kohdeyrityksen vastaanottoalueelle. Materiaalien vastaanotossa otetaan vastaan saapuvat toimitukset sekä lajitellaan vastaanottotarkastukseen ja varastoon menevät tuotteet. Suoraan varastoon menevät tuotteet varastoidaan, joko A- tai B-varastohallissa riippuen siitä, mihin tuotantolinjalle ne ovat menossa. Mikäli osa tuotteista joutuu vastaanottotarkastukseen ne odottavat siellä siihen asti, että ne ovat hyväksytysti läpäisseet laatutarkistuksen. Laatutarkistuksen jälkeen tuotteet siirretään niille kuuluville varastopaikoille. Varastoinnin jälkeisessä vaiheessa tuotanto lähettää impulssin varastoon, josta tuotteet kerätään ja kuljetetaan tuotantoon.

5.2 Tavarán vastaanotto

Vastaanoton nykytilan kartoittamisessa on käytetty kvalitatiivista tutkimusmenetelmää. Pääasialliset lähteet olivat keskustelut, haastattelut ja toiminnanohjausjärjestelmästä kerätty

data. Keskustelut ja haastattelut tehtiin varastopäällikön, logistiikkapäällikön ja vastaanotossa työskentelevien operaattoreiden kanssa. Tavoitteena oli saada kattava kokonaiskuva vastaanoton toiminnoista ja siihen liittyvistä parametreista.

Tavaran vastaanotossa työskentelee yhteensä neljä operaattoria, joista kaksi hyllyttää ja kaksi työskentelee vastaanottotehtävissä. Operaattorit työskentelevät yhdessä kahdeksan tunnin vuorossa. Henkilöstöresurssit vaihtelevat päivittäin, sillä osa työntekijöistä voi olla sairaslomalla, lomalla tai muissa tehtävissä. Henkilöstöresurssit allokoidaan tarpeen mukaan riippuen siitä, onko kiirettä tai hiljaista. Kohdeyrityksen organisaatiokulttuuri suosii henkilöstön laajaa kouluttamista, jotta työtehtävien uudelleensijoittelu ja muuttuvien tilanteiden hallinta on helppoa. Päivittäiset vastaanotetut rivit ovat keskimäärin 465. Keskiarvo on laskettu vuoden 2018 vastaanotettujen rivien keskiarvona.

Kaikki kohdeyritykseen saapuvat materiaalit kulkevat vastaanoton kautta. Saapuvat kuormat sijoitetaan suoraan hihnakuljettimeen ja puretaan FIFO:n (engl. first in first out) periaatteen mukaisesti. Tavoitteena on, että kaikki päivän aikana saapuneet toimitukset vastaanotetaan toiminnanohjausjärjestelmään, mutta niin ei käytännössä aina tapahdu. Ihanteellinen tilanne olisi sellainen, että tavarat vastaanotetaan ja kirjataan varastonohjausjärjestelmään heti, kun ne saapuvat vastaanottoon. Vastaanottotehtävissä käytetään apuna pinoamisvaunua ja PDA-laitetta (engl. personal digital assistant). Pinoamisvaunulla siirretään lavoja suoraan varastohyllyille tai vastaanottoon sijaitsevaan purkutilaan. Purkutilassa tavarat lajitellaan niiden koon ja varastohallin mukaan, jonka jälkeen ne asetetaan hyllytyskärrylle. Vastaanottotilat ovat rajalliset ja varsinaista purkutilaa ei ole käytössä. Työtä pyritään kuitenkin suorittamaan nykyisen layoutin mahdollisuuksien mukaan. PDA-laitteella kirjataan vastaavasti kaikki saapuvat tuotteet yrityksen varastosaldoihin.

Mikäli tuotannosuunnittelussa pidetään viikonloppuvuoro, siihen liittyvät ostotilaukset heijastuvat suoraan vastaanoton kapasiteettiin ja suorituskykyyn. Viikonloppuvuorot lisäävät saapuvien tilauksien kuormitusta aiheuttaen häiriöitä päivittäisen toiminnan sujuvuuteen. Mikäli toimituspiikit ovat korkeat, sisäiset välivarastot eivät riitä kattamaan saapuvia tilauksia ja osa tuotteista on varastoitava vastaanoton lähellä olevassa ulkotilassa.

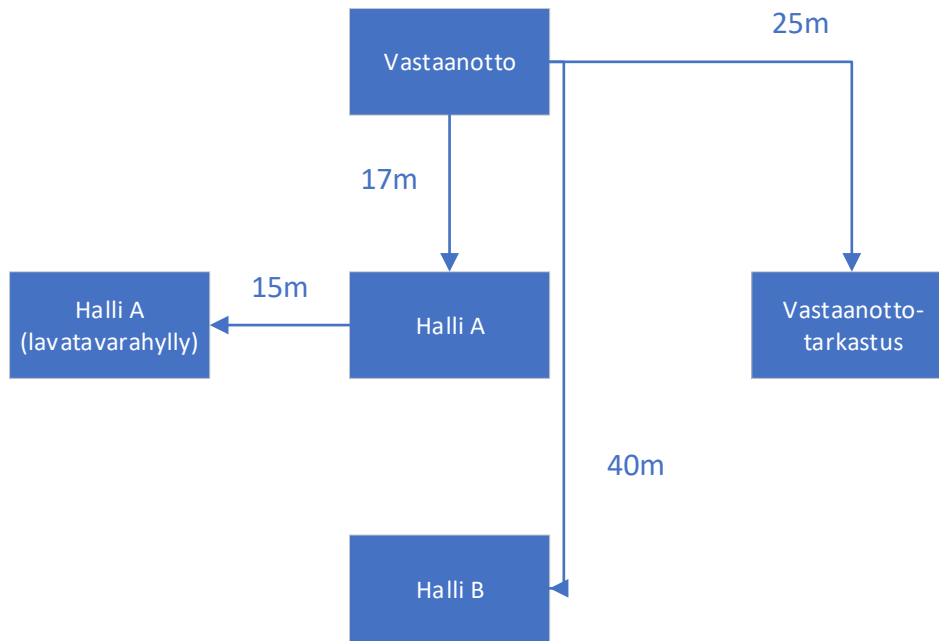
Vastaanotossa on kolme välivarastoa, joista ensimmäinen luonnollisesti on saapuvien tavaroiden hinnakuljettimessa olevien toimituksien välivarasto. Toisena välivarastona toimii purkualueella olevat kuljetuskärryt, joissa varastoidaan hetkellisesti hyllytettävät tuotteet. Kolmantena on ns. overflow-lavatavarahylly, johon varastoidaan viikonlopputilauksien ylimenevät tuotteet. Vastaanotossa varastoidaan myös yksittäisten työntekijöiden saapuvia toimituksia. Kyseiset paketit varastoidaan kärryssä, ja niiden merkitys koko vastaanoton toiminnassa on minimaalinen.

Kohdeyritys on pyrkinyt havainnollistamaan vastaanoton saapuvien kuormien aikataulua taulukon 3 mukaisesti. Työpäivä on jaettu neljään ryhmään, ja jokainen ryhmä on eritelty kuljetusliikkeen ja toimittajien perusteella.

Kuormien saapumisaikataulu	
Klo 7.00–9.00	3 kuljetusliikettä ja 13 toimittajaa
Klo 8.00–10.00	1 kuljetusliike ja 17 toimittajaa
Klo 10.00–12.00	1 kuljetusliike ja 6 toimittajaa
Klo 13.00–16.00	7 kuljetusliikettä ja 7 toimittajaa

Taulukko 3 Kuormien saapumisaikataulu

Kuvassa 3. on esitetty vastaanotosta lähtevät materiaalivirrat ja niihin liittyvät etäisyydet. Vastaanotosta lähtevät materiaalivirrat voidaan jakaa kahteen ryhmään: eurolavoissa siirtyviin yksikköihin ja kuljetuskärryissä lähteviin paketteihin. Suurin osa eurolavoissa siirtävistä yksiköistä menee A-varastohallissa sijaitsevaan lavatavarahyllyyn. Kaikista varastoiduista nimikkeistä noin 31 % on eurolavoja ja 69 % muovisia laatikoita. Arviolta noin 15 % saapuvista eurolavoista siirretään A- tai B-hallin pientavarahyllyjen läheisyyteen. Ennen tavaran hyllyttämistä kaikki saapuvat toimitukset tunnistetaan ja kirjataan sisäisiin varastosaldoihin. Mikäli vastaanotto tunnistaa toimittajan sellaiseksi, joka on aikaisemmin toimittanut viallisia tuotteita, ohjataan tämä kyseinen toimitus välittömästi tavaran vastaanottotarkastukseen.



Kuva 12 Vastaanoton lähtevien materiaalivirtojen kulku ja etäisyys

5.2.1 Vastaanotto-operaattoreiden ja varastopäällikön haastatteluiden havainnot

Vastaanottoalueen suurimmat tilanpuuteongelmat keskittyvät Q2- ja Q4- kvartaaleihin. Asiakastilaukset ovat tällöin keskitasoa korkeammat, ja tuotantolinjoille syntyy kiire laitteiden valmistukseen. Korkea tilauspiikki aiheuttaa lisäkuormitusta vastaanotolle ja varastointiongelmia hihnakuljettimessa olevassa välivarastossa. Kiireisinä aikoina sisätilat eivät riitä tavaroiden varastoimiseksi, ja osa saapuvista toimituksista varastoidaan ulkona. Varastointi ulkoalueilla on riskialtista, koska sääolosuhteet voivat vaikuttaa varastoitavien tuotteiden tilaan ja rakenteeseen. Tämä voi johtaa materiaalien menettämiseen, kustannuksien nousuun ja tuotantolinjojen pysäyttämiseen.

Taulukossa 3 esitetty kuormien saapumisaikataulu on suuntaa-antava aikataulu, joka ei ole suunniteltu eikä optimoitu materiaalivirtojen tasaiseen virtaukseen. Kuormien saapumisaikataulu alkaa klo 7.00, mutta käytännössä tämä ei toteudu lähestulkoon milloinkaan, vaan päivän ensimmäiset toimitukset saapuvat vasta myöhäisemmässä vaiheessa. Ensimmäiset kuormat saapuvat yleensä klo 8.30–9.00 ja siihen aikaväliin kuuluvat kuljetusliikkeet ovat tuolloin taulukon 3 toinen ja kolmas rivi. Paremman hahmottamisen kannalta ensimmäiset neljä kuljetusliikettä voidaan tunnistaa kirjaimilla A, B, C ja D. Kuljetusliike A toimittaa ainoastaan paketteja, ja niiden merkitys

kokonaistilavuusvirran kannalta on minimaalinen. Haastatteluiden perusteella kuljetusliikkeeseen A ei voida vaikuttaa, ja aikataulut pysyvät samoina myös tulevaisuudessa. Kuljetusliikkeiden B:n ja C:n toimitukset tulevat samalla ajoneuvolla, jolloin saapuvat toimitukset kuormittavat merkittävästi vastaanottoa klo 8.00:n ja 9.00:n välillä. Kuljetusliike D toimittaa tavarat samaan aikaan kuin kuljetusliikkeet B ja C. Haastatteluiden pohjalta voidaan todeta, että kuljetusliikkeiden B, C ja D aikataulumuutoksiin nähden on pelivaraa, ja niihin on myös mahdollista vaikuttaa.

Informaation kulku vastaanoton operaattoreille on suhteellisen heikkoa, ja siihen liittyvät suorituskyvyn mittarit eivät ole selkeästi esillä. Operaattoreilla ei ole tarkkaa tietoa päivittäisistä saapuvista toimituksista eikä viikkotasolla olevista suorituskyvyn mittareista. Tarkan kuormien saapumisaikataulun lisäksi operaattoreiden olisi hyvä nähdä myös viikoittaiset saapuvat toimitukset, toimittajakohtaiset lähetyksien kuormitukset ja tilausvirrat.

5.3 Vastaanottotarkastus

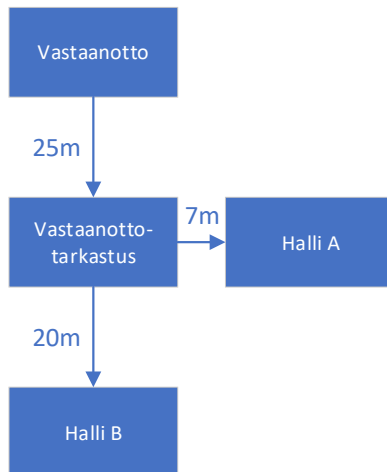
Vastaanottotarkastus sijaitsee A-varastohallin tiloissa ja noin 25 metrin etäisyydellä tavarantoimituksesta (liite 1). Vastaanottotarkastuksen tavoitteena on tarkastaa toimittajilta tulevia komponentteja ja materiaaleja. Tarkistusprosessin tarkoituksena on varmistaa, että saapuvat toimitukset täyttävät kohdeyrityksen laatuvaatimukset ja että tuotantolinjoille toimitetut materiaalit ovat rakenteeltaan ja spesifikaatioiltaan oikeanlaiset. Materiaalien tarkistuksia tehdään myös uusien toimittajien kohdalla. Vastaanottotarkastuksessa työskentelee kaksi operaattoria kahdeksantuntisen työvuoron aikana. Taulukossa 4 on esitetty vastaanottotarkastukseen liittyvät tärkeimmät tunnusluvut.

Saapuneet	Tarkastetut	Romut	Myöhärivit	Operaattorit
rivit/pv	rivit/pv	rivit/pv	rivit/pv	lkm
90,78	90,42	2	25	2

Taulukko 4 Vastaanottotarkastuksen tärkeimmät tunnusluvut

Taulukossa 4 lasketut tunnusluvut ovat vuoden 2018 kerätyn datan keskiarvo. Taulukosta voidaan havaita, että saapuneet rivit ja tarkastetut rivit ovat melkein samansuuruiset. Tästä voidaan päätellä, että vastaanottotarkastuksen työkuormitukset ja henkilöstöresurssit ovat

oikeat. Tämän lisäksi romutettavat tavaramäärät ovat keskimäärin hyvin alhaisia, joten toimittajaportfolio on laadun osalta kunnossa. Kuvassa 13 on esitetty vastaanottotarkastuksen lähtevien materiaalivirtojen kulku ja etäisyys.



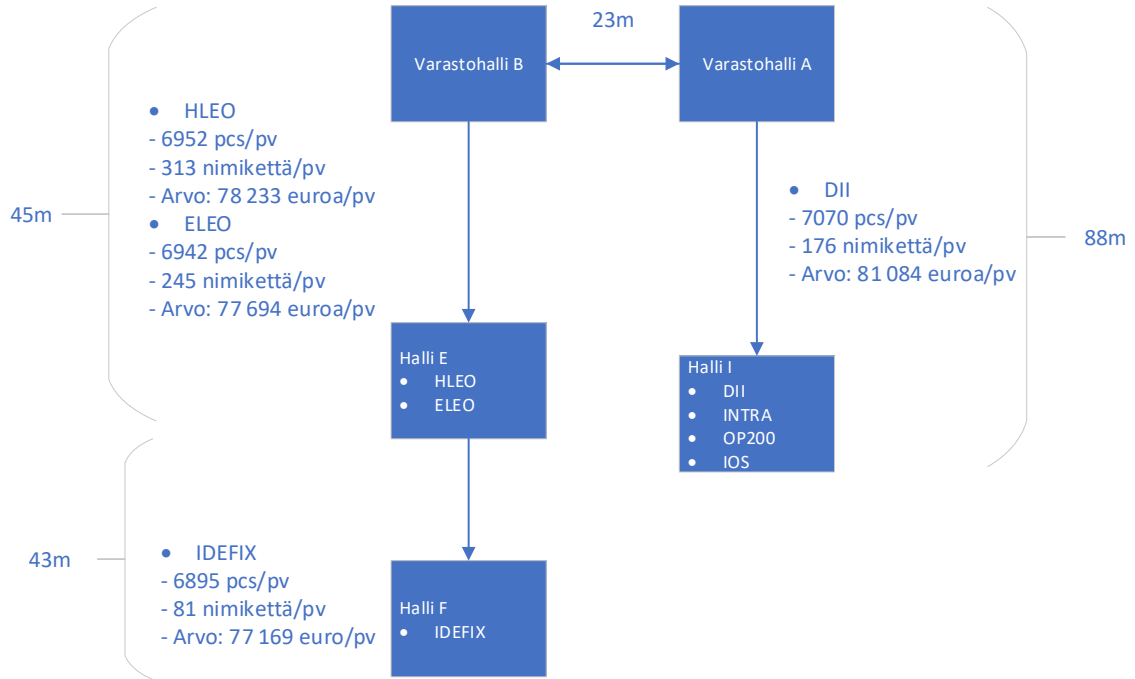
Kuva 13 Vastaanottotarkastuksen lähtevien materiaalivirtojen kulku ja etäisyys

5.4 Varastointi

Kohdeyrityksen varastoa kutsutaan nimellä HYPERMARKET. Varasto on jaettu kahteen osaan: varastohalleihin A ja B. Varastohallien erittely johtuu siitä, että on pyritty luomaan suoraviivainen materiaalivirta varastosta tuotantoon. Kohdeyrityksen tarkempi layout on esitetty liitteessä 1. Varastohallissa A varastoidaan suurin osa materiaaleista, joita kuljetetaan DII-, INTRA-, OP200- ja IOS-tuotantolinjoille. Varastohallissa B vastaavasti varastoidaan HLEO-, ELEO- ja IDEFIX-materiaaleja. Varastohallissa A työskentelee kaksi keräilijää ja kaksi hyllyttäjää, kun taas varastohallissa B yksi keräilijä ja yksi hyllyttävä. Molempien varastohallien pientavara- ja lavatavarahyllyt ovat standardeja, mutta varastohyllyjen tasojen korkeus vaihtelee. Varastotasojen korkeus riippuu siitä, mikä on varastoitavien materiaalien ominaisuudet. Materiaaleja varastoidaan laatikoissa, lavoissa, pahnalaatikoissa ja suoraan varastohyllyissä. Varastoyksiköiden monipuolisuus johtuu siitä, että materiaalit ovat keskenään hyvin erilaisia. Kaikkia komponentteja ei voida varastoida standardoiduissa yksiköissä johtuen niiden koosta ja painosta.

Kuvassa 14 on esitetty A- ja B-varastohalleista lähtevät materiaalivirrat ja niihin liittyvät etäisyydet. Kuvassa on ilmoitettu muun muassa eri tuotantolinjoille siirtyvien

komponenttien ja nimikkeiden määrät sekä niiden yhteenlaskettu arvo. Luvut on kerätty 1.3.2019 A- ja B-varastohallien RFID-porteista.



Kuva 14 Varastosta tuotantoon siirtyvien materiaalivirtojen parametrit ja siihen liittyvät etäisyydet

Varastointiprosessi käynnistyy sillä hetkellä, kun hyllyttäjä siirtää pahvilaatikoissa olevat tuotteet varastohyllyissä oleviin laatikoihin. Noin 70–80 % saapuvista toimituksista lajitellaan yksittäisistä pahvilaatikoista ja loput 30–40 % varastoidaan eurolavoissa. Yksittäiset pahvilaatikat kuljetetaan pienillä kuljetuskärryillä ja eurolavat vastaavasti pinoamisvaunuilla. Laatikoiden kyljestä löytyy tarra, johon on koottu paketin sisällön tiedot. Tarrasta löytyy muun muassa seuraavat tiedot:

- PO-numero
- Ostaja
- Varastointipaikka
- Viikonloppu- tai normaalitilaus
- Kappale- ja laatikkomäärät
- Toimittaja
- Vastaanottoleima ja päivämäärä

Hyllyttäjä tarkistaa paketissa olevasta tarrasta, mihin kyseinen tuote varastoidaan ja asettaa materiaalit sen tietoa vastaavaan laatikkoon. Laatikossa oleva tarra kertoo, nimikekohtaisen tunnusnumeron ja varastoitavien komponenttien määrät. Varastoitavien komponenttien määrät riippuvat jokaisen nimikkeen Kanban-laatikkojärjestelmästä. Nimikkeestä riippuen materiaaleja voidaan varastoida kahden, kolmen tai neljän Kanban-laatikkojärjestelmällä.

Komponenttien ja materiaalien varastoinnissa on käytössä JOT-kortti (kuva 15). JOT-kortin viivakoodilukijan avulla suoritetaan nimikkeiden ostotilaukset. Jokaisella nimikkeellä on oma JOT-kortti, joka sisältää seuraavat tiedot: nimikekuvaus, tilauspiste, hankintaerä, kanban-laatikoiden lukumäärä, toimitusaika ja kuljetusaika. Kun nimike saavuttaa tilauspisteen 0, laatikko tyhjenee ja keräilijä tekee ostotilauksen viivakoodilukijan avulla. Viivakoodilukija ei varsinaisesti suorita ostotilausta, vaan lähettää ohjausjärjestelmän kautta ostokehotuksen ostajalle. JOT-kortteja säilytetään jokaisen nimikkeen varastohyllyn yläpuolella tai yhteisessä JOT-taulussa. JOT-korteista on mahdollista nähdä myös seuraavan toimituksen saapumispäivämäärän. JOT-korttien tavoitteena on antaa visuaalista tukea tilauksien valvonnalle.



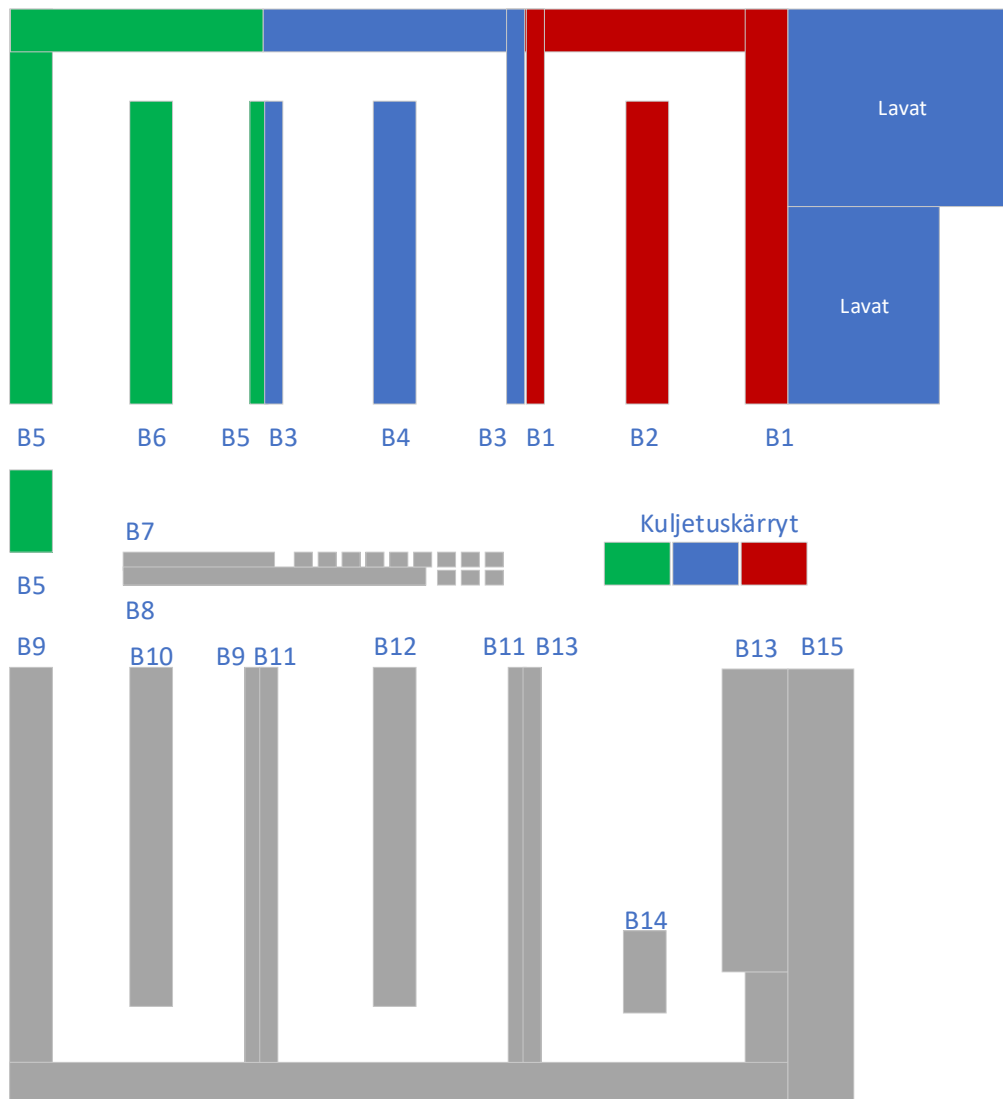
Kuva 15 Esimerkki JOT-kortista ja siinä ilmoitetuista tiedoista

5.4.1 Varastohalli B

Varastohallin B varastohyllyt on jaettu värikoodeihin ja ne vastaavat eri tuotantolinjoissa olevia alueita. Värikoodien avulla on pyritty helpottamaan varastopaikkojen löytämistä ja

tuotantolinjoille hyllyttämistä. Varastohyllyissä on keskimäärin neljä tasoa ja jokainen taso, hylly ja varastokäytävä on tunnistettavissa oman kirjaimen ja numeron avulla. Varastopaikka B1-2-3 tarkoittaa esimerkiksi sitä, että materiaalit on varastoitu hyllyvälissä B1, varastohyllyllä kaksi ja tasolla kolme. Seuraava vaihe materiaalien löytämisessä on nimikekoodin löytäminen kyseiseltä hyllytasolta.

Hyllykäytävien keskelle (B4, B6, B10 jne.) on sijoitettu lavatavarahyllyjä. Hyllyrivissä B2 on varastoitu elektronisia komponentteja keskikokoisissa muovisissa laatikoissa ja hyllyriveissä B4, B6 jne. erilaisia suurehkoja pahvilaatikoita ja lavoja. Pientavarahyllyissä vastaavasti nimikkeet varastoidaan standardoiduissa muovilaatikoissa tai suoraan hyllytasolla. Kuvassa 16 on esitetty B-varastohallin layout.



Kuva 16 B-varastohallin layout

5.4.1.1 Keräily

B-varastohallissa työskentelee keräilytehtävissä yksi operaattori kahdeksantuntisen työvuoronaikana. Keräilyimpulssi syntyy, kun tuotannossa olevat kanban-laatikot tyhjenevät. Tyhjet laatikot kerätään jokaisen tuotantoalueen värikoodin perusteella, jonka jälkeen ne kuljetetaan hypermarketin varastohalliin. Tyhjet laatikot ovat merkki siitä, että tuotanto tarvitsee materiaaleja ja keräilyprosessi voi alkaa. Keräilyprosessi alkaa siitä, kun keräilijä huomaa keräilykärryn sisältävän tyhjiä laatikoita. Värikoodilla varustettu kuljetuskärry tarkoittaa, että keräily tapahtuu pääosin sellaisissa hyllyväleissä, missä kyseinen värikoodi sijaitsee. Kaikki nimikkeet eivät kuitenkaan ole mahdollista varastoida samalla värikoodilla varustetuissa hyllyväleissä, joten osa nimikkeistä täytyy kerätä muista hyllyriviväleistä. Keräily tapahtuu usein pienemmällä kärryllä kuin varsinaisella kuljetuskärryllä. Keräilyn jälkeen kuljetuskärry odottaa hypermarketissa, kunnes kuljetusaikataulu sallii sen etenemisen. Jokaiselle kärrylle on oma kuljetusaikataulu päivän aikana, ja sen mukaan myös kaikki lähdöt ajoittuvat. Taulukossa 17 on kerätty eri värikoodein varustettujen varastoalueiden aikatauluja ja määriä yhden päivän aikana.

Punainen kärry		Sininen kärry		Vihreä kärry	
Keräilyaika	21 min	Keräilyaika	31 min	Keräilyaika	26 min
Laatikkomäärä	13	Laatikkomäärä	22	Laatikkomäärä	7 + 2 settiä + 4 isoa nimikettä
Tahti	0,61 laatikkoa/ min	Tahti	0,71 laatikkoa/ min	Tahti	-
Kärrymäärä päivässä	4–5	Kärrymäärä päivässä	3–5	Kärrymäärä päivässä	3–5

Kuva 17 B:n varastohallin päivittäisen keräilytoiminnan parametrit.

5.4.1.2 Kuljetus

Kuljetuksen tarkoituksena on siirtää nimikkeitä varastosta tuotantoon, jotta tuotantolinjoista löytyy aina riittävä määrä komponentteja laitteiden valmistukseen. Kuljetukset on ajoitettu

klo 7.10–15:00 ja lähdöt on aikataulutettu lähtevän 30 minuutin välein. Kuljetuskärryt siirtyvät tuotantoloihin RFID-portin kautta, jotta nimikesaldot siirtyvät aina oikeisiin varastopaikkoihin. Tuotantolinjoissa olevat hyllyt on numeroitu samalla periaatteella kuin varastohalleissa olevat hyllyrivit. Tavoitteena on ylläpitää yhdenmukaiset toimintatavat, jotta työskentely ja nimikkeiden profilointi pysyvät korkealla tasolla. Taulukossa 18 on esitetty varastosta tuotantoon siirtyvien nimikkeiden työmäärä aikayksikkönä.

Punainen kärry		Sininen kärry		Vihreä kärry	
Hyllyttäminen	6,40 min	Hyllyttäminen	5,30 min	Hyllyttäminen	7,48 min
Tyhjien laatikoiden keräily	3,60 min	Tyhjien laatikoiden keräily	2,55 min	Tyhjien laatikoiden keräily	4,42 min
Hyllyttäminen + keräily yhteensä yhden päivän aikana	1 h	Hyllyttäminen + keräily yhteensä yhden päivän aikana	40 min	Hyllyttäminen + keräily yhteensä yhden päivän aikana	1 h

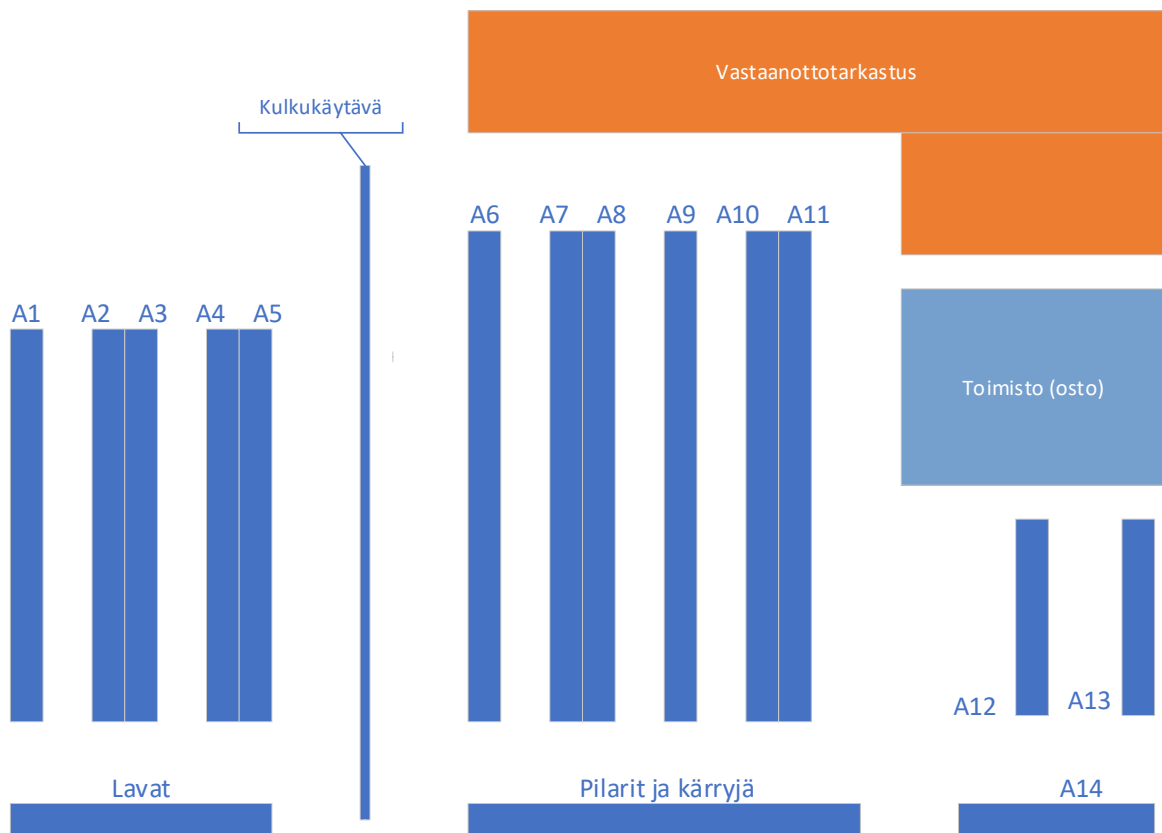
Kuva 18 Varastosta tuotantoon siirtyvien nimikkeiden työmäärä aikayksikkönä

B-varastohallin kuljetustehtävissä työskentelee yksi operaattori kahdeksantuntisen työvuoron aikana. Kuljetustehtäviin ei kuulu ainoastaan värikoodeilla varustettujen kärryjen kuljettaminen tuotantoon, vaan myös useiden muiden komponenttien kuljettaminen. Kuljetuksissa kuljetetaan HLEO-tuotantohallille muun muassa seuraavat komponentit:

- Sensorit (keskimäärin 11 kpl päivässä)
- Vanerilaatikot/lavat (keskimäärin 5 kpl päivässä)
- Putkipäät
- Bajamajat
- Cranex-kärry
- Cranex-potilasasettelu
- Koneistamo (keskimäärin 4 kpl päivässä)

5.4.2 Varastohalli A

Kuvassa 19 on esitetty A-varastohallin layout. Varastohyllyt A1–A6 ja A12–A14 ovat yli 2,5 metrisiä korkeita lavatavarahyllyjä, kun taas A7–A11 varastohyllyt ovat 1,7 metrisiä korkeita pientavarahyllyjä. Poikkeuksena on A9 hyllyrivi, johon on varastoitu lavoja ja pahvilaatikoita. Kyseisen hyllyrivin käytäväväli on noin metri, jonka myötä lavojen kanssa työskentely on hyvin haastavaa. Pientavarahyllyjä vastapäätä on varastoitu röntgenlaitteiden valmistuksessa tarvittavia pilareita ja epämääräisiä kääryjä. Varastohyllyjen A1–A5 vastapäätä on vastaavasti varastoitu lavoja suoraan lattialle.



Kuva 19 A-varastohallin layout

A-varastohallin toiminta on pääpiirteittäin samanlaista kuin B-varastohallin toiminta, mutta pieniä eroavaisuuksia on kuitenkin havaittavissa. A-varastohallin hyllyrivejä ei ole jaettu värikoodeihin, ja kuljetukset tapahtuvat automatisoidun robotin avulla. Osa I- ja F-halliin menevistä nimikkeistä on varastoitu B-hallin varastohyllyille B7–B15. Tästä johtuen materiaalivirtojen kuljetus eri hallien välillä ei ole ihan täysin suoraviivaista.

5.4.2.1 Keräily ja kuljetus

Osaan A-varastohallin kuljetuskärryjä on rakennettu settiasetelmia. Settiasetelmien avulla keräilijä tietää, mitkä nimikkeet täytyy kerätä ja mihin paikkoihin ne täytyy sijoittaa. Settiasetelmat auttavat keräilijöitä hahmottamaan ja muistamaan kaikki keräiltävät nimikkeet. Valmiit settiasetelmat auttavat myös tuotannon operaattoreita kokoamaan laitteita, sillä kaikki koottavat nimikkeet löytyvät samasta paikasta.

A-varastohallin keräilytoiminnot ovat pääpiirteittäin samanlaiset kuin B-varastohallin. Suurin osa keräilytoiminnoista koostuu pientavarahyllyistä keräilystä ja yksittäisistä erillisistä keräilytoimenpiteistä. Taulukossa 5 on esitetty tärkeimmät keräilyyn liittyvät parametrit ja niiden tunnusluvut sekä erillisten keräilytoimeenpiteiden tehtävät.

DII-keräily	ELEO-keräily	IDEFIX-keräily
198 laatikkoa/pv	69 laatikkoa/pv	Ei ole tietoa
18 kärryä/pv	25 kärryä/pv	27 kärryä/pv
Kärrymäärään kuuluu:	Kärrymäärään kuuluu:	Kärrymäärään kuuluu:
Pientavarahyllyjen keräilykärryt, 14	Pientavarahyllyjen keräilykärryt, 4	Pientavarahyllyjen keräilykärryt, 8
Putkipäät, 4	Pak, 4	Kopat, 4
Seinärauta, 2		Bajis, 2
Jousikokoonpano, 2		Vanerilaatikat, 4
Lavat 2		Putkipäät, 2
Solut 2		Potilasasettelu, 1
Niveltilaukset 1		Kalibrointilaatikko, 1
		QC kit / QA tools, 1
		Kefalo pakkaus, 1

Taulukko 5 A-varastohallin tärkeimmät tunnusluvut

A-varastohallin kuljetukset on aikataulutettu samalla tahdilla kuin B-varastohallista lähtevät kuljetukset. Varastosta tuotantoon kulkevat kärryt on kiinnitetty automatisoituun robottiin. Robotin reitti on ennalta suunniteltu, ja liikkuminen tapahtuu lattiassa olevan teipin

avulla. Kuljetus ei ole aivan täysin automatisoitu, sillä osa robotin ohjauksesta tapahtuu operaattorin toimesta. Operaattorit kiinnittävät kuljetuskärryt robottiin ja käynnistävät sen liikkeelle. Tämän jälkeen robotti kulkee varaston ja tuotannon välissä olevan RFID-portin kautta, jossa kaikki nimikkeet luetaan ja siirretään tuotannossa oleville varastosaldolle. RFID-portti täytyy aktivoida manuaalisesti, joten kuljetuksista vastaava operaattori joutuu odottamaan, että robotti kulkee hallien läpi ennen kuin hän pystyy jatkamaan työskentelyä. Kuljetuskärryjen tarkoituksena on jäädä I-tuotantohallin eri kohdissa pois, ja ilman operaattorin apua tämä ei ole mahdollista. Lisäksi robotin kääntymisessä I-tuotantohallin päässä ei tapahdu automaattisesti, ja kääntymisessä tarvitaan operaattorin ohjausta.

5.5 Tuotanto

Kohdeyrityksen tuotannonohjaus pohjautuu asiakasohjautuvaan tuotantoon. Varsinainen tuotantoimpulssi syntyy, kun myyntitilaus on vastaanotettu, jonka jälkeen tuotantoprosessi varsinaisesti alkaa. Tuotantoprosessit on jaettu eri vaiheisiin, kuten kokoonpano, testaus ja pakkaus. Kokoonpano suoritetaan kiinteässä U-muotoisessa kokoonpanosolussa ilman asiakaskohtaisia räätälöintejä. Työkalut ja materiaalit löytyvät kokoonpanosolujen hyllyiltä, ja operaattoreiden työskentely pysyy kiinteässä työpisteessä. Kokoonpanon työmäärät ohjataan tuotantoalueen yläpuolella olevan TV-ilmoitustaulun avulla. Ilmoitustaululla on ilmoitettu, kuinka monta laitetta täytyy kokoonpanna, minkälaista laitetta täytyy työstää sekä niihin liittyvät tuotantotahdit.

6 HUKKATEKIJÖIDEN TUNNISTAMINEN JA MATERIAALIVIRTOJEN KEHITTÄMINEN

Tämän tutkimuksen tavoitteena on kehittää kohdeyrityksen sisälogistisia materiaalivirtoja. Työssä on sovellettu laajasti erilaisia materiaalivirta-analyysejä, kuten abc-analyysiä, suorituskyvyn mittaamisen työkaluja, Lean-ajattelun toimintamalleja ja layout-suunnittelua. Kehittämiskohteiden tunnistamisessa on käytetty apuna nykytila-analyysissä ilmenneitä hukkatekijöitä. Analyyseissä hyödynnetyt tieto ja data ovat lähtöisin haastatteluista, toiminnanohjausjärjestelmästä ja paikan päällä olevista havainnoista.

Materiaalivirtojen tehokkuutta tarkastellaan eri näkökulmista, kuten vastaanottoon saapuvista materiaaleista, varaston ja tuotannon välisistä kuljetuksista sekä varaston tilatehokkuuden ja keräilyn perspektiivistä. Tarkoituksena on analysoida prosesseissa ilmeneviä hukkatekijöitä ja soveltaa teoriassa käsiteltyjä oppeja materiaalivirtojen kehittämiseksi. Tutkimuksen kannalta oli erittäin tärkeää ymmärtää, missä materiaalien solmukohdissa liikkuu suuremmat volyymit, mikä on niiden tahtiaika ja paljonko ne sitovat pääomaa.

Kohdeyrityksellä ei ollut aikaisempaa tietoa materiaalivirtojen todellisesta virtauksesta ja kuormituksesta, joten nykytila-analyysin arviointi ja kehittäminen oli sekä ajankohtainen että tarpeellinen prosessitarkastelu. Toiminnan kehittämisen tavoitteena on tehostaa nykyisiä prosesseja ilman suuria investointeja. Materiaalivirtojen analyyseissä kiinnitetään huomiota viiteen eri tekijään:

- Vastaanoton virtaustehokkuus
- Henkilöstöressurssien optimointi
- Kuljetustehokkuus
- Varastohallien tilatehokkuus
- Varaston toimitustehokkuus

Vastaanoton virtaustehokkuudella tarkoitetaan vastaanoton kautta kulkevien materiaalivirtauksien suorituskyvyn lisäämistä. Henkilöstöressurssien optimoinnissa vastaavasti keskitytään luomaan tehokas järjestelmä, jonka avulla kohdeyritys pystyy

allokoimaan resursseja sekä oikeaan tehtävään että oikean määrän. Kolmantena kehitysalueena on kohdeyrityksen hallien välinen materiaalivirran tehostaminen. Kuljetustehokkuudella tarkoitetaan materiaalien fyysistä siirtymistä kahden tai useamman pisteen välillä. Varastohallien tilatehokkuudella ja varaston toimitustehokkuudella pyritään kehittämään nykyistä layoutia, jotta keräily ja tilankäyttö olisi mahdollisimman tehokasta.

6.1 Tavarahan vastaanoton kehittämien

Tavarahan vastaanotto on materiaalivirran kannalta yksi tärkeimmistä solmukohtista, sillä kaikki saapuvat toimitukset kulkevat tämän kautta. Vastaanoton hukatekijöiden kartoituksen myötä tapahtuva kehittäminen toimii tärkeässä roolissa koko materiaalivirran sujuvuuden kannalta, sillä niiden vaikutukset heijastuvat koko yrityksen materiaalivirtaan.

Nykytila-analyysin avulla on tunnistettu kaksi merkittävää hukatekijää kohdeyrityksen vastaanottoalueella. Ensimmäinen kehitysalue koskee tavarahan vastaanoton rajallista kapasiteettia ja materiaalivirtojen epätasaisuutta. Päivän aikana syntyy kaksi suurta toimituspiikkiä, klo 7.45 ja klo 14.00. Toimituspiikit aiheuttavat dominoefektin saapuvan tavarahan vastaanotossa ja sen prosessoimisessa. Vastaanoton operaattorit eivät ehdi vastaanottamaan kaikkia toimituksia, jolloin tavaroita varastoidaan ulkotiloissa. Kohdeyrityksellä ei ole minkäänlaista asianmukaista ulkotilavarastointia. Tämä aiheuttaa suuria ongelmia tavaroiden menekissä ja mahdollista kustannusten nousua.

Toisena kehittämialueena on informaation puute ja henkilöstöresurssien kohdistaminen. Henkilöstöresurssit allokoidaan tarpeen mukaan silloin, kun vastaanotolla on kiire tai muun syyn vuoksi. Kohdeyrityksellä ei ole tarkkaa tietoa saapuvista tilavuusvirroista eikä siitä, kuinka paljon ne kuormittavat vastaanottotoimintaa. Informaation puute aiheuttaa sekavuutta ja heikkoa vastaanottotoiminnan hallintaa.

6.1.1 ABC-analyysi

Kehittämissuhteet on koottu kolmeen keskeiseen toimenpiteeseen: ABC-analyysi, suorituskyvyn mittariston käyttöönotto ja pinta-alan lisääminen. Materiaalivirta-analyysissä päätettiin kiinnittää huomiota toimittajien volyymeihin, toimitusten lukumääriin ja niiden

saapumisaikatauluun. Saapuvat toimitukset vastaanotetaan tällä hetkellä FIFO-periaatteen mukaisesti. Suuren materiaalivirran takia FIFO-periaatteen purkutoiminta ei ole kaikista tehokkain tapa toimia. Tavoitteena on nopeuttaa vastaanottotoimintaa, ettei komponentteja tarvitsisi varastoida ulkoalueilla. ABC- ja XYZ-analyysien tarkoituksena on auttaa kohdeyritystä tehostamaan vastaanoton käsittelytoimeenpiteitä ja minimoimaan lattiapinta-alaa. Analyysissä keskitytään tarkastelemaan eri toimittajien merkitystä saapuvissa materiaalivirroissa.

ABC-analyysissä on otettu huomioon toimittajien tilavuusvirrat ja asetettu ne suuruusjärjestykseen. ABC-analyysin täydentämiseksi on otettu käyttöön myös XYZ-analyysi, jossa on lajiteltu toimitusten lukumäärä kasvavaan järjestykseen. ABC-analyysin luokitteluperusteet on ilmoitettu taulukossa 6.

	Luokat		
	A	B	C
Vastaanotto	< 84 %	84 % < B > 96 %	96 % < B > 100 %

Taulukko 6 ABC-luokittelu

ABC-luokat on jaettu kolmeen luokkaan. Ensimmäinen luokka (A) kertoo niistä toimittajista, jotka vastaavat 84 %:sta koko saapuvasta tilavuusvirrasta. B-luokka kertoo niistä toimittajista, jotka vastaavat seuraavista 12 %:sta kokonaistilavuusvirrasta ja C-luokassa vastaavasti 4 %:sta. A-luokka sisältää ainoastaan yhden kuljetusliikkeen, B-luokka kaksi ja C-luokka kolme. Taulukossa 7 on esitetty XYZ-luokitteluperusteet.

	Luokat		
	X	Y	Z
Vastaanotto	< 53 %	53 % < B > 79 %	79 % < B > 100 %

Taulukko 7 XYZ-luokittelu

XYZ-analyysistä saadaan selville se, että yksi toimittaja vastaa 53 %:sta kaikista saapuvista toimituksista. Kaksi toimittajaa vastaa 26 %:sta, ja loput 21 % toimituksista on kolmen kuljetusliikkeen vastuulla. Yhdistämällä ABC- ja XYZ-analyysit, pystytään saamaan kokonaiskuva kaikista saapuvista toimituksista ja niihin liittyvistä tilavuusvirroista.

Tavoitteena on tarkastella eri kuljetusliikkeiden toimitusvälejä ja sitä, miten toimitusvolyymi jakautuu.

ABC- ja XYZ-analyysistä tulee esille yksi merkittävä kuljetusliike, joka toimittaa 7 732 tonnia vuodessa ja kattaa noin 80 % koko saapuvan materiaalivirran suuruudesta. Muut kuljetusliikkeet toimittavat kuormitukseltaan ja intensiteetiltään paljon pienempiä toimituksia, ja tämän takia ne eivät ole kovin merkittäviä koko materiaalivirran kannalta. Suurin kuljetusliike toimittaa kohdeyritykselle komponentteja kuudeltakymmeneltäseitsemältä toimittajalta. Suurimpia toimittajia on kahdeksan, ja ne toimittavat keskimäärin 220–373 toimitusta vuodessa 550 000 kg:n kuormituksella.

Vastaanoton näkökulmasta kaikista helpoimmat toimitukset ovat tilavuudeltaan pieniä, koska niiden prosessointi vie suhteellisen vähän aikaa verrattuna suurempiin tilavuusvirtoihin. Tiheät toimitusvälit nostavat kuljetuskustannuksia, mutta varastotasot vähenevät, ja sen mukana myös siihen sitoutuneet pääomat. Tiheä toimitusväli aiheuttaa kuitenkin enemmän käsittelytyötä, jonka takia henkilöresurssit nousevat. Suhteellisen jatkuva toimitusväli johtaa myös siihen, että tavaran kiertonopeus on korkea, jolloin ne siirtyvät nopeammin varastoon. Suurivolyymiset toimitukset kuormittavat henkilöstöresursseja ja ovat sekä haasteellisia että aikaavieviä vastaanottotoimintoja.

Suurin kuljetusliike, joka toimittaa suurimman osan saapuvista tavaroista, voidaan tunnistaa käyttämällä lyhennettä LX. Analyysin tuloksena kohdeyrityksen on pääasiallisesti keskityttävä vaikuttamaan kuljetusliikkeeseen LX ja ohjattava saapuvia tilavuusvirtoja volyymin mukaisesti. Käsittelemällä ensimmäiseksi pienempiä tilavuusvirtoja, pystytään vähentämään pullonkauloja ja tehostamaan vastaanoton lattiapinta-alaa. Kyseisellä ratkaisulla ulko-varastointi on hyvin epätodennäköinen skenaario. Tällä hetkellä vastaanotossa on käytössä kaksi hihnakuljetinkaistaa, ja saapuvat tavarat vastaanotetaan FIFO-periaatteen mukaisesti. Tulevaisuudessa olisi tarkoitus keskittyä tilavuusvirtakeskeiseen vastaanottoperiaatteeseen, jolloin vastaanotetaan ensimmäiseksi volyymiltaan pienemmät toimitukset. Nykyisistä kahdesta vastaanottokaistasta ensimmäisen tulisi palvella ainoastaan pieniä tilavuusvirtoja ja toisen kaikkia suurempia kuormia. Taulukossa 8 on esitetty vastaanottokaistojen tilavuusparametrit.

Vastaanottokaista 1	0,2 m ³ – 1,5 m ³
Vastaanottokaista 2	1,6 m ³ – 2,6 m ³

Taulukko 8 Vastaanottokaistojen tilavuusparametrit

Korkeat toimituspiikit aiheuttavat merkittäviä tilanpuuteongelmia. Tilavuusvirta-analyysin ohjausperiaatteen tueksi täytyy ottaa huomioon vastaanottoalueen laajennustoimenpiteet. Vastaanoton optimaalinen kapasiteetti on 14 lavaa ja maksimaalinen 21 lavaa. Suurimmat toimituspiikit voivat saavuttaa 28 lavaa 20 minuutissa. Tämä tarkoittaa sitä, että vastaanottoalueelle tarvitaan vähintään yksi vastaanottokaista lisää, eli noin 28 m² lattiapinta-alaa.

6.1.2 Kuormien saapumisaikataulun kehittäminen

Materiaalivirran kehittämisessä täytyy kiinnittää huomiota materiaalivirtojen tasaisuuteen ja nopeaan kiertoon. Kohdeyrityksellä on käytössä suuntaa-antava aikataulu, joka ei ole optimoitu tasaiseen materiaalivirtaukseen. Uusi toimitusaikataulu pyrkii vähentämään suuria toimituspiikkejä ja helpottamaan vastaanottotehtäviä. Tällä hetkellä päivän aikana vastaanotetaan keskimäärin 465 riviä, ja tarkoituksena tulevaisuudessa olisi vastaanottaa noin 58 riviä tunnissa. Uudessa aikataulussa kiinnitetään huomiota ainoastaan suurempia tilavuusvirtoja operoiviin kuljetusliikkeisiin. Aikataulu toimii kuljetusliikkeille ikään kuin lukujärjestyksenä, jonka mukaisesti tavarat toimitetaan. Kohdeyrityksen täytyy sopia, joko kuljetusliikkeen tai suoraan toimittajien kanssa, milloin kyseiset toimitukset saapuvat.

Tutkimuksen datan keruussa seurattiin vastaanottoon saapuvia toimituksia yhden viikon ajan ja kirjattiin ylös kaikki saapuvat kuormat aikatauluineen. Taulukossa 9 on esitetty keskimääräiset toimitusmäärät päivässä, toimitetut lavamäärät ja niistä vastuussa olevat kuljetusliikkeet. Korkea toimitusmäärä on hyvä ominaispiirre tasaiselle materiaalivirtaukselle, mutta korkeat toimituspiikit on eliminoidava.

Kuljetusliike	Toimitukset/pv	Prosenttiosuus kaikista päivän aikana saapuvista toimituksista	Lavamäärät/pv
LX	8	53 %	68
BX	1	7 %	6

WX	1	7 %	1
SX	2	13 %	1
PX	2	13 %	5
UX	1	7 %	1

Taulukko 9 Saapuvien kuormien toimitusmäärät

Uuden aikataulun suunnittelussa on kiinnitetty huomiota materiaalivirtojen tasaiseen virtaukseen ja volyymiltaan suurimpaan kuljetusliikkeeseen (LX). LX toimittaa päivittäin noin 68 lavaa, ja vastaanoton optimaalinen kapasiteetti on 14 lavaa. Tämä tarkoittaa sitä, että LX:n pitäisi toimittaa noin viisi kertaa päivässä noin 14 lavaa kerralla. Muut kuljetusliikkeet toimittavat yksittäisiä paketteja tai 1–5 lavan eriä, joten niiden merkitys on suhteellisen pieni verrattuna koko materiaalivirtaan. Uusi aikataulu on suunniteltu siten, että vastaanoton operaattorit pystyvät vastaanottamaan suurimman osan saapuvista kuormista ennen kuin uudet toimitetaan, jolloin vastaanottotilat eivät ylikuormitu. LX toimittaa 80 % saapuvasta tavaresta, joten sen vastaanotolle on varattu yhteensä noin 6,5 tuntia päivässä.

Klo/pv	Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai
7.00	LX	LX	LX	LX	LX
7.30	Vastaanotto	Vastaanotto	Vastaanotto	Vastaanotto	Vastaanotto
8.00	PX, SX, BX	PX, SX, BX	PX, SX, BX	PX, SX, BX	PX, SX, BX
8.30					
9.00	Vastaanotto	Vastaanotto	Vastaanotto	Vastaanotto	Vastaanotto
9.30					
10.00	LX	LX	LX	LX	LX
10.30					
11.00	Vastaanotto	Vastaanotto	Vastaanotto	Vastaanotto	Vastaanotto
11.30					
12.00	PX, UX	PX, UX	PX, UX	PX, UX	PX, UX
12.30	Vastaanotto	Vastaanotto	Vastaanotto	Vastaanotto	Vastaanotto
13.00	LX	LX	LX	LX	LX
13.30	Vastaanotto	Vastaanotto	Vastaanotto	Vastaanotto	Vastaanotto

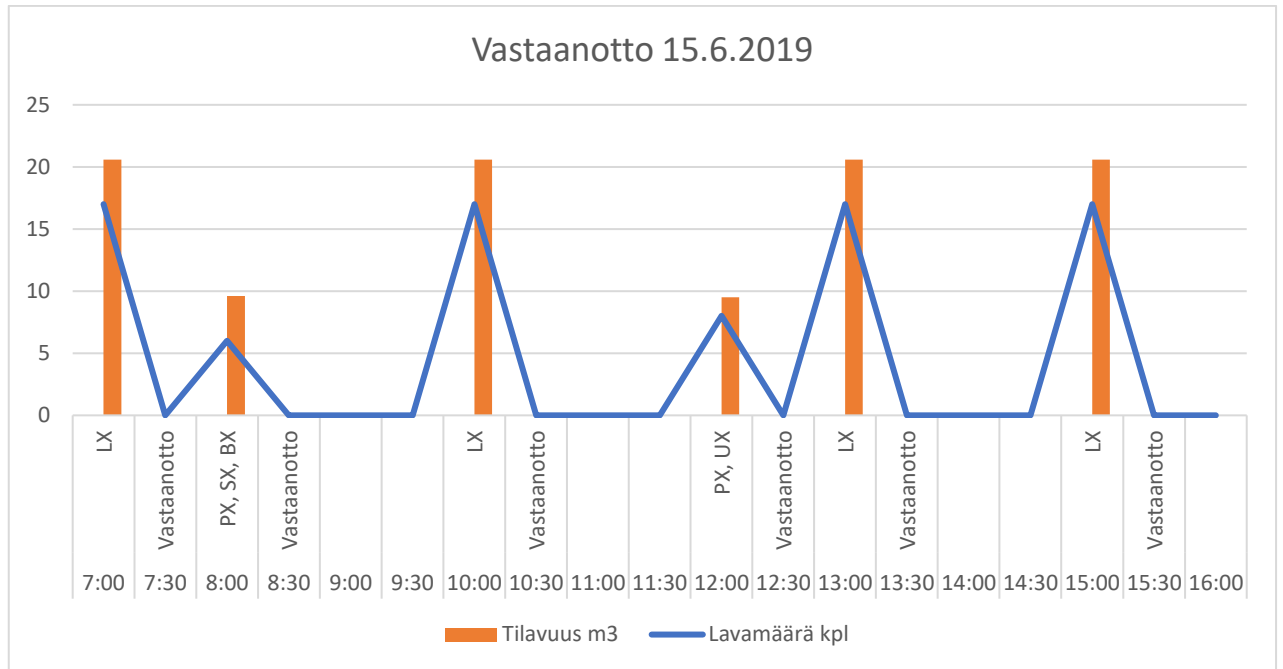
14.00					
14.30					
15.00	LX	LX	LX	LX	LX
15.30	Vastaanotto	Vastaanotto	Vastaanotto	Vastaanotto	Vastaanotto

Taulukko 10 Saapuvien kuormien aikataulu

6.1.3 Suorituskyvyn mittaaminen ja henkilöstöresurssien allokointi

Vastaanotossa ei ole käytössä minkäänlaista suorituskyvyn mittaristoa, ja ainoana indikaattorina toimii vastaanotettujen rivien määrät. Johtoryhmällä ei ole tarkkaa tietoa siitä, mikä on operaattoreiden työtahti eikä siihen liittyvästä tehottomuudesta. Työskentelyn tehostamiseksi on hyvin suositeltavaa ottaa käyttöön henkilökohtainen suorituskyvyn mittari. Mittarin tarkoituksena on tuoda esille jokaisen operaattorin kuukausittainen vastaanottomäärä, johonka suhteutettuna lasketaan siihen liittyvä rahallinen kannustuspalkkio. Palkkion tavoitteena on kannustaa operaattoreita tehokkaaseen työskentelyyn ja poistaa ylimääräisiä työntehokkuuteen vaikuttavia hukatekijöitä. Tavoitteena on vastaanottaa noin 8 lavaa ja 15,3 m³ tunnissa. Ylimenevistä vastaanotetuista neliömetreistä maksetaan rahallinen palkkio.

Informaation kulun tehostamiseksi ja henkilöstöresurssien optimoimiseksi kohdeyrityksen vastaanottoalueelle ehdotetaan ottamaan käyttöön visuaalinen mittaristo. Mittariston käyttö tulee tukemaan sekä operaattoreiden päivittäistä työskentelyä että varastopäällikön henkilöstöresurssien allokointia. Tavoitteena on esittää visuaalisesti päivä- tai viikkotasolla saapuvien kuorimien tärkeimmät tunnusluvut. Vastaanottoalueella on mahdollista ottaa käyttöön info-tv-ilmoitustaulu, josta kaikki työntekijät pystyvät reaaliaikaisesti seuraamaan saapuvan tavaran intensiteettiä päivän aikana. Kuvassa 20 on esitetty esimerkki mahdollisesta käyttöönotettavasta mittarimallista.



Kuva 20 Esimerkki saapuvien kuormien mittaristosta

Kuvasta 20 on mahdollista havaita saapuvan kuorman tilavuusvirta, lavojen kuormitusmäärä, mihin aikaan kukin kuljetusliike saapuu vastaanottoalueelle ja kuinka paljon aikaa on käytettävissä ennen seuraavan kuorman saapumista. Tv-ilmoitustaululla on tarkoitus esittää kyseisen päivän saapuvat kuormat ja klo 13.00 jälkeen myös seuraavan päivän toimitusvirrat. Tämän avulla sekä operaattorit että varastopäällikkö tietävät, mitkä ovat sen hetken saapuvat kuormitukset sekä seuraavan päivän ennusteen. Seuraavan päivän tietojen avulla pystytään havaitsemaan muun muassa mahdolliset merkittävät toimituspiikit ja vilkkaammat tai hiljaisemmat ajankohdat.

Varastopäällikölle voidaan laatia erikseen oma mittaristo, josta tulee esille nykyiset vastaanotossa työskentelevät resurssit ja mikä on saapuvan kuorman tilavuusvirta sekä sen mukainen laskettu uusi resurssivaatimus. Tämä ratkaisu mahdollistaa sen, että varastopäälliköllä on ajankohtaista tietoa henkilöstöresursseista ja pystyy varautumaan tuleviin muutoksiin. Taulukossa 21 on esitetty esimerkki resurssihallinnan tukena olevasta mittaristosta.

	Tänään	Huomenna
Henkilöstöresurssit aamulla	3	5
Henkilöstöresurssit iltapäivällä	3	4
Tilavuusvirta (m ³) aamulla	36,81	61,36
Tilavuusvirta (m ³) iltapäivällä	36,81	49,08
Toimitukset	8	13

Kuva 21 Resurssihallinnan mittaristo

6.2 Varaston ja tuotannon välisen materiaalivirran kehittäminen

Nykytila-analyysissä kävi ilmi merkittäviä hukkatekijöitä tuotannon ja varaston välisissä kuljetustehtävissä. Hallien väliset kuljetukset suorittaa automaattinen robottijuna, jota kutsutaan myös nimellä AGV (engl. automated guided vehicle). Prosessin kehittämisessä on kiinnitetty erityistä huomiota henkilöstöresurssien optimointiin, robottijunan suorituskyvyn tehokkuuteen ja investointien minimoimiseen. Kohdeyritys ei ole valmis tekemään merkittäviä investointeja, joten mahdollisten investointien takaisinmaksuajaksi on asetettu noin vuoden mittainen aikaraja.

Kehitysehdotuksien ulkopuolelle on jätetty radikaalien automaattioratkaisujen analysointi, kuten hihnakuljettimet ja räätälöidyt automaatiotyökalut. Uudet automaattioratkaisut tarvitsevat merkittävästi tilaa ja layoutin uudelleensuunnittelua. Kulkukäytävien hallien väliset käytävät ovat puolitoista metriä leveitä, ja suuret muutokset voivat aiheuttaa operatiivisia vaikeuksia. Tilavaikkeuksien ja korkeiden investointien takia tämä ratkaisu ei sovellu kohdeyrityksen esitettyihin reunaehtoihin.

Materiaalivirran kehittämiseksi ehdotetaan RFID-portin automaattista kommunikointia työkoneiden kanssa, tuotantosolujen layout-muutoksia, robottijunan tehokkuuden parantamista sekä kuljetuskärryjen ja tuotantosolujen rakenteiden uudistamista. Uusilla ratkaisuilla pyritään vähentämään muun muassa operaattoreiden virheitä, tehotonta työaikaa, sisälogistisia läpimenoaikoja ja muita prosesseissa ilmeneviä hukkatekijöitä. Materiaalivirtauudistuksen tavoitteena on automatisoida täysin varastosta tuotantoon ja

tuotannosta varastoon kulkevat kuljetukset. Tämän lisäksi kehitysehdotuksissa on esitetty vaihtoehto myös kuljetuksen yhteydessä tapahtuvien keräily- ja hyllytystoimeenpiteiden automatisointiin. Automatisointiin liittyvät hyödyt ja haitat on esitetty taulukossa 11.

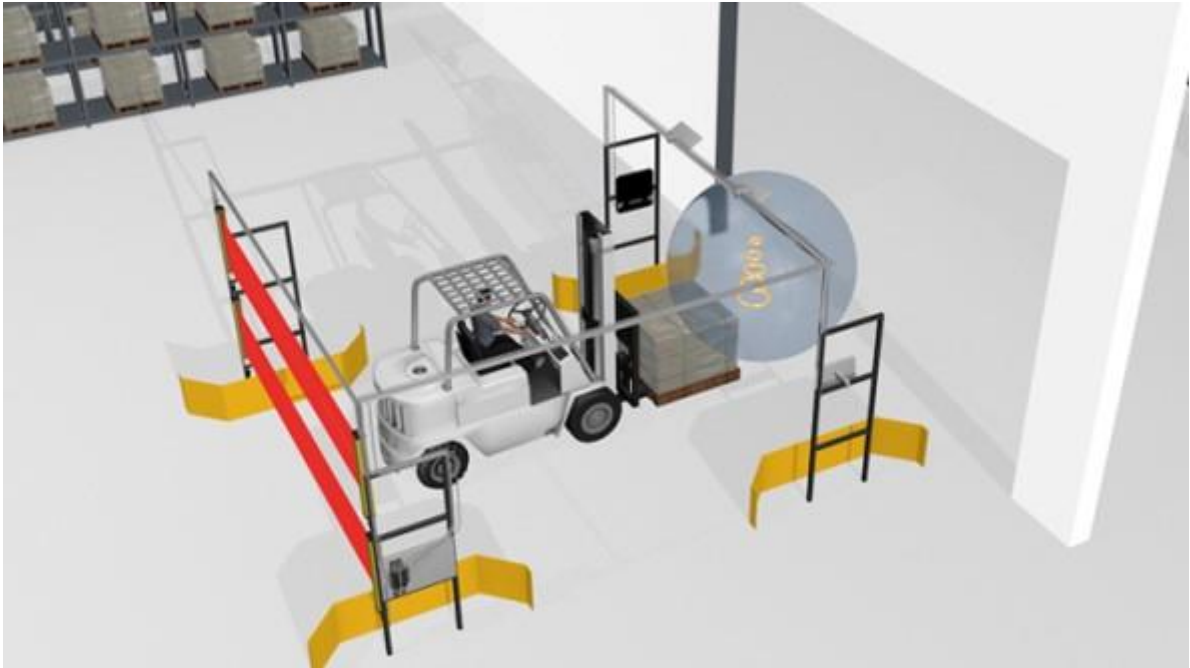
Hyödyt	Haitat
Nopea nimikkeiden läpimenoaika -> tasainen materiaalivirta	Tilan kapasiteetti
Korkea laatu ja tehokkuus	Investointikustannukset
Turvallisuus	Muutostoimeenpiteiden tuomat haasteet
ROI	
Kustannuksien minimointi	

Taulukko 11 Kehitystoimeenpiteiden haitat ja hyödyt

6.2.1 RFID portin automaattinen käynnistys

Nykytila-analyysissä on havaittu merkittävänä hukatekijänä operaattorin työajan menettäminen. Robottijunan lähtiessä operaattori joutuu seuraamaan robotin etenemistä, käynnistämään RFID-portin ja sulkemaan sen. Operaattori ei tuota mitään lisäarvoa prosessille sinä aikana, kun robottijuna lähtee liikkeelle. Menetetyn työajan lisäksi kuljetusprosessissa voi syntyä virheitä, mikäli operaattori unohtaa käynnistää RFID-portin. Virheet voivat aiheuttaa suuria ongelmia tuotanto- ja varastosaldojen välillä. Saldovirheet vääristävät varastotilannetta ja ongelmat heijastuvat suoraan ostoon ja valmistukseen.

Kehitysehdotukseksi suositellaan ottamaan käyttöön automaattinen RFID-portti, joka lukee automaattisesti lähtevät ja tulevat nimikkeet ilman, että operaattorin tarvitsee käynnistää tämä manuaalisesti. Portin täytyy sisältää useampi antenni ja varsinainen RFID-lukija. Systemi tunnistaa tulevat kuljetuskärryt tai nimikkeiden siirtoon käytetyt työkonet, kuten lavansiirtovaunut ja robottijunat. Tunnistuksen jälkeen RFID-portti käynnistyy automaattisesti, nimikkeet luetaan ja siirretään oikeille varastosaldoille. Kuvassa 22 on havainnollistettu RFID-portin toiminta.



Kuva 22 RFID-portin toimintaperiaate (Turck, 2019.)

6.2.2 Robottijunan merkityksen kasvattaminen

Nykytila-analyysissä on havaittu materiaalivirtojen kuljetustehtävissä merkittäviä hukkatekijöitä. Robottijuna ei kykene kuljettamaan täysin omatoimisesti kaikkia nimikkeitä varastosta tuotantoon ja päinvastoin. Operaattori joutuu myös irrottamaan porrastetusti kaikki kuljetuskärryt AGV-junasta eri tuotantoalueille. Kärryt on suunniteltu siten, että kunkin kärryn keräilyalueen värikoodi vastaa aina tiettyä tuotantoaluetta ja linjaa.. Kuljetuskärryjen irrottamisen jälkeen osa kuljetuskärryistä jää odottamaan hyllytystä ja siten ne hankaloittavat henkilökunnan kulkua käytävillä. Robottijuna on suunniteltu ajamaan ja suunnistamaan lattiassa olevan teipin avulla. Ajoreitin lopussa AGV-juna ei ole ohjeilmoitu tekemään täyskäännöstä ja palamaan takaisin alkupisteeseen. Tämä toimenpide vaatii operaattorin avustusta, josta seuraa ylimääräistä kävelyä hallien välillä (yhteensä 168 m), ja tällöin menetetään työaika.

Kehitysehdotukset on jaettu kolmeen osaan: robottijunan tehostaminen, kuljetuskärryjen uudelleensuunnittelu ja tuotantohallien layoutin uudistaminen. Tavoitteena on vaikuttaa seuraaviin osa-alueisiin:

- Operaattoreiden työaika
- Hyllyttämisen ja keräilyyn automatisointi

- AVG-junan tehostaminen ja uusi reititys

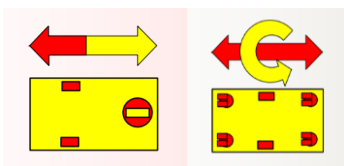
6.2.2.1 Robottijunan tehostaminen

AGV-junat voidaan ohjata laserilla, optisesti, induktiivisesti, inertialla tai virtuaalisella ohjauksella. Kohdeyrityksen robottijuna ohjataan optisesti eli lattiassa olevan värillisen teipin avulla. Oikean ohjaustavan valitseminen on keskeinen tekijä halutun tehokkuuden ja läpimenoajan maksimoinnin kannalta. Ohjausmuoto pitää räätälöidä oman layoutin ja kohdeyrityksen tarpeiden mukaan. Oikeilla spesifikaatioilla pystytään vähentämään muun muassa layout-muutoksia merkittävin rakenteellisin uudistuksin. Ohjausmuodolla on mahdollista vaikuttaa myös robottijunan liukumisnopeuksiin ja -kaltevuuksiin.

Nykyinen ohjausmuoto on suunniteltu siten, että käynnistyksen jälkeen robottijuna liikkuu ainoastaan eteenpäin, kunnes lattiassa oleva teippi loppuu. Kaikki ylimääräinen ohjaaminen tapahtuu manuaalisesti. Uusi ohjausmuoto perustuu nelipyöräiseen konfiguraatioon, jossa keskeisinä etuina ovat seuraavat seikat:

- Robottijuna pystyy liikkumaan mihin tahansa suuntaan (360° liike).
- Ajoneuvon keskipiste pysyy aina robottijunan keskiosassa.
- Soveltuu hyvin ahtaissa tiloissa työskentelyyn.
- Ahtailla alueilla lastaaminen ja purkaminen on helpompaa.

Nykytilanne Uusi ohjausmuoto



Kuva 23 Vanhan ja uuden robottijunan ohjausmuodon vertailu

Suosituksena on, että nelipyöräinen ohjausmuoto hyödynnetään lasernavigointitekniikassa. Tämä suositus ei kuitenkaan poissulje sen käyttöä optisessa ohjaustekniikassa. Uusi ohjausmuoto vaatii pieniä investointeja, kuten esimerkiksi uusien ohjauspyörien hankkimista ja ohjelmointityötä. Robottijuna on suunniteltu ja rakennettu kohdeyrityksen resursseja hyödyntäen, joten sen päivittäminen ei pitäisi tuottaa ongelmia. Pienien

investointien avulla on mahdollista vähentää ylimääräistä tehotonta työaikaa ja nimikoida operaattoreiden kävelymatkoja.

Toisena kehitysehdotuksena on robottijunan vauhdin optimointi. Tavoitteena on ohjelmoida AGV-juna kulkemaan siten, että pitkillä suorilla käytävillä junan vauhti on maksimissaan ja mutkissa vauhti hidastuu merkittävästi, jolloin pystytään varmistamaan robottijunan stabiliteettia. Tällä hetkellä robottijunan vauhti on tasainen ja hyvin hidas. Tarkoituksena on lisätä vauhtia niissä kohdissa, joissa se on mahdollista ja sitä kautta parantaa materiaalivirtojen läpimenoaika.

Kolmantena kehitysehdotuksena on tehostaa robottijunan käytettävyyttä mahdollisten päivitysten aikana sekä huomioida junassa olevan teknologian monistamista kohdeyrityksen sisällä. Tavoitteena on ohjata AGV-junia WIFI-kauko-ohjauksella, jolloin pystytään tekemään reaaliaikaisia päivityksiä ilman koko toiminnan pysäyttämistä. Liiketoimintaa kasvattaessa täytyy huomioida myös robottijunien mahdollista laajentamista ja monistamista. Automaattioratkaisut on tehtävä modulaarisesti ja siten, että niiden monistaminen olisi mahdollisimman helppoa. Nykyiset robottijunat on rakennettu kohdeyrityksen sisällä olevien resurssien avulla. Tulevaisuutta ajatellen on tärkeää, että kaikki AGV-junien tieto ja taito pysyvät kohdeyrityksen sisällä henkilöresurssien muuttuessa. Näin ollen pystytään varmistamaan ja nopeuttamaan tulevien muutosten kulkua ja investointeja.

6.2.2.2 Kuljetuskärryjen uudelleensuunnittelu

Kuljetuskärryjen uudelleensuunnittelulla ja tuotantolinjojen layoutin uudistamisella pyritään automatisoimaan varaston ja tuotannon välistä kuljetusta, hyllyttämistä sekä keräilyä. Kohdeyrityksessä käytetyt kuljetuskärryt ja tuotantolinjojen hyllytasot on rakennettu modulaarisilla ratkaisuilla. Konkreettiset rakenteet on valmistettu metallisista putkista ja muovisista kiinnikkeistä. Modulaarisuus helpottaa tuotantolinjojen ja keräilykärryjen uudelleensuunnittelua sekä minimoi tulevien investointien suuruutta. Tässä tapauksessa modulaariset ratkaisut ovat keskeinen tekijä koko kehittämisprosessin aikana. Tavoitteena on ylläpitää nykyistä kalustoa, mutta samanaikaisesti päivittää sitä uusilla ratkaisuilla.

Kuljetuskärryjen tasot on rakennettu kahdesta materiaalista: vanerista ja muovista. Kehitysehdotuksen implementoinnissa on tarkoitus siirtyä rullakuljettimiin varustettuihin tasoihin, jotta materiaalien käsittely pystyttäisiin automatisoimaan mahdollisimman pitkälle. Tasot on rakennettu siten, että ne ovat kaltevia ja osoittavat eri suuntiin, riippuen siitä, mikä on suoritettavan tehtävän tarkoitus. Täyttötehtävissä rullakuljetin on asennettu osoittamaan tuotantolinjan hyllyä päin, jolloin laatikot siirtyvät painovoiman avulla kohti oman tuotantolinjan varastopaikkaa. Tyhjien laatikoiden keräilyssä vastaavasti rullakuljetin osoittaa tuotantolinjojen hyllyjen nähden pois päin, jolloin laatikot siirtyvät painovoimaa vaikutuksesta tuotantolinjan varastopaikasta suoraan keräilykärryyn. Kuvassa 24 on havainnollistettu tulevan kuljetuskärryn rakennetta ja muotoa. Kuljetuskärryt täytyy räätälöidä omien tarpeiden mukaan, eli tasoja rakennetaan tuotantolinjojen varastotasoja vastaava määrä. Kuljetuskärryt voidaan rakentaa palvelemaan sekä täyttötehtäviä että tyhjien laatikoiden keräilyä. Tämä tarkoittaa sitä, että tuotantolinjojen ylemmät tasot on tarkoitettu materiaalien varastointiin ja alemmat hyllyt tyhjien laatikoiden säilyttämiseen. Tarvittaessa on myös mahdollista rakentaa ainoastaan täyttöön ja keräilyyn tarkoitettuja kuljetuskärryjä. Kyseisessä tapauksessa tuotantolinjoissa on erikseen omia tyhjien laatikoiden säilyttämiseen tarkoitettuja hyllykokonaisuuksia.



Kuva 24 Rullakuljettimilla varustettu kuljetuskärry

Kuljetuskärryjen tasot on rakennettava oman tuotantolinjan standardien mukaisesti, jotta oman alueen kuljetuskärry ja tuotantolinja vastaavat toisiaan. Tämä tarkoittaa sitä, että tietyn tuotantolinjan hyllykorkeudet täytyy olla keskenään homogeeniset. Tarkoituksena on

ylläpitää nykyisiä tuotantoalueita ja värikoodeja, kuten esimerkiksi sininen, vihreä ja punainen. Toisin sanoen, eri tuotantolinjoilla voi olla erilaisia kuljetuskärryjä, mutta saman tuotantolinjan kuljetuskärryjen on oltava samanlaiset.

Nykytila-analyysissä kävi ilmi, että kohdeyrityksellä on käytössä erikokoisia muovisia laatikoita. Uudessa kehitysehdotuksessa olisi tarkoitus yhdistää pienempiä laatikoita suurempiin yksiköihin. Lajitteluperusteena toimii laatikoiden riittävyys, sijainti ja nimikkeiden koko. Tarkoituksena on tehdä tarkka analyysi jokaisen tuotantotyöpisteen kohdalle ja ryhmitellä kaikki nimikkeet, joilla on samanlainen riittävyys ja koko. Tämän seurauksena laatikoiden määrä vähenee sekä laatikoiden täyttö- ja keräilytehtävät helpottuvat. Automatisoinnin kannalta laatikoiden standardointi on erittäin tärkeä toimenpide. Suuri määrä laatikoita on vaikea prosessoida ja niiden siirtyminen keräilykärrystä tuotantolinjojen hyllytasolle on haasteellista.

Laatikoiden siirtymiseen kuljetuskärrystä tuotantolinjoille tarvitaan sähköistä avustusta, mutta suurin osa työstä tapahtuu kuitenkin painovoiman ja korkeuserojen avulla. Tuotantolinjojen hyllyjen rullakuljettimiin on mahdollista asentaa vipu, joka pysäyttää ja vapauttaa muoviset laatikot valumasta rullakuljettimesta pois. Vipu vapauttaa laatikot ainoastaan silloin, kun robottijuna on saapunut tuotantolinjan hyllyjen kohdalle ja pysähtynyt kokonaan. Kuljetuskärryyn on mahdollista asentaa myös automaattinen rullakuljetin, joka on lattiapinta-alaan nähden vaakatasossa ja toimii sähköavustuksella. Kyseisessä tapauksessa kuljetuskärryyn on lisätty neliskulmainen virtalähde, joka on kiinnitetty robottijunan yläpuolella olevaan akkuun. Akku kestää kahdeksan tunnin työvuoron ajan, ja sen latautuminen tapahtuu työvuorojen ulkopuolella.

Robottijunan reittiin on mahdollista lisätä RFID-tunnisteita, joiden tarkoituksena on antaa AGV-junalle ohjeita eri toimintojen suorittamiselle. Toimintaohje voi sisältää esimerkiksi täyttö- ja keräilytehtäviä sekä robottijunan hidastamista mutkissa. Lattiaan liitetään RFID-tägi, joka kommunikoi suoraan AGV-junan kanssa. Tuotantolinjan varastohyllyjen vastapäätä oleviin pysähdyskohtiin liitetään kyseisiä RFID:llä varustettuja tunnisteita. Tavoitteena on se, että robottijuna tunnistaa varastopaikan ja yhdistää tämän tiedon junassa oleviin laatikoihin. Kyseisellä tavalla AVG-juna tietää tarkalleen, mihin kohtiin täytyy pysähtyä, ja mitä laatikoita täytyy siirtää tuotantolinjoille. Keräilykärryt täytyy rakentaa siten, että jokaiselle laatikolle on oma paikka, rullakuljetin ja tunniste. Supermarketin

keräilijät skannaavat laatikon ja kuljetuskärryssä olevan paikan. Kyseisellä menetelmällä toiminnanohjausjärjestelmään tallentuu tieto siitä, mitä nimikettä kuljetetaan, miten tämä kyseinen nimike sijoittuu kuljetuskärryssä, ja mihin se täytyy kuljettaa. Vastaavasti tietoa tallennetaan, kun tuotantolinjan operaattori tunnistaa laatikon tyhjenevän. Operaattori skannaa sekä tyhjän laatikon että vastaavan hyllypaikan. ERP:iin tallentuu kaikki tiedot, ja sieltä lähtevät impulssit siirtyvät suoraan AGV-junalle, joka tunnistaa reaaliaikaisesti kaikki keräilytarpeet ja suorittaa siihen liittyvät tehtävät. Kyseisillä menetelmillä kohdeyrittys saa tarkkaa tietoa lähtevistä ja palaavista virroista sekä niiden volyymistä ja aikatauluista.

Robottijunaan on lisätty myös WI-FI-verkko, joka mahdollistaa joustavan rajapinnan eri järjestelmien välillä. Tavoitteena on se, että tieto siirtyy välittömästi eri järjestelmien välillä, osataan reagoida nopeasti eri tilanteisiin ja pystytään hallitsemaan reaaliaikaisesti kaikki sisälogistiset materiaalivirrat. WI-FI-verkon avulla AGV-junalla on tarkka tieto siitä, mitä nimikkeitä kuljetuskärryissä on, ja mihin hyllyyn ne on tarkoitus siirtää. Kaikki nimikkeet luetaan ennen robottijunan lähtemistä, jolloin kohdeyrittäjän toiminnanohjausjärjestelmään on tallennettu lähtevät nimikkeet ja niiden hyllypaikka. AGV-juna lukee lattiassa olevat RFID-tägit ja yhdistää niissä olevan tiedon WIFI:n kautta saatuun tietoon. Tämän avulla robottijuna osaa pysähtyä oikeissa kohdissa ja luovuttaa oikeat nimikkeet oikeille hyllypaikoille.

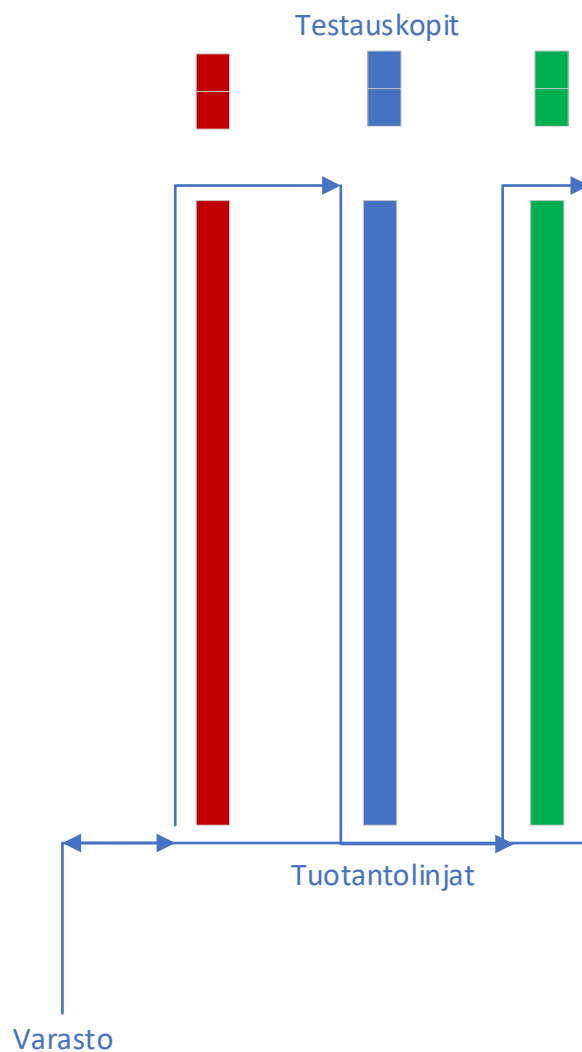
Taulukossa 25 on esitetty kuljetuskärryn akun kapasiteettiin ja WI-FI-verkon vaatimuksiin liittyviä spesifikaatioita. Tavoitteena on antaa kohdeyrittäjälle tarkat ohjeet kehitysehdotuksen toteuttamiselle.

Kuljetuskärryn akun kapasiteetti	WI-FI-verkon vaatimukset
40 A/h tai 70 A/h	2,4 GHz / 5 GHz
	Kiinteä IP-osoite
	Todentaminen: WAP2-PSK
	WI-FI-signaali vähintään 60 db

Kuva 25 Kuljetuskärryn akun kapasiteetin ja WI-FI-verkon spesifikaatiot

6.2.3 Tuotantosolujen rakenteiden uudistaminen

Kohdeyrityksen tuotantolinjat on rakennettu U-muotoisesti ja niihin liittyvät testauskopit lineaarisesti. Uudessa kehitysehdotuksessa on tärkeää suunnitella uusi layout siten, että se palvelisi mahdollisimman tehokkaasti materiaalivirtojen kulkua. AGV-junalla on vaikeuksia toimia mutkissa ja ahtaissa ympäristöissä, josta johtuen vauhti on hyvin hidas. Mikäli reitityksessä on paljon mutkia, kuluu robottijunan koko reitin ajamiseen paljon aikaa ja materiaalivirtojen läpimenoaika pidentyy. Tehokkaan virtauksen saavuttamiseksi kohdeyrityksen tuotannon layout tulisi muuttaa U-muotoisesta tuotantolinjasta lineaariseen tuotantolinjaan. Kuvassa 26 on esitetty uuden layoutin rakenne ja robottijunan reititys.



Kuva 26 Uuden layoutin rakenne ja robottijunan reititys

Kaikki keräilykärryyn siirrettävät nimikkeet luetaan PDA-laitteella, jonka jälkeen tieto siirtyy suoraan toiminnanohjausjärjestelmään. AGV-juna lähtee

liikkeelle varastoalueelta, ylittää RFID-portin ja suunnistaa RFID-tägien avulla oikealle tuotantohyllylle. Tavoitteena on säilyttää tuotantolinjojen värikoodit ja luoda tiheitä toimitusvälejä minimoimalla kuljetusmatkoja. Robottijunan lähdöt on suunniteltava siten, että jokaisessa lähetyksessä on parittomia kärryjä eri värikoodeilla. Kyseisellä ratkaisulla pystytään luovuttamaan ja vastaanottamaan laatikoita sekä menomatalla että paluumatalla. Robottijunan reititys täytyy suunnitella mahdollisimman lähelle tuotantolinjaa, jotta tilankäyttö olisi tehokasta ja mutkien määrä olisi minimaalinen.

6.2.4 Kohti teollisuutta 4.0

Uuden kehitysehdotuksen tarkoituksena on tehostaa sisälogistisia materiaalivirtoja ja siirtyä yhä enemmän Teollisuus 4.0 -konseptiin. Teollisuus 4.0 keskittyy älykkäiden kone-kone- ja kone-ihminen-viestintäjärjestelmien perustamiseen ja vuorovaikutukseen. Yritysten täytyy tulevaisuudessa keskittyä tieto- ja materiaalivirtojen tehokkaaseen hallintaan, minkä toiminta perustuu älykkäiden ratkaisujen tietojen hankintaan. Tietojen kerääminen ja käsittely mahdollistavat varoimeenpiteiden ennaltaehkäisyn ja prosessien kehittämiseen tarvittavat lähtökohdat. Teollisuus 4.0 keskittyy neljään keskeiseen periaatteeseen, jotka ovat:

- **Yhteys**
Koneiden, laitteiden, sensoreiden ja ihmisten kyky kommunikoida keskenään teollisen internetin (IoT) kautta.
- **Avoin tiedonsaanti**
Teollisuus 4.0 -teknologia tarjoaa laajan läpinäkyvyyden eri järjestelmien välillä ja antaa sekä operaattoreille että johtoryhmälle runsaasti tietoa päätösten tekemistä varten. Automatisoiduilla ratkaisuilla ja ihmisten yhteistyöllä pystytään tunnistamaan prosessien avainalueet sekä niihin liittyvät hukcatekijät.
- **Tekninen apu**
Automatisoidut koneet pystyvät yhdistämään tietoa eri lähteistä ja visualisoimaan informaatiota kiireellisten ongelmien ratkaisemiseksi. Koneet pystyvät suorittamaan tehdä erilaisia tehtäviä, jotka ovat epämiellyttäviä, uuvuttavia tai vaarallisia.
- **Hajautettu päätöksenteko**

Hajautetulla päätöksenteolla tarkoitetaan automatisoitujen koneiden kykyä tehdä päätöksiä omatoimisesti ja suorittaa tehtäviä mahdollisimman itsenäisesti. Ainoastaan poikkeustapauksissa ja häiriötilanteissa päätöksenteko siirtyy ihmiselle.

Teollisuus 4.0 hyödyntää olemassa olevaa teknologiaa, kuten sensoreita, RFID- ja RTLS-teknikoita, tekoälyä ja verkkoturvallisuutta. Internetiin ja pilvipalveluihin tallentuneiden tietojen avulla on mahdollista hyödyntää Big data -analytiikkaa ja sitä kautta tehostaa prosesseja. Varaston ja tuotannon välisten materiaalivirtojen kehitysehdotus ei siirrä koko kohdeyrityksen toimintaa Teollisuus 4.0 -konseptiin, mutta antaa kaikki siihen tarvittavat lähtökohdat. AGV-junat kommunikoivat sekä toiminnanohjausjärjestelmän että ympäristön kanssa ja tarjoavat läpinäkyvän rajapinnan automatisoitujen ratkaisujen ja ihmisten välillä.

6.2.5 Kehitysehdotuksen implementointi

Kehitysehdotus on tarkoitus implementoida ja ottaa käyttöön täydellä teholla viimeistään vuoden kuluttua projektin aloittamisesta. Projektiin liittyvät investoinnit riippuvat kahdesta parametrasta: kehitysehdotuksen monimutkaisuudesta ja projektiin sitoutuneesta työajasta. Kohdeyrityksellä on myös kaksi mahdollista implementointistrategiaa käytettävissä.

Ensimmäinen implementointistrategia sisältää muutosprojektin käynnistämistä ja toteuttamista kohdeyrityksen resurssia hyödyntäen. Kyseisellä toimintasuunnitelmalla kohdeyritys pystyy hyödyntämään AGV-junissa olevaa tietoa ja uudistamaan sitä uusilla automaattioratkaisuilla. Omatoiminen kehitystyö vaatii ohjelmointityötä, suunnittelutyötä, operatiivista työskentelyä ja järjestelmien välisen kommunikoinnin suunnittelua. Kehitysehdotus on disruptiivisen ja konventionaalisen innovaation välissä. Tämä tarkoittaa sitä, että kehitysehdotuksessa on käytetty sekä uusia innovatiivisia ratkaisuehdotuksia että jo olemassa olevia teknologioita. Materiaalivirtojen automatisointi on räätälöity kohdeyrityksen tarpeiden mukaisesti ja nykyisiin työkaluihin sopivaksi. Markkinoilla ei ole tarjolla valmiita ratkaisuja kohdeyrityksen kehitystarpeisiin, vaan yritykset mukauttavat tarjolla olevia ratkaisuja omiin vaatimuksiin ja prosesseihin sopiviksi. Investointien suuruutta on vaikea konkretisoida valmiiden ratkaisujen puuttuessa markkinoilta. AGV-junan tarvittavat lisäteknologiat ovat olemassa sekä siihen liittyvät RFID-lukijat ja lattiaan liimattavat tägit. Kuljetuskärryjen sähköistetyt rullakuljettimet löytyvät myös markkinoilta,

ja ne ovat hyvin mukautettavissa jo olemassa oleviin modulaarisiin kääryihin. Haasteellisena tekijänä toimii järjestelmien kommunikoinnin ohjelmointi. Ohjelmoinnissa vaaditaan laajaa osaamista eri järjestelmien yhteensopivuudesta, ja siihen tarvitaan merkittävä määrä työaikaa. Kohdeyrityksestä pitäisi löytää riittävästi henkilöresursseja kehitysehdotuksen toteuttamiseen ja seurantaan.

Toinen implementointistrategia suosii kahden organisaation yhteistyökumppanuutta. Tavoitteena olisi se, että kohdeyritys keskittyy kehittämään AGV-junan ominaisuuksia, kuljetuskääryjen uudistamista, robottijunan reititykseen tarvittavia suunnitteluja ja tuotantolinjojen muutoksiin tarvittavia toimenpiteitä. Kyseisellä tavalla kohdeyritys pystyy hyödyntämään vaivattomasti omaa ydinosaaamistaan ja toteuttamaan muutosprojektia alhaisin resurssein. Kustannukset muodostuvat kehitysehdotukseen tarvittavista materiaaleista ja henkilöstöresursseista. Projektin yhteistyökumppanina toimii keskisuuri konsulttiyritys, joka tarjoaa konsulttipalveluita Teollisuus 4.0- ja IT-sektoreilla. Tarkoituksena on ulkoistaa niitä toimintoja, joissa kohdeyritys ei ole vahvimmillaan. Organisaatiossa ei ole riittävästi osaamista eikä aikaa keskittyä uusiin osaamisalueisiin, joten ohjelmointi ja järjestelmien kommunikoinnin suunnittelu olisi tarkoitus ulkoistaa kohdeyrityksen ulkopuolelle.

Kehitysehdotuksen ensimmäinen vaihe on prototyypin rakentaminen ja sen tuloksien analysointi. Tarkoituksena on mallintaa materiaalivirran automatisointiratkaisuja pienemmässä skaalassa, jolloin projektin hallitseminen on helpompaa. Mallintaminen pienentää riskejä ja tulevien investointien suuruutta, sillä ongelmien ratkominen tapahtuu rajallisen budjetin avulla. Onnistuneen mallintamisen jälkeen kehitysprojekti implementoidaan täydellä teholla ja monistetaan kaikkiin kohdeyrityksen tuotantolinjoihin. Implementoinnin jälkeisessä vaiheessa varaston ja tuotannon väliset materiaalivirrat on täysin automatisoitu, ja kuljetustehtävissä työskentelevät operaattorit allokoitetaan muihin tehtäviin organisaation sisällä. Nykyisillä toimintatavoilla kuljetustehtävissä työskentelee yhteensä kolme operaattoria. Materiaalivirtojen täydellä automatisoinnilla saavutetaan säästöä kahden ja puolen operaattorin palkkakustannusten verran. Säästöä ei tule kolmannen operaattorin palkkakustannusten osalta kokonaan, sillä on sellaisia keräily- ja hyllytystoimenpiteitä, joita ei ole mahdollista automatisoida. Kyseiset toimenpiteet on suoritettava myös tulevaisuudessa manuaalisesti.

Seuraavaksi on listattu mahdollisia haasteita kehitysehdotuksen implementoinnissa.

- Tietoturvakysymykset
- Tuotantoprosessien toimintakyvyyden säilyttäminen
- IT-järjestelmien katkokset
- Teollisuustoimintojen tietoturva
- Riittämätön tietotaito
- Henkilöstöressurssien allokointi ja työpaikkojen menetys

6.3 Varaston layoutin kehittäminen

Nykytila-analyysissä kävi ilmi, että varastohalleissa A ja B varastoidaan sekaisin eurolavoja, pahvilaatikoita ja pieniä muovisia laatikoita. Muoviset laatikot kattavat noin 75 % kaikista varastoiduista nimikkeistä. Varastoiden layoutit eivät kuitenkaan palvele täydellä teholla kohdeyrityksen toimintaa. Varastoja ei ole suunniteltu tehokasta materiaalivirtausta varten, eikä niitä ole hyödynnetty maksimikapasiteetilla, joten työskentelytehtävissä voi usein tapahtua työturvallisuuteen liittyviä vahinkoja. Tavoitteena on parantaa päivittäistä työskentelyä sekä varastojen tilankäyttöä.

Kehitysehdotuksessa on hyödynnetty Lean-ajattelumallin 5s-menetelmän periaatteita ja työtehokkuuteen liittyviä ratkaisuja. Tarkoituksena on järjestää varaston layoutia uudelleen niin, että pientavara- ja eurolavahyllyt on selkeästi eritelty toisistaan. Eurolavahyllyt ryhmitellään jokaisen varaston kohdalle yhteen ja sijoitetaan kulkukäytävään nähden pois päin. Kyseisellä menetelmällä pystytään ryhmittelemään suurimmat yksiköt lähelle toisiaan ja parantamaan materiaalivirtojen kulkua varastossa. Nykytila-analyysissä on huomattu, että lavatavarahyllyjen ja pientavarahyllyjen väliset tilat ovat hyvin ahtaita ja työkoneiden kanssa työskentely on haasteellista. Ahtaissa tiloissa syntyy vaaratilanteita operaattorille, komponenteille ja työskentely-ympäristölle.

B-varastohallin layout on suunniteltu siten, että pientavarahyllyt on rakennettu U:n muotoiseksi ja niiden keskelle on sijoitettu lineaarinen lavatavarahylly. Kyseinen ratkaisu ei ole optimaalinen varaston tilankäytön kannalta, sillä jokaisessa hyllykäytävässä tarvitaan

ylimääräistä tilaa haarukkavaunun toimintakäytölle. Ryhmittelemällä tavarahyllyjä on mahdollista parantaa varaston tilankäyttöä ja tehostaa operaattoreiden työskentelyä. A-varastohallissa hyödynnetään samaa kehitysehdotusta, vaikka kaikki tavarahyllyt on sijoitettu yhdensuuntaisesti toisiinsa nähden.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Diplomityön tavoitteena oli kehittää kohdeyrityksen sisälogistisia materiaalivirtoja. Kappaleessa 6 on käsitelty materiaalivirtojen kehitysehdotukset ja niihin liittyvät säästöpotentiaalit. Tässä kappaleessa käsitellään tarkemmin tutkimuksen tulokset, jatkokehitysehdotukset ja luodaan selkeä yhteenveto tutkimuksesta. Johtopäätökset perustuvat nykytila-analyysissa kerättyyn dataan, haastatteluihin, kirjallisuuteen ja kehitysehdotuksissa esitettyihin ratkaisuihin.

7.1 Vastaanottoimintojen kehittäminen

Työn ensimmäinen tutkimuskysymys käsittelee kohdeyrityksen vastaanottoprosessien kehittämistä. Nykytila-analyysissa on havaittu kolme keskeistä hukkatekijää: tilanpuuteongelma, henkilöstöressurssien allokointi ja materiaalivirtojen epätasaisuus. Vastaanoton tilanpuuteongelmaa ja materiaalivirtojen epätasaisuutta ratkottiin optimoimalla kuormien saapumisaikataulua sekä tekemällä ABC- ja XYZ-analyysia. Analyysien tuloksista kävi ilmi, että yksi kuljetusliike toimittaa noin 80 % koko saapuvasta materiaalivirrasta ja toimittaa vuodessa yhteensä noin 7 732 tonnia tavaraa. Kyseinen kuljetusliike aiheuttaa kohdeyritykselle suuria tilavuusvirtoja ja toimitusmääriä. Vastaanottoprosessin kehittämiseksi on keskitytty analysoimaan ainoastaan suuremman kuljetusliikkeen materiaalivirtoja. Kehitysehdotuksessa suositellaan siirtymään FIFO-vastaanottoperiaatteesta tilavuuskeskeiseen prosessointiin. Kyseisellä tavalla vastaanoton operaattorit käsittelevät ensimmäiseksi tilavuudeltaan pienempiä yksiköitä ja vasta seuraavaksi suurempia yksiköitä. Pienemmät yksiköt vaativat vähemmän käsittelyaikaa, jolloin materiaalivirtojen kulku vastaanotossa nopeutuu. Materiaalivirtojen läpimenoaikojen parantamisella pystytään tehostamaan nykyistä vastaanottotilaa. Korkeiden toimituspiikkien kohdalla nykyinen vastaanoton kapasiteetti ei riitä prosessoimaan kaikkia toimituksia. Empiirisen tutkimuksen mittausaikana suurin toimituspiikki saavutti 28 lavaa 20 minuutissa ja vastaanoton maksimikapasiteetti on 21 lavaa. Mikäli lavamäärä ylittää vastaanoton kapasiteettia, lavoja varastoidaan ulkoalueilla, jolloin niiden arvo ja rakenne vaarantuvatff. Tehokkaan materiaalivirran edistämiseksi ja vaurioiden minimoimiseksi vastaanottoon on lisättävä 28 m² vastaanottokaistaa.

Materiaalivirtojen tasaisen virtauksen edistämiseksi suositellaan ottamaan käyttöön kuormien saapumisaikataulu. Saapumisaikataulun tavoitteena on poistaa toimituspiikkejä ja helpottaa vastaanottotehtäviä. Tarkoituksena on tulevaisuudessa vastaanottaa noin 58 riviä tunnissa siten, että toimitukset eivät ylitä vastaanoton kapasiteettia. Kohdeyrityksen täytyy sopia suurimman kuljetusliikkeen kanssa tulevasta saapumisaikataulusta ja nimenomaan välttää sitä, että useampi kuorma-auto saapuu samaan aikaan vastaanottoalueelle. Vaihtoehtoisesti kohdeyritys voi myös sopia toimittajien kanssa, että osan kuljetuksista hallinnoi toinen kuljetusliike, jolloin saapuviin kuormiin pystytään vaikuttamaan helpommin.

Vastaanotossa ei seurata operaattoreiden työahtia eikä johtoryhmällä ole tarkkaa tietoa päivittäisestä resurssoinnista. Kehitysehdotuksen tavoitteena on implementoida henkilökohtainen suorituskyvyn mittari, jolla saadaan mitattua operaattorin kuukausittaista vastaanottomäärää. Mittari auttaa johtoryhmää seuraamaan työn tehokkuutta ja palkitsemaan ylimenevistä vastaanotetuista neliömetreistä. Tarkoituksena on siis vastaanottaa 8 lavaa ja 15,3 m³ tunnissa. Henkilöstöresurssien hallinnan kehittämiseksi suositellaan ottamaan käyttöön visuaalinen ilmoitustaulu, jossa on esitetty tärkeimmät tunnusluvut tulevista materiaalivirroista. Kun tiedossa on muun muassa seuraavan päivän tilavuusvirtaa ja lavamäärää, pystytään ennakoimaan seuraavan päivän henkilöstöresursseja. Tunnusluvut auttavat sekä johtoryhmää työtehtävien suunnittelussa että operaattoreita työn suorittamisessa.

7.2 Varaston ja tuotannon välisen materiaalivirran kehittäminen

Varaston ja tuotannon välisen materiaalivirran kehittämistoimeenpiteet on jaettu taulukon 12 mukaisesti. Kehitysehdotusten tavoitteena on automatisoida kokonaan tuotantoon kulkevat materiaalivirrat sekä siihen liittyvät keräily- ja täyttötehtävät. Kehitystyössä hyödynnetään AGV-vihivaunuja, RFID-teknologiaa ja järjestelmien kommunikointialustoja. Kehittämistarve syntyi, kun kuljetusprosesseissa tunnistettiin merkittäviä hukcatekijöitä ja operattoreiden tehotonta työaika.

	RFID-portin automatisointi	AGV-junan tehostaminen	Kuljetuskärryjen ja tuotantolinjojen uudelleensuunnittelu
Säästöt ja edut	Operaattorin työajan tehostaminen Operaattorin ei tarvitse enää käynnistää ja sulkea RFID-porttia manuaalisesti	Operaattorin työajan tehostaminen 360° liike (ei tarvita enää operaattorin avustusta junan käänöskohdissa)	2,5 henkilöstöressurssien säästö = noin 70 500 euroa vuodessa
	Saldovirheiden minimointi	Vauhdin optimointi → läpimenoaika vähenee	Modulaariset ratkaisut ovat helposti korvattavissa
		Jatkuva materiaalivirta	Jatkuva materiaalivirta
		Tehokas ohjaus ahtaissa tiloissa	Reaaliaikaista tietoa nimikkeiden sijainnista ja käytöstä → apua päätöksenteossa

Taulukko 12 Varaston ja tuotannon välisen materiaalivirran kehittämistoimeenpiteiden säästöt ja edut

Kehitysehdotus on kehitetty palvelemaan kohdeyrityksen modulaarisia ratkaisuja ja käytössä olevia työkoneita. Kyseisellä tavalla pystytään minimoimaan investointien suuruutta ja samalla tehostamaan nykyisiä prosesseja. Kehitysehdotus on räätälöity kohdeyrityksen tarpeisiin. Investointien suuruutta on vaikea arvioida, sillä suurin osa implementointityöstä suoritetaan kohdeyrityksen henkilöstöresursseja hyödyntäen. Kohdeyritys on suunnitellut ja rakentanut itse AGV-junan, jolloin sen omatoiminen uudelleensuunnittelu on kaikista luontevin ratkaisu. Kehitystyö tulee sisältämään ohjelmointityötä, suunnittelutyötä, operatiivista työskentelyä ja järjestelmien välistä kommunikoinnin suunnittelua. Järjestelmien kommunikointi vaatii laajaa ohjelmointiosaamista ja Teollisuus 4.0 -periaatteiden ymmärtämistä. Tästä syystä kohdeyritykselle suositellaan tekemään yhteistyötä ulkopuolisen konsulttiyrityksen kanssa, jotta kehitystyö ja aikataulu sujuisi vaivattomasti. Tavoitteena olisi, että kohdeyritys automatisoisi tuotantoon

kulkevat materiaalivirrat ja siirtyisi kokonaan vuoteen 2030 mennessä Teollisuus 4.0 -konseptiin.

7.3 Varaston layoutin kehittäminen

Varaston layoutin kehittämistarve syntyi nykytila-analyysin tutkimusvaiheessa. Datan keruussa ja prosessien määrittelyssä kävi ilmi, että varastoissa säilytetään sekaisin eurolavoja, pahvilaatikoita ja pieniä muovisia laatikoita. Yhtenäinen varastointi aiheuttaa ongelmia tilankäytössä ja operaattoreiden työskentelyturvallisuudessa. Kehitysehdotuksena on ryhmittää pientavara- ja lavatavarahyllyt erikseen, jolloin säästetään varaston lattiapinta-alaa ja parannetaan operaattoreiden työskentelyä.

7.4 Jatkokehitysehdotukset

Jatkokehitysehdotuksena suositellaan tutkimaan, minkälaisilla ratkaisuilla on mahdollista automatisoida suurimman osan kohdeyrityksen sisälogistisista materiaalivirroista. Kaikkia työtehtäviä ei ole luonnollisesti mahdollista automatisoida. Tarkat ja useampia muuttujia sisältävät työtehtävät vaativat joustavuutta ja nopeaa päättelykykyä. Tavoitteena olisi tutkia, missä prosesseissa löytyy säästöpotentiaalia, ja miten nämä ratkaisut voidaan yhdistää toisiinsa. Jatkotutkimuksen tarkoituksena on siirtyä yhä enemmän älykkääseen teollisuuskonseptiin, jossa koneet viestivät keskenään ja auttavat ihmisiä työskentelyssä ja toimintojen koordinoinnissa. Konkreettiset jatkokehitysehdotukset ovat: automaattinen tavaroiden vastaanotto, vastaanoton ja varaston välisen materiaalivirran automatisointi sekä varaston keräily- ja hyllytystoimeenpiteiden automatisointi.

Lisäksi jatkokehitysehdotuksena on tutkia, onko mahdollista hyödyntää lopputuotteiden arvoa ja rakentaa paluuvirta asiakkaalta kohdeyritykselle. Tällä hetkellä kohdeyritys noudattaa lineaarista toimitusketjua, jossa tuote valmistetaan, lähetetään asiakkaalle ja lopuksi hävitetään. Tavoitteena olisi tutkia, onko mahdollista rakentaa modulaarisia ratkaisuja, joita voidaan käyttää uudelleen uusien tuotteiden valmistuksessa. Tämän jatkokehityksen ensimmäinen askel on tutkia lopputuotteiden rakennetta ja arvioida niiden uudelleenkäyttömahdollisuutta. Tämän jälkeen pitäisi tutkia, miten käytännössä paluuvirta onnistuu ja siihen liittyvät kustannustekijät. Kyseisellä ratkaisulla hyödynnetään lopputuotteissa olevaa arvoa ja siirrytään yhä enemmän kestäväen kehityksen periaatteisiin.

LÄHTEET

Faber, N. de Koster & M. Smidts, A. 2013. Organizing warehouse management. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 33, s.1230–1256.

Faulkner, W. & Badurdeen, F. 2014. Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 85, s.8–18.

Frick, J. & Laugen, B. 2012. *Advances in Production Management Systems. Value Networks: Innovation, Technologies, and Management*. Stavanger, Norway. Springer.

Huiskonen, J. 2001. Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices. *International Journal of Production Economics*. Vol. 71, s.125–133.

Hyppönen, R., Aminoff, A. & Kettunen, O. 2004. *Varastotoiminnan seuranta ja mittaaminen*. Espoo. VTT Tuotteet ja tuotanto.

Jorge, L. Midiala, O. & Aidé, A. 2017. *Kaizen Planning, Implementing and Controlling*. Switzerland. Springer International Publishing.

Kotani, S. 2007. Optimal method for changing the number of kanbans in the e-Kanban system and its applications. Japan. *International Journal of Production Research*. Vol.45, s.5789–5809.

Kubasakova, I. Poliakova, B. & Kubanova, J. 2015. ABC Analysis in the Manufacturing Company. *Applied Mechanics and Materials*. Vol. 803, s.33–39.

Logistiikan maailma. 2018. [verkkosivut]. [viitattu 08.11.2018]. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>

Pilsung, C. Jeffrey, T. Songzhen. 2015. Effect of cognitive automation in a material handling system on manufacturing flexibility. *International Journal of Production Economics*. Vol.170, s.891–899.

Richard, B. Nicholas, J. & Robert, J. 1998. *Production and Operations Management: Manufacturing and Services*. 8. Painos. McGraw-Hill Irwin.

Roger, Z. & Yasmín, A. 2012. *Just-in-Time Systems*. London. Springer Science + Business Media.

Senjay, B. 2015. *Lean Management Beyond Manufacturing. A Holistic Approach*. United Kingdom. Springer International Publishing Switzerland.

Shang, G & Sui Pheng, L. 2014. *Lean Construction Management: The Toyota Way*. Singapore. Springer Science + Business Media Singapore.

Stevenson, J. 2009. *Operations Management*. 10. Painos. New York. McGraw-Hill Irwin.

Turck. 2019. [verkkosivut]. [viitattu 03.03.2019]. Saatavissa: <https://www.turck.de/en/fast-tag-detection-at-warehouse-gates-10347.php>

LIITE 1. Kohdeyrityksen layout

