

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Tuotantotalouden koulutusohjelma

Innovaatio- ja teknologiajohtaminen

Diplomityö

**SISÄISTEN TUOTEVIRTOJEN HALLINTA
ELINTARVIKETEOLLISUUDESSA**

Tarkastajat: tutkijaopettaja Ville Ojanen ja tutkijaopettaja Kalle Elfvengren

Työn ohjaaja: Jukka Tirkkonen

Lappeenrannassa 20.4.2015

Juuso Sorjonen

TIIVISTELMÄ	
Tekijä: Juuso Sorjonen	
Työn nimi: Sisäisten tuotevirtojen hallinta elintarviketeollisuudessa	
Vuosi: 2015	Paikka: Lappeenranta
Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Tuotantotalouden koulutusohjelma	
94 sivua, 13 kuvaa, 5 taulukkoa ja 5 liitettä	
Tarkastajat: tutkijaopettaja Ville Ojanen, tutkijaopettaja Kalle Elfvingen	
Hakusanat: RFID, JIT, FIFO, lean, puolivalmiste	
<p>Elintarvikealan yritysten tulee kehittää laadukkaita, kustannustehokkaita ja monipuolisen sisällön omaavia tuotteita elintarvikealan standardeja noudattaen nopeammin kuin koskaan. Uusien lopputuotteiden kehittämisen myötä myös puolivalmisteiden kokonaismäärä kasvaa, mikä vaikeuttaa erityisesti sisäisten tuotevirtojen hallittavuutta tehtaalla. Toimintaympäristön muutoksien seurauksena yritysten on automatisoitava toimintoja tehostaakseen tuotantoaan ja saavuttaakseen kilpailuetua.</p> <p>Tutkimuksen tekemiseen käytettiin kvalitatiivista eli laadullista lähestymistapaa, jonka tarkoituksena on tutkia kohdetta mahdollisimman monipuolisesti. Kvalitatiivisen tiedon hankkimiseen käytettiin haastatteluja sekä osallistuvaa ja passiivista tarkkailua. Toimintatutkimuksen tavoin tarkoituksena oli kehittää ratkaisu kohdeyrityksen ongelmaan soveltamalla olemassa olevaa teoreettista tietämystä ja kentällä tehtyjä havaintoja. Tutkimuksen tuloksena löydettiin parhaiten kohdeyrityksen tehdasympäristöön sisäisten tuotevirtojen hallintaan soveltuva seuranta- ja tunnistustekniikka. Lisäksi haastatteluiden pohjalta saatiin määritettyä liikellepanevat ja vastustavat voimat, jotka ohjaavat mahdollisen investointisuunnitelman etenemistä ja päätöksentekoa.</p>	

ABSTRACT	
Author: Juuso Sorjonen	
Subject: Management of internal product flows in the food industry	
Year: 2015	Place: Lappeenranta
Master's Thesis. Lappeenranta University of Technology, Industrial Engineering and Management	
94 pages, 13 pictures, 5 tables and 5 appendices	
Examiners: Associate Professor Ville Ojanen, Associate Professor Kalle Elfvengren	
Keywords: RFID, JIT, FIFO, lean, semi-finished product	
<p>Companies of the food industry must develop diverse, cost-effective and high quality products that meet the standards of the food industry, faster than ever before. Due to the development of new end-products the overall quantity of semi-finished products has increased as well, which makes it particularly difficult for companies to manage internal product flows within factories. As a result, companies have to automate their operations in order to increase efficiency in production and to achieve competitive advantage.</p> <p>The research was conducted using a qualitative approach, in which the aim was to examine the subject in the most versatile way possible. The data was collected by the means of conducting interviews as well as utilizing active and passive observation. Similarly to action research, the goal was to develop a solution to the target company's problem by utilizing existing theoretical knowledge as well as observations made in the field. The research resulted in the discovery of the best tracking and detection technology for the target company's management of internal product flows within the factory environment. In addition, the data gathered from the interviews led to the recognition of specific driving and resisting forces affectively influencing the decision-making processes related to investment plans and their progress.</p>	

ALKUSANAT

Tämä diplomityö tehtiin monikansalliselle elintarvikealan yritykselle vuoden 2014 syksyn ja 2015 kevään aikana. Diplomityön aiheena oli tutkia sisäisten tuotevirtojen hallintaa elintarviketeollisuudessa. Haluan kiittää kohdeyrityksen henkilöstöähyvästä yhteistyöstä sekä mielenkiintoisesta ja opintoja vastaavasta diplomityöstä. Iso kiitos kuuluu myös kaikille haastattemilleni henkilöille, joiden neuvot olivat kullanarvoisia.

Eritiskiitokset kuuluvat diplomityöni ohjaajille, Jukka Tirkkoselle ja tutkijaopettaja Ville Ojaselle, joiden ansiosta työstä saatiin ehjä kokonaisuus. Lisäksi haluan kiittää perhettäni ja ystäviäni, joiden ansiosta diplomityön tekeminen oli mukavaa aikaa.

Lappeenrannassa 20.4.2015

Juuso Sorjonen

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	9
1.1	Työn tausta	10
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset	11
1.3	Tutkimusmenetelmät	12
1.4	Tutkimuksen rakenne	13
2	TOIMITUSKETJUN JOHTAMINEN	15
2.1	Toimitusketjun mallit	15
2.2	Arvoketjuajattelu	16
2.3	JIT-tuotanto ja varastointi	17
2.4	Työntö- ja imuohjaus	19
2.5	Lean-tuotanto	20
2.5.1	Lean-konseptin kehittyminen	21
2.5.2	Kahdeksan hukkaa	23
3	SEURANTA- JA TUNNISTUSTEKNIIKAT	28
3.1	Erilaiset paikannusmenetelmät	28
3.2	RFID ja viivakoodi	31
4	RFID	34
4.1	RFID-tekniikan historia	34
4.2	RFID-tekniikan toimintaperiaate ja käyttökohteet	35
4.3	RFID-etätunnistimet	38
4.3.1	Passiiviset tunnistimet	39
4.3.2	Aktiiviset tunnistimet	40
4.3.3	Puoli-passiiviset tunnistimet	40
4.4	RFID-lukijat	42
4.5	RFID-taajuudet	44

4.6	RFID-antennit	44
4.7	RFID- ja ERP-järjestelmä	45
5	ONNISTUNEITA RFID-TEKNOLOGIAN IMPLEMENTOINTEJA.....	47
5.1	Wal-Mart.....	47
5.2	Valio Oy	49
6	YRITYKSEN LÄHTÖTILANNE.....	52
6.1	Aineiston hankinta	52
6.2	Kohdeyrityksen nykytilan kuvaaminen	53
6.3	Mahdolliset ratkaisut.....	59
6.4	RFID-tekniikan mahdolliset hyödyt.....	61
7	RFID-TEKNOLOGIAN SOVELTUVUUS KOHDEYRITYKSESSÄ.....	64
7.1	Force Field -analyysityökalu.....	64
7.2	Force Field -analyysi kohdeyrityksessä	65
7.2.1	Liikellepaneavat voimat.....	66
7.2.2	Vastustavat voimat.....	75
7.2.3	Analysoinnin tulokset	81
8	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	83
9	JATKOKEHITTÄMISKOHTEET.....	88
	LÄHTEET	89

LIITTEET

LIITE 1/5. Haastattelulomake

LIITE 2/5. Saldojen ylläpitoon kuluva ajan seuranta-aulukko (Assistentti A)

LIITE 3/5. Saldojen ylläpitoon kuluva ajan seuranta-aulukko (Assistentti B)

LIITE 4/5. Saldojen ylläpitoon kuluva ajan seuranta-aulukko (Assistentti C)

LIITE 5/5. Kohdeyrityksen nykyisiä kustannuseriä

KUVALUETTELO

Kuva 1. Tutkimuksen rakenne input/output-kaaviossa

Kuva 2. Valmistuksen historia

Kuva 3. Seuranta- ja tunnistustekniikoiden toiminta luenta-alueella

Kuva 4. RFID-teknologian yleinen toimintaperiaate

Kuva 5. RFID-järjestelmän käyttökohteita

Kuva 6. Tyypillinen RFID-mikrosiru

Kuva 7. Erilaisia RFID-tunnistimia

Kuva 8. RFID-tunnisteiden toiminnallisuus yksikköhinnan kasvaessa

Kuva 9. Kannettava RFID-lukija

Kuva 10. Lattia-antennin lukualue

Kuva 11. RFID-renkaita

Kuva 12. Liikellepaneavat ja vastustavat voimat

Kuva 13. Liikellepaneavat ja vastustavat voimat arvioituna

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. RFID-teknologian ja viivakoodin vertailu

Taulukko 2. Puolivalmisteverastoon vanhenevat tuotteet

Taulukko 3. Myymälään menevät tuotteet

Taulukko 4. Ylimääräisen työn aiheuttamat kustannukset trukkikuskeilla

Taulukko 5. Ylimääräisen työn aiheuttamat kustannukset tuotantoassistentteilla

LYHENNELUETTELO

ATO = Tilausohjautuva kokoonpano (assemble-to-order)

BTO = Tilausohjautuva tuotanto (build-to-order)

ERP = Toiminnanohjausjärjestelmä

ETO = Tilausohjautuva tuotesuunnittelu (engineer-to-order)

FIFO = Vanhin valmistuserä ensin (first-in, first-out)

FSSC= Elintarviketurvallisuusstandardi (Food Safety System Certification)

JIT = Juuri oikeaan tarpeeseen (Just-in-time)

MES = Tuotannonohjausjärjestelmä (Manufacturing Execution Systems)

MTS = Varasto-ohjautuva tuotanto (make-to-stock)

MRP = Materiaalitarvesuunnittelu (Material Requirements Planning)

RFID = Radiotaajuuksilla toimiva tekniikka (Radio Frequency Identification)

SCM = Toimitusketjun hallinta (Supply Chain Management)

TPS = Toyotan tuotantojärjestelmä (Toyota Production System)

WMS = Varastonhallintajärjestelmä (Warehouse Management System)

1 JOHDANTO

Elintarvikeala asettaa tuotteille tiettyjä vaatimuksia, kuten tuoreuden. Elintarvikealalla on myös omia standardeja esimerkiksi elintarvikkeiden turvalliseen käsittelyyn liittyen. Laadukkaita tuotteita tulee kehittää nopeammin kuin koskaan aiemmin. Uusien lopputuotteiden myötä myös puolivalmisteiden kokonaisuus kasvaa, mikä vaikeuttaa erityisesti tuotteiden hallittavuutta ja seurattavuutta tehtaalla.

Kohdeyritys on keskittynyt mix-tuotantoon, mikä aiheuttaa haasteita varsinkin tuotannon hallittavuuteen. Mix-pakkaus saattaa sisältää seitsemän eri puolivalmistetta eli valmistuserää. Pakkaushetkellä jokaisen siihen kuuluvan puolivalmisteen on oltava valmiina ja ne on pakattava FIFO-periaatetta noudattaen eli vanhin valmistuserä ensin. Tärkeintä on saada puolivalmisteet pakattavaksi oikeamääräisenä, oikealaatuisena ja oikeaan aikaan rajattujen välivarastointiaikojen puitteissa. Mix-tuotannossa yhdenkin puolivalmisteen saldovirhe tai puuttuminen voi pahimmillaan johtaa tuntuviin hävityksiin. Kun yksi puolivalmiste puuttuu, ei pakkausta voi tehdä ja sille on etsittävä uusi pakkausajankohta tuotannossa. Puolivalmisteen puuttuminen suunnitellusta pakkauksesta ja pakkausajankohdasta johtaa siihen, että pakkauskapasiteetti jää käyttämättä. Pahimmassa tapauksessa pakkauskone seisoo, koska seuraavan pakkauksen vaatimia puolivalmisteita ei ole vielä valmiina. Tilanteen korjaamiseksi joudutaan turvautumaan esimerkiksi ylitöihin.

Tällä hetkellä tehtaalla on 258 valmista puolivalmistetta, joita seurataan ja hallitaan eri menetelmillä. Tuotannonsuunnittelu tapahtuu ERP-järjestelmän (Enterprise Resource Planning) avulla. Tämä toiminnanohjausjärjestelmä ei sisällä kuitenkaan tietoa tuotteen laadusta tai sijainnista. ERP-järjestelmästä havaittu määrä voi sisältää satoja kiloja puolivalmisteita, jotka ovat menossa joko seulontaan tai hävikkiin. Tuotannonsuunnittelijoiden pitääkin useasti turvautua

tuotantoassistentteihin, jotka tarkastavat puolivalmistesaldojen paikkaansa pitävyyden. Tuotantoassistentit tekevät päivittäin lähes koko tehtaan puolivalmisteiden osalta inventaariokorjauksia, jotta pakkausvaiheessavältyttäisiin suuremmilta ongelmilta.

Nykypäivänä yritykset tarvitsevat luotettavan järjestelmän sisäisten tuotevirtojen hallitsemiseen ja seuraamiseen, koska materiaali- ja palkkakustannukset ovat suuria kustannuseriä. Tietoteknisen järjestelmän merkitys myös kasvaa teollisuuden siirtyessä varasto-ohjautuvasta tuotannosta kohti tilausohjautuvaa tuotantoa. Internet of Things -aikakaudella hyödykkeiden seuranta ja tunnistus ovat myös keskeisessä roolissa prosessien optimoinnissa koko arvoketjun läpi. Tällä hetkellä kohdeyrityksellä ei ole erityistä järjestelmää puolivalmisteiden hallintaan ja seurantaan, vaan se tehdään manuaalisesti lähinnä tuotantoassistenttien toimesta sekä ERP-järjestelmää hyödyntäen. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, mikä tietotekninen järjestelmä soveltuisi parhaiten kohdeyrityksen tehtaalle ja mitä lisäarvoa se toisi.

1.1 Työn tausta

Kohdeyritys on kansainvälisesti toimiva elintarviketeollisuuden yritys, jonka tuotteita viedään yli 40 maahan. Tuotantoa monipuolistetaan ja muokataan vastaamaan asiakkaiden odotuksia. Kohdeyrityksessä valmistetaan satoja puolivalmisteita ja lopputuotteita yhdellätoista eri osastolla. Yritys on erikoistunut mix-tuotantoon. Mix-tuotanto on vaikeasti hallittava kokonaisuus, koska yhdessä pakkauksessa voi olla jopa kymmenen eri puolivalmistetta. Tämä asettaa haasteita varsinkin tuotevirtojen, laadun ja koko toimitusketjun hallintaan.

Tällä hetkellä puolivalmisteiden hallinta ja seuranta toteutetaan ERP-järjestelmän sekä tuotantoassistenttien avulla. Tuotantoassistentit tekevät päivittäin inventaarion

lähes tehtaan kaikista puolivalmisteista sekä seuraavat, että osastoille tehtyjä viikko-ohjelmia noudatetaan systemaattisesti. Laatupäällikkö ja laborantit varmistavat puolestaan puolivalmisteiden laadun. Mix-tuotannossa ei ole kyse vain tuotteen laadusta ja tuoreudesta, vaan monimuotoisen tuotannon ajoittamisesta.

Tuotanto jakautuu eri prosessivaiheisiin. Osa puolivalmisteista käy läpi viisi eri prosessivaihetta ennen pakkausta. Pisimmillään yhden tuotteen koko prosessi voi kestää kolme viikkoa. Tuotannonsuunnittelijat perustavat suunnittelun lähtökohtaisesti tilauksiin, ennusteisiin sekä sen hetkiseen varastotilanteeseen. Tuotannonsuunnittelijat suunnittelevat tuotannon lopputuotetasolta eli ylimmältä tasolta kohti yksittäisiä puolivalmisteita ja niiden eri prosessivaiheita. Pakkausmäärä kertoo, kuinka paljon mitäkin puolivalmistetta tarvitaan kilogrammoina, mikä puolestaan määrittelee tarpeet alemman tason prosessivaiheille. Tuotannon varhaisvaiheessa tapahtuvat tuotannolliset tai informatiiviset ongelmat kumuloituvat eri prosessivaiheiden aikana aiheuttaen haastavia tilanteita. Tällä hetkellä kohdeyrityksellä ei ole käytössä järjestelmää, joka voisi antaa tiedon puolivalmisteen sijainnista tehtaalla. ERP-järjestelmästä on mahdollista tarkastaa puolivalmisteen määrä ja valmistuspäivä eräkohtaisesti, mutta ei sijaintia.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Nykyään on olemassa erilaisia tietoteknisiä ratkaisuja, kuten lähiverkko- ja Bluetooth-paikannus, viivakoodi sekä RFID, joiden avulla tuotevirtojen seuranta ja hallinta ovat mahdollista. Tällaisten järjestelmien avulla pyritään kehittämään toiminta läpinäkyvämmäksi. Tämän diplomityön tarkoituksena on tutkia tietoteknisten ratkaisujen soveltuvuutta kohdeyrityksen sisäisten tuotevirtojen hallintaan ja esittää sopivimman järjestelmän toimintaperiaate yleisellä tasolla.

Tutkimus on osa laajempaa investointikokonaisuutta ja toimii suunnittelun tukena. Tutkimus ei keskity välivaraston uudelleen järjestämiseen, vaan auttaa ymmärtämään, kuinka tietotekninen ratkaisu voisi auttaa kehittämään kohdeyrityksen nykyisiä toimintoja. Tutkimus on rajattu koskemaan ainoastaan yhtä kohdeyrityksen neljästä tehtaasta.

Tutkimus koostuu kahdesta päätutkimuskysymyksestä:

- Mikä seuranta- ja tunnistustekniikka soveltuu kohdeyrityksen sisäisten tuotevirtojen hallintaan parhaiten ja kuinka se toimii?
- Mitkä liikkeellepaneavat ja vastustavat voimat ohjaavat investointisuunnitelman etenemistä ja päätöksentekoa?

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimustyön tekemiseen käytettiin kvalitatiivista eli laadullista lähestymistapaa, jonka perinteet ovat sosiaalitieteissä. Laadullisen tutkimuksen lähtökohtana on todellisen elämän kuvaaminen. Tarkoituksena on pyrkiä tutkimaan kohdetta mahdollisimman monipuolisesti. Kvalitatiivisen tutkimuksen lajeja ovat esimerkiksi toimintatutkimus (action research) ja tapaustutkimus (case study). Kvalitatiivisen tiedon hankkimiseen on käytetty haastatteluja sekä osallistuvaa ja passiivista tarkkailua. Toimintatutkimuksessa tutkija työskentelee läheisesti tutkimukseen liittyvien sidosryhmien kanssa. Tarkoituksena on kehittää ratkaisu kohdeyrityksen ongelmaan soveltamalla olemassa olevaa teoreettista tietämystä ja kentällä tehtyjä havaintoja. Toimintatutkimuksen valinta työn tutkimusmenetelmäksi oli tältä osin perusteltua. (Bryman & Bell 2007, s. 413–414; Hirsjärvi et al. 2010, s. 161–162)

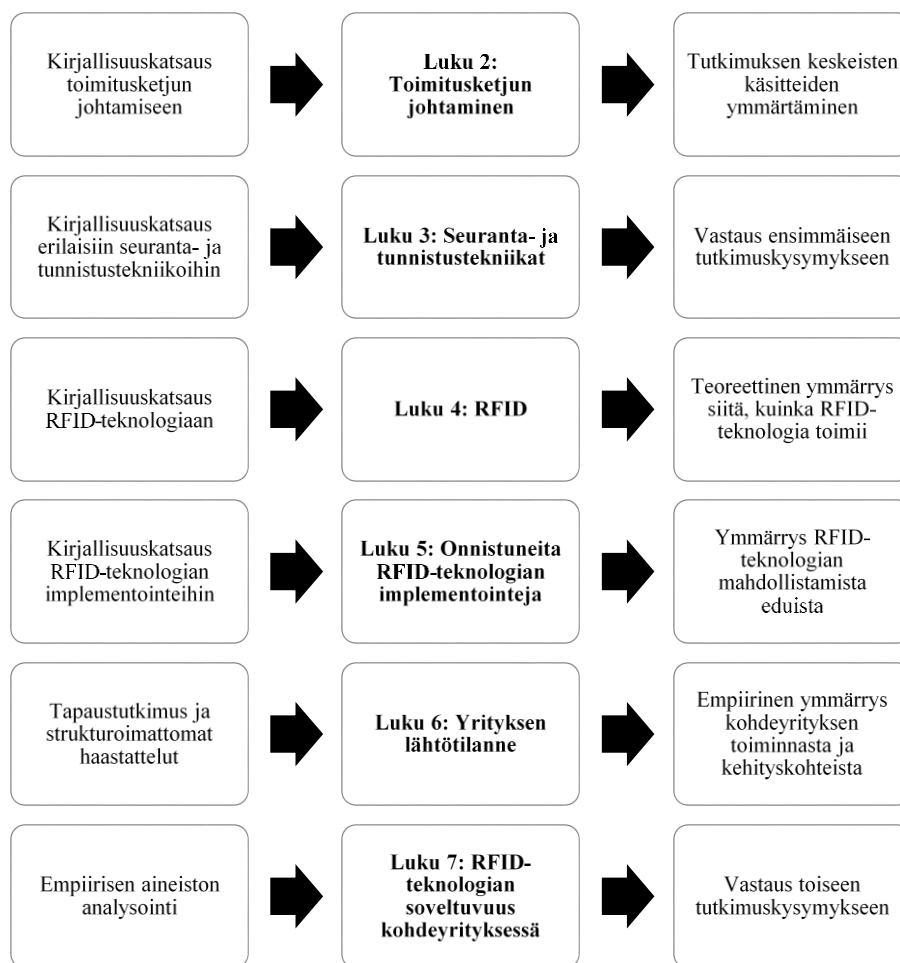
Kappaleet 2–5 muodostavat työn teoriaosuuden. Teoriaosuuden toteuttamiseen käytettiin perinteistä kirjallisuuskatsausta. Kirjallisuuskatsaus eli tutkimuskatsaus pyrkii esittämään miten aihetta on aikaisemmin tutkittu ja miten oma tutkimus liittyy jo olemassa oleviin tutkimuksiin. Kirjallisuuskatsaus keskittyy tutkimuksen osalta olennaiseen kirjallisuuteen. Tutkimuksen teoreettinen osuus koottiin pääosin tieteellisistä artikkeleista ja aihetta käsittelevistä kirjoista. Tämän lisäksi käytettiin myös muutamia verkkolähteitä, lähinnä kohdeyrityksen toiminnan kuvaamiseen. Lähteitä koottaessa tärkeintä oli säilyttää objektiivinen lähestymistapa tutkimukseen. Teoria perustuu toimitusketjun johtamiseen. (Hirsjärvi et al. 2010, s. 121)

Kappaleet 6–7 muodostavat työn empiirisen osuuden. Empiirinen osuus koostuu lähinnä strukturoimattomista haastatteluista. Haastatteluiden tarkoituksena oli tutkia sisäisiin tuotevirtoihin liittyviä haasteita, nykytilaa sekä sitä, kuinka tietotekninen järjestelmä voisi mahdollisesti auttaa ratkaisemaan näitä päivittäisiä ongelmia. Haastateltavat valittiin organisaation eri tasoilta, jotta saatiin muodostettua mahdollisimman kokonaisvaltainen kuva aiheesta. Haastateltavat henkilöt olivat laatupäällikkö, tuotantoassistentit, tuotannonsuunnittelijat, laborantit, prosessikehittäjä ja trukkikuski. Haastattelut toteutettiin vuoden 2012 loka-joulukuun välisenä aikana. Itse analysointivaihe suoritettiin kohdeyrityksestä valitun työryhmän kanssa vuoden 2015 alussa. Työryhmä valikoitui haastatteluiden pohjalta. Analysointivaiheessa käytettiin apuna Force Field -analyysityökalua.

1.4 Tutkimuksen rakenne

Diplomityö koostuu yhdeksästä pääkappaleesta. Ensimmäinen luku esittelee työn taustan, tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset, tutkimusmenetelmät, päättötutkimuskysymykset sekä tutkimuksen rakenteen. Kappaleissa 2–5 luodaan teoreettinen pohja tutkimukselle sekä vastataan ensimmäiseen tutkimuskysymykseen. Kappaleet 6–7 ovat tutkimuksen empiiristä osuutta, joka

perustuu haastatteluihin. Empiria alkaa kohdeyrityksen lähtötilanteen kartoittamisella ja päättyy empiirisen aineiston analysointituloksiin. Kappale seitsemän vastaa työn toiseen tutkimuskysymykseen. Kappaleessa kahdeksan esitetään tutkimuksen ydinasiat ja johtopäätökset. Kappaleessa yhdeksän ehdotetaan jatkokehittämiskohteet kohdeyritykselle. Tutkimuksen rakenne ja eteneminen on kuvattu tarkemmin input/output-kaavion avulla kuvassa 1.



Kuva 1. Tutkimuksen rakenne input/output-kaaviossa.

2 TOIMITUSKETJUN JOHTAMINEN

Viimeisten vuosikymmenien aikana yritykset ovat ymmärtäneet muun muassa lean- ja JIT-periaatteiden implementoinnin tuomat hyödyt kilpailukyvyn ja joustavuuden kannalta. Yritysten välinen kilpailu on siirtynyt yhä enemmän kohti toimitusketjuja. Toimitusketjun johtamisen yksi päätehtävistä on yrityksen toimitusketjuun kuuluvien liiketoimintojen integrointi ja koordinointi. Yrityksillä, jotka integroivat ja koordinoivat liiketoimintojaan on parempi toiminnallinen tehokkuus, tuotteiden laatu, pienemmät varastoinvestoinnit, lyhyemmät kiertoajat, pienemmät materiaalin hankintakustannukset, parempi työntekijöiden tuottavuus ja parempi kyky vastata asiakkaiden tarpeisiin. Toimitusketjun johtamisen yksi tärkeimmistä näkökulmista on seurata toimitusketjun eri prosesseja. Tarkoituksena on tuottaa mahdollisimman paljon lisäarvoa asiakkaalle toimitusketjun eri vaiheissa. Menestyneimmät yritykset osaavat yhdistää sisäiset prosessinsa ulkoisiin toimittajiin ja asiakkaisiin ainutlaatuisilla toimitusketjuilla. (Maticевич et al. 2011, s. 520–522)

2.1 Toimitusketjun mallit

Toimitusketjun kilpailukyky perustuu laatuun, uusiin tuotteisiin, aikaan, joustavuuteen ja kustannuksiin. Yleisemmin käytetyt tuotantostrategiat ovat varasto-ohjautuva tuotanto (make-to-stock, MTS), tilausohjautuva kokoonpano (assemble-to-order, ATO), tilausohjautuva tuotanto (build-to-order, BTO) ja tilausohjautuva tuotesuunnittelu (engineer-to-order, ETO). Varasto-ohjautuvassa tuotannossa tuotteita pidetään varastossa, jotta toimitusaika asiakkaalle saadaan minimoitua. Sitä käytetään silloin, kun on kyse hyvin säilyvistä vakiotuotteista, joiden elinkaari on pitkä ja toimitusaika lyhyt. Tämä strategia on työntöohjaus. Kysyntä ennustetaan ja tuotanto aikataulutetaan ennen kysyntää. Varasto-ohjautuva tuotanto sitoo paljon pääomaa. Tilausohjautuva kokoonpano on strategia, jossa hoidetaan useiden lopputuotteiden kokoonpano. Tässä strategiassa käytetään

standardisoituja komponentteja ja osia. Asiakkaiden yksilöllisten tarpeiden tyydyttäminen vaatii, että prosessit ovat kustannustehokkaita ja kokoonpanovaiheet joustavia. Myös tämä tuotannonohjausmuoto sitoo pääomaa varastoon, koska komponentteja tarvitaan paljon. Tilausohjautuvassa tuotannossa tuotetaan räätälöityjä tuotteita matalalla volyymilla vasta sen jälkeen, kun valmistaja on vastaanottanut tilaukset. Tilausohjautuvan tuotannon tuotteet ovat usein matalavolyymisia sekä vaativat korkeaa tuotesuunnittelua, tehokasta ajanhallintaa ja korkeaa teknistä osaamista. Tilausohjautuva toimitusketjun hallinta ja suunnittelu perustuu imuohjaukseen. Tilausohjautuvassa tuotesuunnittelussa valmistetaan tuotteita, jotka muodostuvat ainutlaatuisista osista ja asiakkaiden piirustuksista. Tuotevolyymit ovat usein matalia. Räätälöinnistä johtuen kiertoaika on melko pitkä tilauksesta toimitukseen. Tilausohjautuvaa tuotesuunnittelua käytetään yleensä silloin, kun on kyse pilaantuvista materiaaleista. Tuotannonohjausmuodot voivat vaihdella yrityksen sisällä esimerkiksi tuotteittain, valmistusvaiheittain, markkinasegmenteittäin ja kysynnän kausivaihtelun mukaan. Tuotannonohjausmuotojen valintoihin vaikuttavat muun muassa asiakkaan toimitusaikavaatimukset ja tuotannon läpimenoaika. (Bell et al. 2011, s. 48–49; Ling 2007, s. 12–13)

2.2 Arvoketjuajattelu

Viimeisten 20 vuoden aikana johtamisajattelu on painottunut strategioihin, jotka tarjoavat merkittävää lisäarvoa asiakkaiden silmissä. Harvardin yliopiston tutkijan Michael Porterin kehittämän arvoketjun toiminnot voidaan jakaa ensisijaisiin toimiin ja tukitoimiin. Ensisijaisiin toimiin kuuluvat logistiset toimenpiteet, markkinointi, myynti ja palvelu. Tukitoimiin kuuluvat henkilöstöhallinta, infrastruktuuri, teknologian kehittäminen ja hankinta. Kilpailuetu perustuu siihen, kuinka hyvin yritykset pystyvät organisoimaan ja suorittamaan näitä toimia arvoketjussa. Saavuttaakseen kilpailuedun yrityksen tulee luoda arvoa asiakkaille suorittamalla näitä toimia tehokkaammin tai ainutlaatuisella tavalla kilpailijoihinsa nähden. Yritysten tulisi katsoa arvoketjun toimia ja arvioida, onko heillä todella

kilpailuetua kunkin toimen kohdalla. Toimet, jotka eivät tuo kilpailuetua, kannattaa mahdollisuuden mukaan ulkoistaa yrityskumppanille, joka voi tarjota kustannustai arvoetua. Tämä Porterin arvoketjumalli on maailmanlaajuisesti käytössä, mikä on johtanut ulkoistamistoimien merkittävään kasvuun melkein millä tahansa teollisuuden alalla. Toimitusketjua voidaan pitää arvoketjuna. Arvoa ja toisaalta kustannuksia ei luo vain yritys itse, vaan kaikki toisiinsa yhteyksissä olevat yritykset. Ulkoistaminen on tehnyt toimitusketjuista monimutkaisempia ja sitä kautta tehokkaasta toimitusketjun johtamisesta entistäkin tärkeämpää. (Christopher 2005, s. 13–14)

2.3 JIT-tuotanto ja varastointi

1980-luvulla alettiin puhua uudesta konseptista nimeltä Just in Time (JIT), josta käytetään Suomessa useammin käsitettä JOT eli juuri oikeaan tarpeeseen. Alun perin käsite sai alkunsa japanilaisten toimesta toisen maailmansodan jälkeen, kun resursseja oli niukasti. JIT-periaatteessa kaikki toimenpiteet pyritään toteuttamaan oikea-aikaisesti. Esimerkiksi elintarvikkeita ei voi valmistaa liian aikaisin niiden tuoreusvaatimusten takia. Toisaalta elintarvikkeita ei voi valmistaa liian myöhäänkään, ettei vaarana toimitusta ja sitä kautta asiakaspalvelun onnistumista. Varsinkin elintarvikkeiden osalta hyödynnetään JIT-periaatteen lisäksi myös FIFO-periaatetta (first-in, first-out), jossa vanhempi valmistuserä käytetään aina ennen uudempaa valmistuserää. Tällä tavoin pyritään varmistamaan, ettei hävikkikustannuksia synny. (Myerson 2012, s. 12–13; Schmidt et al. 2013, s. 108; Waters 2003, s. 178–179)

Varaston päätarkoituksena on muodostaa puskuri eri toimintojen väliin. Tarkoituksena on pitää mahdollisimman pieni, mutta riittävä varastotaso. Varastotasoa nostetaan yleensä hyvinä aikoina pahojen päivien varalle. Pahoilla päivillä tarkoitetaan esimerkiksi tilanteita, joissa tuotantolaite hajoaa tai kysyntä kasvaa yli ennusteiden. Puskurivaraston avulla yrityksen toiminta jatkuu

normaalisti ilman tuotekatkoja. Johtajien perinteisestä näkökulmasta katsottuna varastot ovat oleellisia sujuvan toiminnan turvaamiseksi. Varastot tasoittavat toimituksen ja kysynnän välisiä eroja. (Myerson 2012, s. 12–13; Waters 2003, s. 178–179)

Varastohallintajärjestelmän (Warehouse Management Systems, WMS) avulla ohjataan ja hallitaan tuotteiden ja materiaalien vastaanotto, siirtely, hyllytys, pakkaus ja toimitus. Järjestelmän tarkoituksena on rekisteröidä kaikki kyseisiin toimintoihin liittyvät tapahtumat. Varastohallintajärjestelmä on yleensä osa koko yrityksen toiminnanohjausjärjestelmää. Varastohallinnan tehostamiseen hyödynnetään viivakoodin tapaisia teknologioita. Varastotason suuruuden määrittelevät asiakkaat, jotka käyttävät tuotteita. Kanban on oiva työkalu tämän konseptin implementointiin. Kanban on visuaalinen menetelmä varaston täydentämiseen. Kanban-kortit kertovat, kuinka asiakkaat ovat kuluttaneet tuotteita ja sitä kautta sen, milloin tuotteita kannattaa valmistaa lisää. Kanban-korttien määrä vaikuttaa suoraan yrityksen pitämään varastotasoon. JIT-menetelmän ja Kanban-työkalun lisäksi moni muukin konsepti sai alkunsa Japanissa, jossa osattiin hyödyntää amerikkalaisia oppeja. Tämä johti lopulta siihen, että japanilaisista halpatuotteista tuli laadukkaampia ja korkeamman suorituskyvyn omaavia tuotteita. (Bell et al. 2011, s. 62; Myerson 2012, s. 12–13; Waters 2003, s. 178–179)

Lähtökohtaisesti JIT-periaatteen avulla pienennetään varastotasoa, mutta se antaa myös muun muassa seuraavanlaisia hyötyjä:

- korkeampi tuottavuus
- lyhyemmät läpimenoajat
- yksinkertaistettu suunnittelu ja aikataulutus
- parempi materiaalien ja tuotteiden laatu
- vähemmän hukkaa
- paremmat suhteet toimittajien kanssa

Valitettavasti jotkin näistä eduista voidaan ostaa vain korkealla hinnalla. Tekemällä korkealaatuisia tuotteita vain muutamalla konekatkolla voi tarkoittaa esimerkiksi sitä, että joudutaan ostamaan kalliimpia ja laadukkaampia koneita nykyisten tilalle. Yksi JIT-periaatteen pääongelmista on sen kyvyttömyys selvitä odottamattomista olosuhteista. Esimerkiksi onnettomuudet ja koneviat voivat aiheuttaa ongelmia koko toimitusketjussa. (Waters 2003, s. 187–188)

2.4 Työntö- ja imuohjaus

JIT-periaatteen onnistuminen ei perustu vain sille, että toimintoja organisoidaan oikea-aikaisiksi, vaan myös kuvaukselle, kuinka tämä saavutetaan. Perinteisessä prosessissa kaikilla toiminnoilla on tietty aikataulu, mitä noudatetaan. Kaikki prosessit toimitusketjussa voidaan jakaa joko työntö- tai imuohjaukseen. ERP-järjestelmään tai muuhun tuotannonohjausjärjestelmään syötetään karkea- ja hienosuunnittelu. Työntöohjauksessa tuotteiden valmistaminen perustuu ennusteisiin, kun taas imuohjauksessa valmistaminen perustuu asiakkaiden tilauksiin. Työntöohjauksessa hyödynnetään materiaalitarvesuunnittelua (Material Requirements Planning, MRP) ja tuotteet valmistetaan varastoon asiakastilauksista välittämättä. Varmuusvaraston avulla pystytään hallitsemaan kysynnän vaihtelut. Ennusteet perustuvat aikaisempiin myyntitietoihin. Työntöohjauksen läpimenoaika on yleensä pidempi kuin imuohjauksessa. Imuohjauksessa valmistaminen perustuu asiakkaiden tilauksiin ja nopeisiin läpimenoaikoihin. Imuohjaukselle on tyypillistä lopputuotteiden pienet varastot ja joustava kapasiteetti. Joustavan kapasiteetin avulla voidaan vastata kysynnän vaihteluun. Molempia lähestymistapoja tarvitaan tehokkaan toimitusketjun suunnitteluun. Avainasemassa on kehittää sellainen toimitusketju, jonka avulla voidaan saavuttaa kustannustehokas toiminta. Tärkeässä asemassa on myös pystyä toimittamaan tuotteet oikeaan aikaan ja oikeina määrinä asiakkaiden tarpeiden mukaan. JIT:n ja MRP:n ero on, että JIT-periaatteessa valmistetaan asiakastilauksesta, kun taas materiaalitarvesuunnittelussa valmistetaan tuotantosuunnitelman perusteella. Materiaalitarvesuunnittelu ja JIT yhdistetään kuitenkin yleensä teollisuudessa suunnittelemalla kokoonpano ja

hankinnat MRP:n avulla ja toteuttamalla tuotantovaiheiden ohjaus JIT-periaatteen mukaisesti. (Bell et al. 2011, s. 58; Ling 2007, s. 15–17; Waters 2003, s. 183)

2.5 Lean-tuotanto

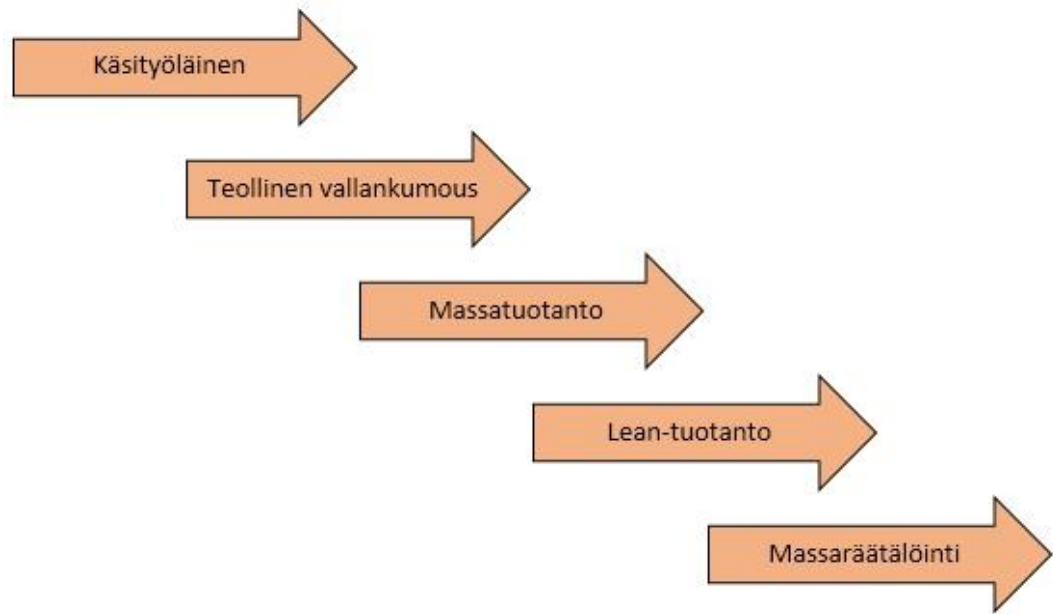
Japanilaiset loivat perustan lean-konseptin syntymiselle. Lean-konseptin esiaste oli Toyotan tuotantojärjestelmä (Toyota Production System, TPS). Toyotan tuotantojärjestelmä sai alkunsa 1940-luvulla Japanissa ja se keskittyi jatkuvaan parantamiseen ja ihmisten arvostukseen. Lean nähdään yleensä menetelmänä, jolla pyritään vähentämään varaston kokoa. Lean itsessään ei ole prosessi varaston vähentämiseen. Lean-käytäntöjen implementointi ei estä puskurivaraston syntymistä. Avainasemassa on ymmärtää, miksi varastot ovat olemassa ja mikä niiden strateginen merkitys on liiketoiminnassa. Harvoin päästään täysin imuohjautuvaan tuotannon ja varaston ohjaukseen. Ei pidä lähteä suoraan näkökulmasta, että kaikki varastot ovat pahasta. Tämä ymmärretään selkeästi esimerkiksi päivittäistavaroiden kautta. Olemmeko asiakkaana valmiita odottamaan kaupassa, kun leipämme valmistetaan, pakataan ja toimitetaan kauppaan? Tähän vastaus taitaa olla yksimielisesti kielteinen. Toisaalta voimme olla valmiita odottamaan muutaman minuutin, kun lihakauppias leikkaa meille lihaa mukaan. Päivittäistavarakaupat ymmärtävät varastoja ja markkinoita tarkasti. Lopputuotevaraston kokoon vaikuttavat eniten kysyntään perustuvat ennusteet ja toimitusketjun läpimenoajat kokonaisuudessaan. Lean-konseptiin kuuluvan jatkuvan parantamisen mukaisesti tavoitteena on vähentää puskurivarastoja mahdollisimman paljon. (Myerson 2012, s. 12–13; Sheldon 2007, s. 37–38)

Lean-konseptin lisäksi on olemassa myös toinen samantapainen konsepti, Lean Six Sigma. Erään määritelmän mukaan Lean Six Sigma on kahden konseptin yhdistelmä; lean-tuotannon, jonka tarkoituksena on hukkien vähentäminen ja Six Sigman, joka auttaa yrityksiä vähentämään virheitä. Six Sigma määritelmä tarkoittaa prosessia, jossa tuote valmistetaan 99,99 prosenttisesti virheettömästi.

Lean on tiimikohtainen konsepti, jonka avulla pyritään jatkuvasti parantamaan koko prosessia tai arvoketjua aina asiakkaalta tuotannon alkupäähän asti. Six Sigma on työkalu, jonka avulla seurataan prosessin yksittäisiä vaiheita ja pyritään tunnistamaan sekä poistamaan vikoja. Yleisesti lean pyrkii vähentämään hukkaa tuotantoprosesseissa ja Six Sigma pyrkii puolestaan lisäämään arvoa tuotantoprosessiin. (Myerson 2012, s. 15–16)

2.5.1 Lean-konseptin kehittyminen

Ymmärtääkseen, kuinka lean-konsepti sai alkunsa ja kehittyi, täytyy ymmärtää valmistuksen historia (Kuva 2). Lean-konsepti keskittyy toiminnan jatkuvaan parantamiseen tunnistamalla ja poistamalla hukkia asiakkaan näkökulmasta. Näin asiat eivät ole kuitenkaan aina olleet. Valmistuksen alkutaipaleella satoja vuosia sitten käsityöläiset valmistivat tuotteet. Tehokkuus ja laatu paranivat, kun yksilö sai vastata yhdestä ja toistettavissa olevasta toiminnasta. 1900-luvun taitteessa Frederick Winslow Taylor kehitti liikkeenjohto-opin, joka mahdollisti teollisuustyön organisoinnin ja tehostamisen. Suuri edistysaskel tapahtui 1900-luvun alkupuolella Henry Fordin autotehtailla, joissa massatuotanto käsite sai alkunsa. Liukuhihnatuotanto mahdollisti ensi kertaa suurten volyymien valmistamisen pienemmillä kiinteillä kustannuksilla. Nykyään liukuhihnatuotanto tunnetaan myös työntöohjauksena, joka on vastakohta lean-ajattelun imuohjaukselle. (Myerson 2012, s. 11–12)



Kuva 2. Valmistuksen historia. (Mukaiillen Myerson 2012, s. 12)

Nykyään yritysten painopiste on siirtynyt kustannus- ja laatuasioista myös toiminnan nopeuteen. Internetin keksiminen 1990-luvulla mullisti tietoliikenteen ja sitä kautta koko kaupankäynnin. Myöhemmin internetin yhdistäminen ERP-järjestelmään loi valmistajille mahdollisuuden olla yhteistyössä toimittajista asiakkaisiin. Nykyinen maailmantalous antaa yrityksille mahdollisuuden hankkia raaka-aineita ja tuotteita maailmanlaajuisesti. ERP-järjestelmä ja verkkokauppa ovat madaltaneet pk-yritystenkin rajoja liittyä maailmantalouteen ja kilpailla missä tahansa osa-alueella suuryrityksiä vastaan. Kaikki tämä on johdattanut meidät massaräätälöintiin, jossa on kyse kyvystä yhdistää massatuotannon pienet yksikkökustannukset ja joustavuus tehdä yksittäisiä räätälöintejä asiakkaan toivomusten mukaisesti. (Myerson 2012, s. 13–14)

Hyvä esimerkkiyritys massaräätälöinnistä on tietokoneiden valmistaja Dell. Internet tarjosi yritykselle mahdollisuuden kehittää yhä kustannustehokkaampaa lähestymistapaa suoramyyntiin. Dell ottaa vastaan verkon kautta hyvin pitkälle räätälöityjä tilauksia (kiintolevy, muisti yms.) ja asentaa osat paikoilleen sekä

lähettää asiakkaan tilaaman kokonaisuuden 24 tunnin sisällä tilauksesta. Yrityksellä ei ole käytössä jakelukeskuksia, vaan Dell lähettää valmiit tilaukset UPS:n eli maailman suurimman lähettiyrityksen kautta asiakkaalle. Kuuden kuukauden jälkeen verkkokaupan avaamisesta yrityksen verkkomyynti kasvoi 20 prosenttia kuukausittain. Suurimmaksi osaksi Dell sai maksun kuluttajilta 24 tunnin sisällä tilauksen asettamisesta, kun taas esimerkiksi Compaq joutui odottamaan maksuaan kauppiailta noin 35 päivää. (Christopher 2005, s. 20–22; Ling 2007, s. 3–8; Myerson 2012, s. 13–14)

Dell työskentelee tiiviisti toimittajien kanssa ja täyttää varastojaan JIT-periaatteella. Monet komponentit tilataan toimittajalta vasta siinä vaiheessa, kun Dell saa itse asiakastilauksen. Saavuttaakseen niin hyvän ja tehokkaan yhteistyön Dell vähensi progressiivisesti toimittajiaan 204 yrityksestä 47 yritykseen ennen 2000-lukua. Suurin osa toimittajien varastoista sijaitsee vain 15 minuutin päässä yrityksen omien Texasin, Irlannin ja Malesian tehtaista. Toimittajilla on 90 minuuttia aikaa kerätä oikeat materiaalit ja toimittaa ne Dellin tehtaiden oville. Kuukausien tai viikkojen varastojen sijaan Dell pitää vain viiden päivän varastoja. Yrityksen toiminta on hyvä esimerkki todellisesta imuohjauksesta, jota ohjaa puhtaasti asiakkaiden tarpeet. Yrityksen malli keskittyy toimitusketjun jäsenten väliseen luottamukseen ja arvostukseen, JIT-tuotantoon sekä poistamaan kolmansien osapuolien jälleenmyyjät. Dell työskentelee tiiviisti toimittajien kanssa lyhentääkseen läpimenoaikoja ja parantaakseen ennustettavuutta. Harvat yritykset pystyvät samanlaiseen tuotannon- ja varastonohjaukseen kuin Dell. (Christopher 2005, s. 20–22; Ling 2007, s. 3–8; Myerson 2012, s. 13–14)

2.5.2 Kahdeksan hukkaa

Hukka voidaan ymmärtää ihmisestä riippuen hyvinkin monella tavalla. Prosesseissa tapahtuvaa hukkaa on hyvä lähestyä lisäarvoa tuottavasta ja tuottamattomasta näkökulmasta. Tätä kautta on helpompi tunnistaa ja vähentää

hukkaa. Yleisin tapa kuvata näitä lisäarvoa tuottamattomia toimintoja on puhua seitsemän hukan ajattelumallista. Yleisesti hukka voidaan määritellä kaikeksi, mikä ei lisää arvoa prosessiin. Tyypillisesti, kun tuote esimerkiksi varastoidaan tai se odottaa valmistuslinjalla seuraavaa prosessivaihetta, se ei tuota lisäarvoa, vaan on sataprosenttisesti hukkaa. Perinteinen seitsemän hukkaa on saanut alkunsa Toyotan tuotantojärjestelmän pohjalta, niin kuin myös Single Minute Exchange of Die (SMED) ja 5-S. 5-S on lähestymistapa siivoukseen ja paikkojen organisointiin. Sitä sovellettiin alun perin lattiatasolla, mutta nykyään samalla tavoin toimistoissa. Lopulta painopiste oli laadun parantamisessa, kun Toyota ymmärsi laatuasioiden yhteyden siisteyteen, organisointiin ja turvallisuuteen. Dr. Shigeo Shingon kehittämä SMED on prosessimenetelmä useisiin eri toimintoihin, pitäen sisällään ennaltaehkäisevän kunnossapidon ja laitteiden vaihtoajan. SMED-lähestymistavan yksinkertainen sanoma on, että tuotevaihdon aikana laite ei tuota voittoa, vaan päinvastoin, syntyy vain kustannuksia. Nykyään seitsemän hukan joukkoon lisätään myös kahdeksas hukka, joka on vaillinaisesti hyödynnetyt työntekijät. Nämä hukat soveltuvat erilaisiin prosesseihin, kuten valmistuksellisiin tai logistisiin prosesseihin. Seuraavissa kappaleissa esitellään nämä kahdeksan hukkaa. (Myerson 2012, s. 19; Sheldon 2007, s. 19)

Varastointi

Varastointi on oikeastaan muiden hukkien lopputulos. Varastot toimivat buffereina asiakkaiden, toimittajien ja valmistajien välillä. Varastoja tarvitaan kompensoimaan esimerkiksi läpimenoaikoja, ennustevirheitä, laatuongelmia, asetusajoja, seisokkeja ja myöhästyneitä toimituksia. Varastojen ylläpito vaatii aina rahaa. Varaston ylläpitokustannukset voivat vaihdella 15–30 prosenttia tuotteen arvosta. Siihen sisältyvät muun muassa pääoma-, käsittely- ja varastointikustannukset, verot, työvoima ja pilaantuminen. Yrityksen tulee pystyä tasapainottamaan varastotasoa asiakkaiden kysynnän mukaan. Ei ole kovin epätavallista, että tuotantolaitoksen lattiatilasta yli 25 prosenttia on varattu välivarastoitaville tuotteille. Hyvin suunnitellun ja toteutetun tuotantostrategian

(MTS, ATO, BTO, ETO) avulla voidaan saavuttaa suuria etuja. (Myerson 2012, s. 20; Sheldon 2007, s. 28)

Tarpeettomat kuljetukset

Varsinkin varastoympäristössä on mahdollista todistaa tarpeettomia kuljetuksia. Tämäntapainen hukka voi sisältää mm. kuljetuksia, varastointia, pinoamista sekä materiaalien, työkalujen, tiedon ja ihmisten siirtämistä. Ideaalitulanteessa vastaanotettu materiaali kuljetetaan kerran haluttuun paikkaan ja vastaavasti noudetaan kerran, kun sitä tarvitaan. Todellisuudessa näin tapahtuu kuitenkin harvoin. Yleensä materiaalin paikka hyllyssä vaihtelee moneen kertaan ja kaikki nämä ylimääräiset kuljetukset ovat hukkaa. Sen lisäksi, että yritykset maksavat trukkikuseille jokaisesta siirrosta, materiaali on myös vaarassa rikkoutua. Aina, kun materiaali tuodaan uuteen paikkaan, se sisältää häviämisenriskin, joka voi vaikuttaa merkittävästi saldotarkkuuteen. (Myerson 2012, s. 21–22; Sheldon 2007, s. 28)

Tarpeettomat liikkeet

Kaikki liikkeet, jotka eivät tuota lisäarvoa palvelulle tai tuotteelle, ovat hukkaa. Lean-konseptin mukaisesti käyttöpaikkakohtainen varastointi soveltuu tähän hyvin, koska siinä vain tarvittava tieto ja materiaali kerätään lähelle. Tietoa ja materiaalia voidaan tarvittaessa täydentää Kanban-menetelmän mukaisesti. Liikkeiden aiheuttamaa hukkaa on esimerkiksi se, kun etsitään työkalua, joka on sijoitettu kauas käyttökohteesta. Hukkaa on myös se, että trukkit käyvät tyhjäkäynnillä. Liikkeiden aiheuttamaan hukkaan yhdistyvät myös ergonomia-asiat. Ergonomiaan kuuluu työntekijän vuorovaikutus laitteiden ja työpaikan välillä. Hyvin tavanomaisena riskinä on esimerkiksi selän venäyttäminen työtehtävissä. (Myerson 2012, s. 22; Sheldon 2007, s. 26)

Odotusaika

Odotusaika on yksinkertaisesti sitä, että joudutaan odottamaan toimituksia, tietoa, materiaalia tai ihmisiä, jotta saadaan suoritettua jokin tehtävä loppuun. Ihmisten niin lattiatasolla kuin toimistoissakin pitää tunnistaa tämäntapainen tuottamaton hukka, jota esiintyy liiketoiminnassa päivittäin. Monissa prosesseissa tuotteiden ja palveluiden läpimenoaika on odotusaikaa. Tuotantotiloissa odotusaika voi koostua esimerkiksi asetuksiin, vaihtoaikoihin ja koneiden korjaamiseen kuluvasta ajasta. Toimistoympäristöissä odotusaika koostuu puolestaan esimerkiksi laitteiden käynnistymisestä. Tuotteiden odotusaika on hyvin tavanomaista varastoissa ja jakelukeskuksissa, joissa tuotteet odottavat seuraavaa prosessivaihetta, kuten laivaan lastausta. (Myerson 2012, s. 23; Sheldon 2007, s. 28)

Ylituotanto

Ylituotanto ja ylimääräiset hankinnat ovat seurausta siitä, että valmistetaan, prosessoidaan tai tilataan jotain, mitä ei vielä edes tarvita. Tämä voi johtaa lopulta hukan lisäksi myös esimerkiksi pidempiin läpimenoihin ja korkeampiin varastointikustannuksiin. Varastoinnissa hukka voi näkyä tekemällä tilauksia aiemmin mitä pitäisi, kuten esimerkiksi tilaamalla pakkaustarvikkeita suurissa tilauserissä. Tämä aiheuttaa sen, ettei JIT-ajattelu toteudu tehokkaimmalla tavalla. (Myerson 2012, s. 23–24)

Yliprosessointi

Yliprosessoinnista puhutaan, kun aikaa ja vaivaa käytetään sellaisen materiaalin tai tiedon prosessointiin, mikä ei tuota lisäarvoa asiakkaalle. Yliprosessointi voi pitää sisällään sellaisen laitteen käytön, joka on monimutkaisempi, kalliimpi tai tarkempi, mitä oikeasti tarvittaisiin kyseisen toiminnan suorittamiseen. Tämä voi tulla kyseeseen tilanteissa, joissa asiakkaan määrittämät tekniset tiedot ovat epäselvät tai tilanteissa, joissa palvelua tai tuotetta kehitetään asiakastarvetta pidemmälle. Esimerkiksi toimistotiloissa yliprosessointi voi olla sitä, kun sama

tieto lähetetään eri formaateissa (fax, e-mail) ilman rationaalista syytä. (Myerson 2012, s. 24)

Viallisuus

Tämä hukka viittaa valmistuksessa materiaalien korjaukseen, uusimiseen tai romuttamiseen. Mitä pidemmälle viallisuus etenee, sitä kalliimmaksi se tulee yritykselle. Pahimmassa tapauksessa asiakas palauttaa viallisen tuotteen, mikä voi vaikuttaa asiakasuskollisuuteen. Varastoissa ja toimistoissa viallisuus voi liittyä esimerkiksi väärän tuotteen vastaanottamiseen tai lähettämiseen. Tämä voi johtua muun muassa standardisoimattomista työkäytännöistä tai koulutuksen puutteesta. (Myerson 2012, s. 24–25)

Vaillinaisesti hyödynnetyt työntekijät

Kahdeksantena hukkana nähdään vaillinaisesti hyödynnetyt työntekijät. Joissakin yrityksissä on sellainen kulttuuri, jossa ei oteta riskejä tai kyseenalaisteta asioita. Hyvin usein varsinkin perinteikkäässä yrityksessä saattaa kuulla kommentin: ”Olemme tehneet asioita jo vuosia näin”. Tämäntapainen ajattelumalli on vanhanaikainen ja lean-oppien vastainen. Toiminnan pitää perustua tiimihenkiseen kulttuuriin ja jatkuvaan parantamiseen. Yrityksen menestyminen vaatii sen, että työntekijöille annetaan riittävä koulutus ja etenemismahdollisuudet. (Myerson 2012, s. 25)

Seuraavassa kappaleessa perehdytään erilaisiin seuranta- ja tunnistustekniikoihin. Tarkoituksena on kartoittaa yleisimmät tehtaan sisätiloihin soveltuvat lähipaikannusmenetelmät sekä vertailla niiden ominaisuuksia.

3 SEURANTA- JA TUNNISTUSTEKNIIKAT

Internet of Things (IoT) on internetin seuraava sukupolvi, mikä viittaa asioiden ja esineiden seurantaan ja tunnistamiseen internetin avulla. Seurannan tuloksena saatua informaatiota voidaan käyttää, kun optimoidaan prosesseja koko arvoketjun läpi. Tämän lisäksi IoT luo yrityksille uusia mahdollisuuksia. Fyysiset esineet eivät pidä sisällään vain jokapäiväisiä tavaroita, vaan myös yrityksen eri hyödykkeitä, kuten koneita ja laitteita. Tärkeä edellytys IoT:lle on, että kiinnostuksen kohteena olevat asiat voidaan tunnistaa yksilöllisesti ja niiden ympäristöä voidaan seurata antureilla. Tällä hetkellä teknologiat, kuten erilaiset viivakoodit, Radio Frequency Identification (RFID) ja langattomat anturiverkot, ovat keskeisessä roolissa yksilöidessä ja kerätessä tietoa eri hyödykkeistä. (Chaves & Nochta 2010, s. 25–26)

3.1 Erilaiset paikannusmenetelmät

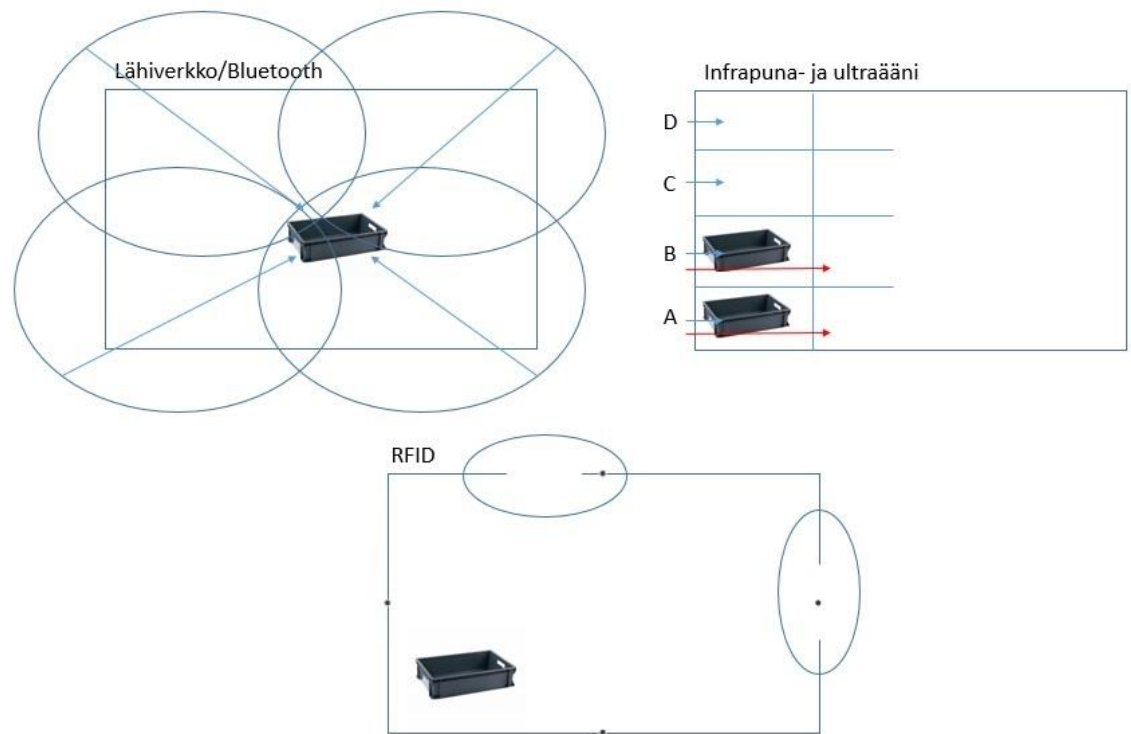
Satelliittipaikannus perustuu paikannussatelliittien lähettämien ratatieto- ja aikamerkkisignaalien vastaanottoon ja vastaanottimen sijainnin laskemiseen satelliittien etäisyyksien perusteella. Verkkopaikannuksella tarkoitetaan matkapuhelinverkkoihin perustuvaa paikannusta. Verkkopaikannuksen tarkkuus vaihtelee sadasta metristä kilometreihin. Tällainen tarkkuus riittää esimerkiksi henkilöiden paikantamiseen. Satelliitti- ja verkkopaikannus eivät tarjoa riittävää paikannustarkkuutta tai soveltuvuutta sisätiloihin, jossa on yleisesti haasteelliset signaalin vastaanotto-olosuhteet. Tehtaan sisätiloihin soveltuvien lähipaikannusmenetelmien avulla on mahdollista saavuttaa jopa senttimetrin paikannustarkkuus. (Rainio 2003, s. 9)

Tehtaan sisätiloihin soveltuvat lähipaikannusmenetelmät:

- lähiverkkopaikannus (WLAN)
- bluetooth-paikannus
- infrapunapaikannus
- ultraäänipaikannus
- etätunnistinpaikannus

Langattoman lähiverkon (WLAN) paikannusmenetelmät perustuvat verkon signaalikentän mittausten avulla tuotettuun malliin. Hyvissä olosuhteissa menetelmän tarkkuus on noin kaksi metriä, mutta se riippuu oleellisesti tukiasemien määrästä. Bluetooth on lyhyen kantaman radiotekniikka, jonka linkin kantama on kymmenen metriä. Bluetoothia voidaan käyttää lähi-informaation opastuksessa, jakelussa ja paikannuksessa. Solupaikannuksen tarkkuutta on mahdollista parantaa lähiverkkopaikannuksen periaattein. Bluetoothin käyttö on yleistä varsinkin pienissä mobiililaitteissa. Infrapun avulla voidaan siirtää dataa moniin mobiililaitteisiin, mutta se vaatii erityistä sovellusta päätelaitteessa ja esteetöntä näkyvyyttä. Paikannuskäytössä infrapunalinkki siirtää sijaintitiedon päätelaitteeseen, kuten Bluetooth -linkkikin. (Rainio 2003, s. 8–9)

Teollisuus- ja studioympäristöihin on kehitetty ultraääneen perustuva paikannus, jossa radiolähetteen sijaan moduloidaan ultraääneen koodaus. Ultraääni vastaanotetaan mikrofoniin ja analysoidaan laskennallisesti, kuten satelliittipaikannuksessa. Tavanomaiset kaiuttimet ja periaatteessa mobiililaitteet voidaan paikantaa mikrofoniin avulla. Laite vaatii sijainnin laskentaan soveltuvan ohjelmiston. Paikannuskäyttöön soveltuvat myös tietyllä radiotaajuudella toimivat RFID-etätunnistimet. Aktivoituessa RFID-tunnistimet voivat lähettää sijaintitiedon käyttäjän päätelaitteeseen. RFID-etätunnistin toimii viivakoodin tapaan, mutta on monikäyttöisempi. Etätunnistimet ovat suunniteltu nimenomaan erilaisten tuotteiden löytämisen helpottamiseksi. Kuvassa 3 on havainnollistettu eri paikannusmenetelmien toimintaa. (Rainio 2003, s. 8–9)



Kuva 3. Seuranta- ja tunnistustekniikoiden toiminta luenta-alueella.

WLAN- ja Bluetooth-paikannus ovat RFID-teknologiaa tarkempia toiminta-alueella. Toiminta-alueelle vaaditaan kuitenkin enemmän tukiasemia, jotta niiden luenta-alueet saadaan menemään ristiin ja signaalin luenta voi onnistua. Toisaalta myös RFID:n toiminta-alueita voi tarkentaa lisäämällä esimerkiksi luentapisteitä. Yleisesti WLAN- ja Bluetooth-paikannus ovat kalliimpia toteuttaa, eikä niistä löydy kunnollisia referenssejä elintarviketeollisuudesta. RFID-teknologiassa tunnistimien ei tarvitse sisältää omaa virtalähdettä, koska tukiasemat pystyvät toimittamaan tunnistimelle energiaa tietojen lähettämiseen. Yleensä RFID-teknologiassa toiminta-alue rajataan porttilukijoiden avulla.

Infrapuna- ja ultraäänitekniikoita voi rinnastaa tuotteen tunnistamiseen tietyssä paikassa. Kyseiset menetelmät toimivat valokennon tapaan. Paikassa A ja B on laatikko, paikassa C ja D ei puolestaan ole. Tehdasautomaatiassa voitaisiin saavuttaa sataprosenttinen luentatarkkuus, mutta manuaalisyössä ei. Infrapuna- ja

ultraääniteknologioilla ei päästä keräämään tarkempaa tietoa tuotteesta. Edellä mainituissa teknologioissa on sama ongelma kuin viivakooditeknologiassakin eli luennat täytyy kohdistaa, eikä luentoja voi suorittaa esteiden taakse.

Lean-ajattelu on auttanut vuosikymmeniä yrityksiä karsimaan arvoa tuottamattomia toimintoja. Toimintojen tehostaminen ei kuitenkaan onnistu ilman kokonaisvaltaista ja tarkkaa informaatiota. Langattomista teknologioista 1D- ja 2D-viivakoodit sekä RFID hallitsevat tällä hetkellä markkinoita. Molemmat teknologiat ovat suunniteltu antamaan tarkkaa tietoa tuotteen seurantaan ja tunnistukseen liittyen. Perinteinen 1D-viivakoodi on lineaarinen, kun taas 2D-viivakoodi on kaksiulotteinen. Viivakoodin ja RFID:n käytöstä löytyy useita referenssejä elintarviketeollisuudesta, toisin kuin muista aikaisemmin käsitellyistä paikannusmenetelmistä. Muut paikannusmenetelmät ovat yleisesti myös viivakoodia ja RFID:tä kalliimpia toteuttaa. RFID-tekniikan merkittävänä etuna pidetään myös sen standardeja, joiden tehtävä on taata valmistajariippumattomuus. Isoa järjestelmää rakennettaessa on hyvä varmistua, että RFID-teknologiaan liittyviä laitteita saa myöhemmin hankittua sitoutumatta tiettyyn toimittajaan. RFID-tekniikan tärkeimmät standardit määräävät tunnistimen tietosisällön ja tiedonvälitysprotokollan. (RFID Lab Finland Ry 2014a; Turck 2014, s. 25)

3.2 RFID ja viivakoodi

Kirjallisuuskatsauksen mukaan viivakoodi ja RFID ovat nykyään yleisemmin käytettyjä lähipaikannusmenetelmiä valmistusteollisuudessa. Viivakoodi ja RFID tarjoavat omat etunsa. RFID-teknologia on yleisesti viivakoodia monipuolisempi ja hienostuneempi ratkaisu. RFID-teknologian suosio on kasvanut viimeisten vuosien aikana merkittävästi. Teknologia mahdollistaa kehittyneen informaation hallinnan RFID-tunnistimien avulla, mikä edistää tuotteiden läpinäkyvyyttä toimitusketjussa. Viivakoodin etuna on, että sitä on käytetty jo yli 40 vuotta, mikä on johtanut siihen

liittyvän tietotason korkeaan kasvuun. Taulukossa 1 on vertailtu RFID-teknologiaa ja viivakoodia tarkemmin. (McCathie 2004, s. 90; Turck 2014, s. 25)

Taulukko 1. RFID-teknologian ja viivakoodin vertailu (Mukaiillen Dash 2011, s. 49; Delen 2007, s. 615)

RFID	Viivakoodi
Voidaan kirjoittaa tietoa monta kertaa	Vain luenta mahdollista
Lukijan ei tarvitse olla kohdistettu	Lukija täytyy olla kohdistettu
Lukee useita tunnisteita samaan aikaan	Lukee vain yhden tunnisteen kerralla
Luentaetäisyys 5-10 metriä	Luentaetäisyys 20-30 senttimetriä
Kestää hyvin esim. kuumuutta ja likaa	Altistuu helposti mm. lialle
Tunnistaminen automaattista	Tunnistaminen yleensä manuaalista
Läpinäkyvyyttä koko toimitusketjuun	Yleinen tuotteiden tunnistus
Hinta vaihtelee tunnistajien mukaan	Edullisempi kuin RFID-tunnistimet
Tunniste voi sisältää oman virtalähteen	Tunniste ei sisällä omaa virtalähdettä
Tunnisteissa suuri tallennuskapasiteetti	Tunnisteissa pieni tallennuskapasiteetti
Ei metallien ja nesteiden lähelle	Metalleilla ja nesteillä ei vaikutusta

Taulukko 1 osoittaa selvästi RFID-teknologian monipuolisuuden viivakoodiin nähden. Viivakoodin suurimpina heikkouksina pidetään sen kertaluonteisuutta ja luettavuutta. Kerran kirjoitettua viivakoodia voi vain lukea prosessien edetessä. Lukijan täytyy olla lähellä ja aina täysin kohdistettuna viivakoodiin nähden, että luentatapahtuma onnistuu. Operaattorin on tehtävä paljon töitä manuaalisesti saadakseen luettua jokaisen viivakoodin ja laskettua tuotteet. Sen sijaan RFID:n avulla informaatio saadaan luettua automaattisesti ja nopeasti RFID-lukijoiden ja -tunnistimien avulla käyttämättä niin paljon aikaa ja työvoimaa. Lisäksi RFID-tunnistimet pystyvät tallentamaan huomattavasti enemmän tietoa kuin perinteinen viivakoodi. Suuremman kapasiteetin turvin informaatiota saadaan kerättyä monipuolisemmin esimerkiksi tuotteen historiaan tai sijaintiin liittyen. RFID-teknologiassa käytetty tieto on myös laadultaan viivakoodia kehittyneempää, mikä mahdollistaa tuotetiedon hyödyntämisen paremmin yrityksen muiden sovelluksien kanssa. Teknologia mahdollistaa tuotteiden jatkuvan seurannan koko

toimitusketjun läpi, toisin kuin viivakoodi. (Chen et al. 2013, s. 540–541; McCathie 2004, s. 76; Turck 2014, s. 25)

Viivakoodi altistuu helposti esimerkiksi lialle ja naarmuuntumiselle, jolloin luenta ei onnistu. Viivakoodi ei ole suorituskyvyltään paras mahdollinen ratkaisu kuluttavaan ja likaiseen tehdasympäristöön. RFID-tunnistimet kestävät puolestaan koviakin tehdasolosuhteita. Tunnistimet ovat ihanteellisia likaisiin, märkiin ja öljyisiin tehdasympäristöihin. RFID-tunnistimet kestävät myös suuriakin lämpötilan vaihtelua. Lämpötilat voivat vaihdella välillä -40°C – $+200^{\circ}\text{C}$ aiheuttamatta tunnistimien vaurioitumista. Viivakoodin etuna RFID-tekniikkaan nähden on pidetty lähinnä sen edullisuutta. Yksittäisen viivakoodin hinta on vain joitakin senttejä. RFID-tunnistimien hinta vaihtelee kymmenistä senteistä muutamiin euroihin asti niiden ominaisuuksien mukaan. RFID-tekniikan yleistymisen myötä hintaero on kuitenkin tasoittunut marginaalisen pieneksi. Viivakoodin etuna on pidetty myös sitä, että häiriötekijät, kuten metallit ja nesteet, eivät vaikuta luentatapahtuman onnistumiseen samalla tavalla kuin RFID-tekniikassa. RFID-tekniikkaa käytettäessä luentatapahtuma voi epäonnistua esimerkiksi signaalin kimmotessa metallipinnasta antennien ohi lukuhetkellä. Tämä voidaan kuitenkin pitkälle neutralisoida muun muassa tarkkojen signaalimittausten ja luentaporttien sijoittamisen avulla. (McCathie 2004, s. 77; Turck 2014, s. 25)

4 RFID

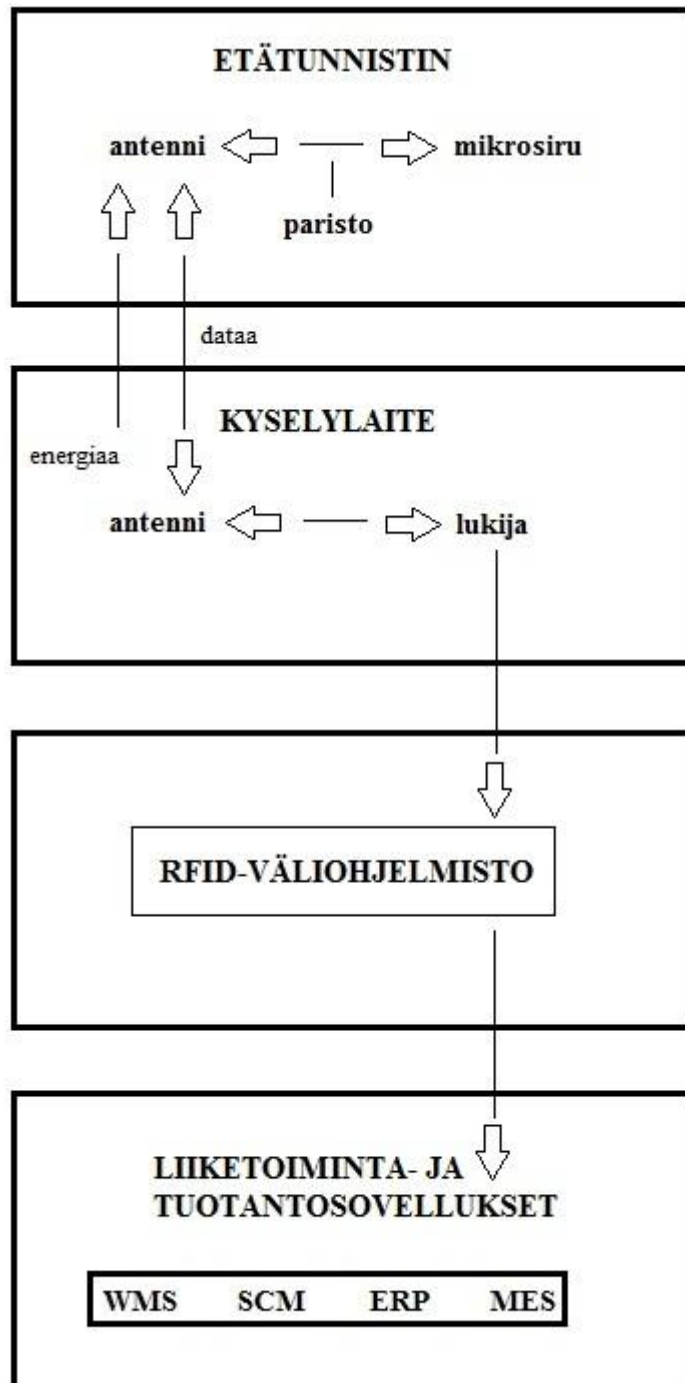
4.1 RFID-tekniikan historia

Radio- ja tutka-ala kasvoivat vakaasti 1930-1940 välisenä aikana, mikä pohjusti Harry Stockmanin tutkimusta. Stockmanin tutkimus toisti jo aikaisemmin 1920-luvulla aloitettua työtä tutkalla, jonka avulla kohteen sijainti jäljitettiin heijastuvia radioaaltoja hyväksikäyttäen. Stockmanin tutkimus johti yhteen vuosisadan merkittävämpään teknologiseen innovaatioon, IFF-järjestelmään (Identification Friend or Foe). IFF-järjestelmä on tämän päivän lentoliikenteen hallintajärjestelmän edelläkävijä. Järjestelmää käytettiin jo toisessa maailmansodassa lentokoneiden tunnistamiseen ilman visuaalista kontaktia, millä saavutettiin sotilaallista etua. Tuolloin lentokoneissa käytetyt tunnistimet olivat matkalaukun kokoisia. Niiden koon ja tallennuskapasiteetin puolesta ne eivät ole enää vertailtavissa tämän päivän malleihin. 1950-lukua voidaan pitää ensimmäisenä vuosikymmenenä, jolloin RFID yhdistettiin radioaaltoihin. Tekniikan ensimmäinen kaupallinen sovellus on elektroninen tuotesuojajärjestelmä (Electronic Article Surveillance, EAS), joka julkaistiin 1960-luvulla. EAS-järjestelmä on edelleen käytössä ja sen tarkoituksena on estää myymälävarkaiden aikeet. Tämä radiotaajuustekniikka (Radio Frequency, RF) mahdollisti vain bittitietojen lähettämisen. 1960–1970 luvulla ala kehittyi vähitellen usealla eri rintamalla. Akateemisten tutkimusten ohella patenteja haettiin ja ala kaupallistui. Yksi tunnetuimmista patenteista oli Charles Waltonin patentti vuonna 1973 avaimettoman oven avaukseen, mikä hyödynsi passiivista RFID:tä. Tämä oli RFID:n kannalta yksi tärkeimmistä vuosista. Samana vuonna tuli myös aktiivista RFID-järjestelmää koskeva patentti, jossa tunnistimen muisti oli uudelleen kirjoitettavissa ja päivitettävissä. Muutama vuosi myöhemmin Los Alamosin ryhmä kirjoitti vaikutusvaltaisen työn, joka keskittyi eläinten jäljittämiseen sekä automaattisiin auton hallintajärjestelmiin. UHF (Ultra High Frequency) RFID kehitettiin 1990-luvun alussa IBM:n toimesta. (Goshey 2008, s. 943–944; Uckelmann 2012, s. 12)

Viime vuosisadalla RFID-teknologia ei ollut teollisuuden alana kovin kiinnostava, johtuen puuttuneista RFID-standardeista sekä transpondereiden korkeasta hintatasosta. Edullisten RFID-tarrojen kehitys tarjosi kuitenkin läpimurron ja mahdollisti uusia liiketoimintamahdollisuuksia logistiikassa sekä tuotannossa. Auto-ID Centre kehitti maailmanlaajuiset standardit RFID-teknologiaan vuonna 1999. Amerikkalaisen teollisuuden aktivoimana MIT (Massachusetts Institute of Technology) perusti Auto-ID Centerin. Tarkoituksena oli yleisesti maailmanlaajuisen numerointijärjestelmän luominen. Tästä sai alkunsa lyhenne EPC (Electronic Product Coding), joka on tuttu kaikille alalla toimiville. UBM Rafsec on ollut Suomessa alusta asti määrittelemässä EPC-standardia. Viimeisten vuosien aikana yritykset, kuten Wal-Mart, on nostanut RFID:n maailmanlaajuisen teknologian etualalle. Wal-Martin rooli oli merkittävä RFID-teknologian kannattavuuden varmistamisessa pitkällä aikavälillä ja teknologian tuomien kustannusten vähentämisessä. Muidenkin suuryritysten siirtyminen RFID perusteiseen toimitusketjujohtamiseen on vaikuttanut useisiin eri teollisuuden aloihin. Nykyään RFID-teknologiaa voidaan nähdä käytettävän esimerkiksi hiihtolipuissa. (Goshey 2008, s. 943–947; Seppä 2011, s. 13; Uckelmann 2012, s. 12)

4.2 RFID-teknologian toimintaperiaate ja käyttökohteet

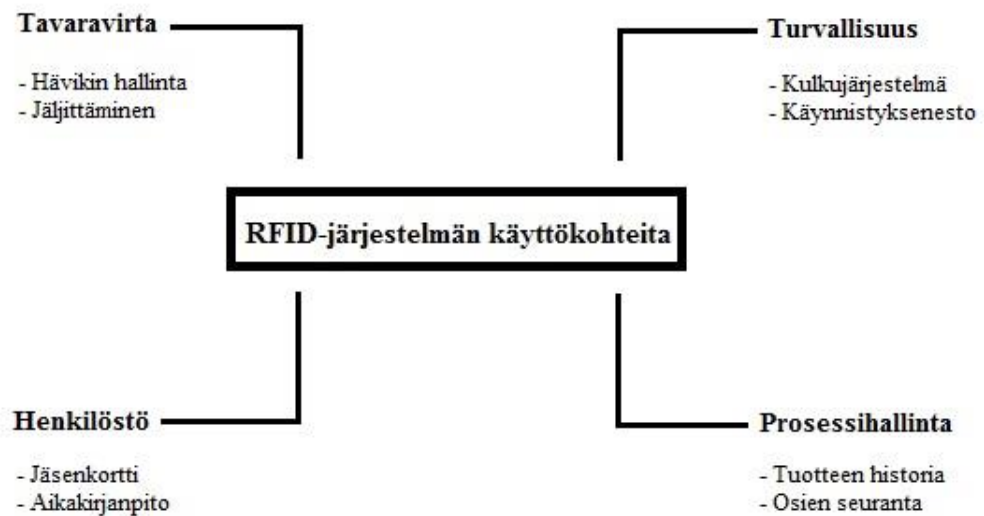
RFID perustuu AIDC-teknologiaan (Automatic Identification and Data Capture) eli automaattiseen tunnistamiseen ja tiedonkeruuseen, mikä on ollut kiinnostuksen kohteena viimeiset vuodet. Yksinkertaisimmillaan tuotantoon yhdistetty RFID-teknologia koostuu etätunnistimesta ja ”kyselylaitteesta” (antenni ja lukija) sekä sopivasta ohjelmistosta, joka on yhdistetty yrityksen tuotanto- ja liiketoimintasovelluksiin. Kuvassa 4 havainnollistetaan teknologian toimintaperiaatetta. (Dash 2011, s. 44; Dragan & Zdravko 2006, s. 64)



Kuva 4. RFID-tekniikan yleinen toimintaperiaate. (Mukaillen Dragan & Zdravko 2006, s. 65)

RFID-tunnistimia käytetään muun muassa laatikoissa ja lavoissa tuotteiden yksilöimiseksi. Etätunnistimien sisäinen antenni lähettää tietoa kyselylaitteeseen eli

antennien kautta lukijaan. Lukija muuttaa tämän jälkeen saapuneen radioaallon muotoon, joka voidaan lukea väliohjelmalla. Väliohjelman kautta yksilöity tuotetieto saadaan käytettyä hyväksi lopulta yrityksen liiketoiminta- ja tuotantosovelluksissa. Tavallisesti väliohjelma yhdistää RFID-laitteet tuotannonohjausjärjestelmän (Manufacturing Execution Systems, MES), toiminnanohjausjärjestelmän (Enterprise Resource Planning, ERP) ja varastonhallintajärjestelmän (Warehouse Management System, WMS) kanssa. Väliohjelmiston tulee olla yhdistettävissä koneisiin ja laitteisiin erilaisilla menetelmillä, jotta yritys saa kerättyä tarvitsemansa tiedon. Kuvaan 5 on koottu RFID-järjestelmän pääasiallisia käyttökohteita. (Dragan & Zdravko 2006, s. 64–69)

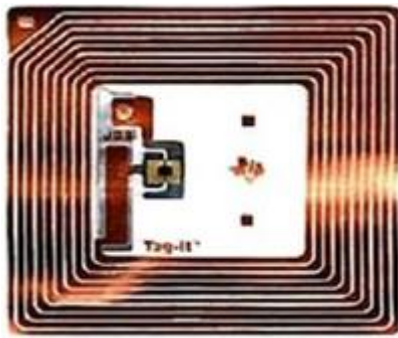


Kuva 5. RFID-järjestelmän käyttökohteita. (Mukaiillen Beckhoff 2009, s. 2)

Kuten kuvaan 5 on merkitty, RFID-teknologian hyödyntäminen liittyy pääasiallisesti henkilöstöön, turvallisuuteen, tavaravirtoihin tai prosessihallintaan. Varsinkin tuotevirtojen hallinta ja seuranta ovat yleistymässä nykypäivänä monissa teollisuuden alan yrityksissä.

4.3 RFID-etätunnistimet

RFID-järjestelmän tarkoituksena on kerätä tietoa eri kiinnostuksen kohteista, joita halutaan tunnistaa, jäljittää ja seurata. RFID-ympäristössä tämä tieto varastoidaan elektronisiin tunnistimiin. Tunnistin on yksinkertainen piimetallinen mikrosiru, johon on yhdistetty antenni (Kuva 6). Mikrosirut tallentavat tunnistustietoja, kuten yksilöllisiä sarjanumeroita ja muita ID-järjestelmän tarvitseviä tietoja. RFID-tunnistimet toimivat kuten transponderit; vastaanottamalla ja lähettämällä radiosignaaleja RFID-lukijan kanssa. (Goshey 2008, s. 944)



Kuva 6. Tyypillinen RFID-mikrosiru. (Goshey 2008, s. 944)

RFID-tunnistimet voivat olla hyvinkin erimuotoisia ja -kokoisia (Kuva 7). On olemassa kolme erityyppistä RFID-tunnistinta: passiivinen, puoli-passiivinen ja aktiivinen. Seuraavissa kappaleissa käsitellään tarkemmin eri tunnistimien toimintaperiaatteita. (Goshey 2008, s. 944)



Kuva 7. Erilaisia RFID-tunnistimia. (Nainan et al. 2013, s. 517)

4.3.1 Passiiviset tunnistimet

Passiiviset tunnistimet saavat virtansa elektromagneettikentästä, joka muodostuu RFID-lukijan lähettämistä radioaalloista. Lukijan signaali herättää tunnistimen antennin, joka käynnistää sisäisen mikrosirun ja lähettää tarkoituksenmukaista tietoa takaisin lukijalle. Takaisin lukijaan heijastuvat signaalit ovat modulaatioita signaaleista, joita etätunnistin vastaanottaa. Mikrosiruun mahtuu noin kaksi kilotavua tietoa talteen. Passiivisten tunnistimien odotettu elinkaari on merkittävästi aktiivisia tunnistimia pidempi, koska passiiviset tunnistimet eivät tarvitse sisäisiä pattereita virtalähteeksi. Tämän takia passiiviset tunnistimet saadaan tehtyä pienemmiksi ja ne ovat näin halvempi myös valmistaa. Yksikkökustannukset vaihtelevat tunnistimien ominaisuuksien ja ostettujen volyymien mukaan. Halvimmillaan passiivisten tunnistimien kappalehinta on noin kymmenen senttiä. Valmistuskustannukset ovat alentuneet tulostettavien tunnistimien myötä. Pienimmät passiiviset tunnistimet ovat ohuempia kuin tavallinen paperi ja läpimitaltaan keskimäärin kolme millimetriä, minkä takia ne ovat helppo asettaa esim. eläinten ihon alle. Oman virtalähteen puute aiheuttaa rajoituksia, minkä takia passiivisia tunnistimia käytetään lyhyillä etäisyyksillä.

Passiivisten tunnistimien muisti on yleensä sellainen, ettei tietoja voi uudelleen kirjoittaa. (Goshey 2008, s. 945)

4.3.2 Aktiiviset tunnistimet

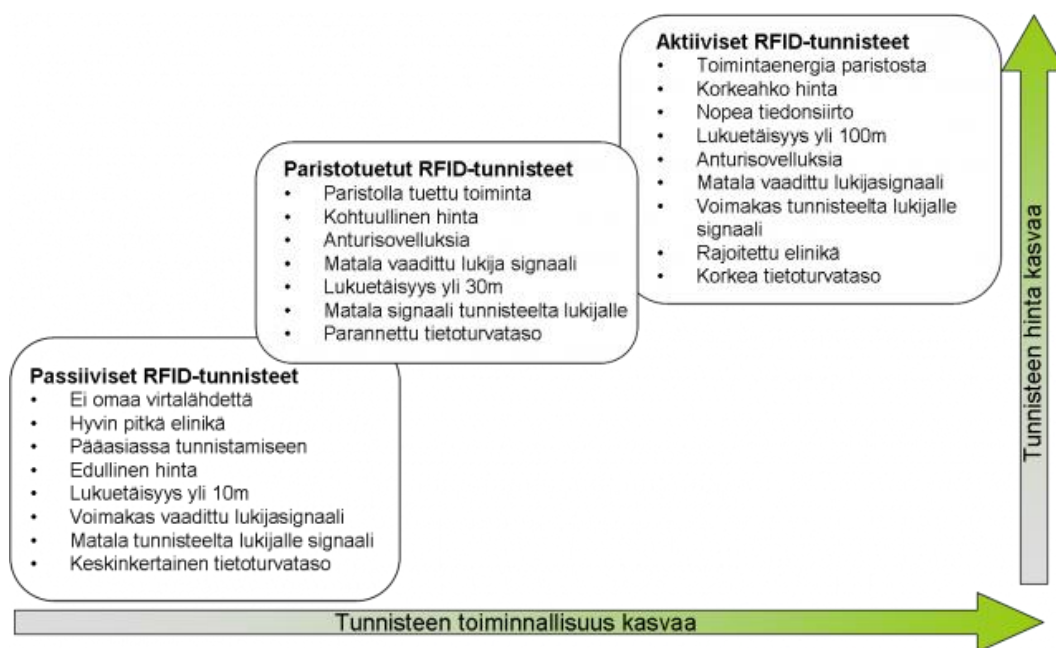
Passiivisten tunnistimien sijaan aktiivinen tunnistin sisältää sisäisen lähettimen, joka mahdollistaa radioaaltojen lähettämisen RFID-lukijaan oman virtalähteen avulla. Lähettimen käynnistämiseen käytetään yleensä virtalähteenä paristoja, mutta myös aurinkoenergia ja muut virtalähdevaihtoehdot ovat mahdollisia. Passiivisiin tunnistimiin nähden aktiivisten tunnistimien suurempi koko ja korkeampi hinta kompensoituu voimakkaamman signaalin avulla. Voimakkaampi signaali on hyödyllisempi tilanteissa, joissa tunniste halutaan lukea kauempaa. Aktiiviset tunnistimet toimivat myös passiivisia tunnisteita paremmin ympäristöissä, joissa on metallin tai veden kaltaisia häiriötekijöitä. Aktiivisten tunnistimien luentaetäisyys voi olla jopa satoja metrejä ja niiden hinnat vaihtelevat alle eurosta kymmeneen euroihin. Tunnistimien odotettu elinkaari perustuu pattereiden elinikään, joka tyypillisesti vaihtelee vuodesta kymmeneen vuoteen. Aktiivisten tunnistimien muistikapasiteetti on passiivisia tunnistimia merkittävästi suurempi. Aktiiviset tunnistimet tarjoavat usein myös luenta- ja kirjoitusmahdollisuuden, mikä takaa sisäisesti tallennetun tiedon päivittämisen ja muuttamisen. Tunnistimia yhdistetään toistuvasti ympäristöantureiden kanssa hienostuneiden seurantalaitteiden tuottamiseksi. Näiden avulla voi esimerkiksi seurata tuotteen kulkureittiä ja kuljetusolosuhteita, kuten lämpötilaa. (Goshey 2008, s. 945)

4.3.3 Puoli-passiiviset tunnistimet

Puoli-passiiviset tunnistimet ovat aktiivisten ja passiivisten tunnistimien yhdistelmä. Puoli-passiiviset tunnistimet käyttävät aktiivisten tunnistimien tavoin

pattereita virtalähteenä, mutta tiedon takaisin lähettämässä sisäisen lähettimen sijaan signaali heijastuu takaisin RFID-lukijaan, niin kuin passiivisissa tunnistimissa yleensäkin. Patteri toimii virtalähteenä mikrosirun ja mahdollisen ympäristösensorin käynnistymiselle. Puoli-passiiviset tunnistimet ovat aktiivisia tunnistimia halvempia ja niiden säästeliäs patterien kulutus takaa odotettua pidemmän elinkaaren. (Goshey 2008, s. 945)

Kuvaan 8 on koottu erilaisten RFID-tunnisteiden tärkeimmät ominaisuudet. Kuva osoittaa, että etätunnistimien toiminnallisuuden kasvaessa myös hinta kasvaa. Etätunnistimien valinta perustuu käyttökohteeseen.



Kuva 8. RFID-tunnisteiden toiminnallisuus yksikköhinnan kasvaessa. (RFID Lab Finland Ry 2014b)

4.4 RFID-lukijat

RFID-teknologiassa lukijat kommunikoivat etätunnistimien kanssa yhden tai useamman antennin avulla. Lukijat voivat olla kiinteästi paikoillaan tai matkapuhelimien tavoin kannettavia. Lukijat lähettävät signaaleja läheisiin tunnistimiin kerätäkseen tietoa mikrosiruista ja mahdollisista antureista. Lukijoiden funktionaalisuus riippuu hyvin pitkälle niiden toimittajasta. Yleisesti lukijat voivat lukea tunnistimia eri taajuuksilla ja käyttää useita tiedonsiirtoprotokollia erilaisten tunnistimien viestinnässä. Vaikka lukijat toimivat eri taajuuksilla, voivat ne toimia vain yhdellä taajuusalueella kerrallaan. Lukijat voivat myös sisältää erilaisia algoritmeja, jotka estävät tunnistimien yhteentörmäyksen lukuhetkellä. Yhteentörmäys voi myös tapahtua lukijoiden välillä silloin, kun lukijat toimivat samalla vyöhykkeellä. (Ahsan 2011, s. 38; Goshey 2008, s. 945–946; Lee et al. 2011, s. 550)

Pääasiassa on olemassa kahdenlaisia RFID-lukijoita: lukijoita, jotka vain lukevat ja lukijoita, jotka lukevat sekä kirjoittavat. Edellä mainittu pystyy siis vain lukemaan ja tallentamaan tunnistimien tietoa. Tietojenkäsittelykyvyiltään lukijat lukevat jokaisen tunnistimen yksilöidyn ID-tiedon ja muuntavat RFID-tunnistimien lähettämät radioaallot binääriarvoiksi sekä toimittavat arvot eteenpäin palvelimelle. Lukijat voivat kommunikoida tietokoneohjelmien kanssa joko langattoman tai kiinteän yhteyden avulla. Langattoman yhteyden lukijan ja tietokoneen välille saa helposti muodostettua Wi-Fi:n avulla. RFID-lukijat pystyvät toimimaan standardoitujen laitteiden tavoin verkossa. Tämän päivän RFID-lukijat tukevat useita internet protokollia (Ethernet, HTTP, LAN, TCP/IP, WLAN yms.). (Ahsan 2011, s. 38; Goshey 2008, s. 945–946)

RFID-lukijat voidaan luokitella myös esimerkiksi niiden liikuteltavuuden mukaan. Lukijat voivat olla kiinteitä tai kannettavia. Kiinteät lukijat ovat yleensä asennettu kiinni seiniin tai muihin objekteihin, joissa ne voivat suorittaa luennan tehokkaasti.

Kiinteitä lukijoita käytetään pääasiassa langattomaan tiedonkeräämiseen hyödykkeiden seurannassa ja toimitusketjun hallinnassa. Kiinteitä lukijoita voidaan käyttää myös henkilöstön tunnistamiseen ja todentamiseen eri alueilla. Kannettavissa lukijoissa on sisäänrakennettu antenni, joka mahdollistaa lukijoiden helpon käytön missä tahansa. Kuvassa 9 on tyypillinen kannettava RFID-lukija. (Preradovic & Karmakar 2012, s. 16–19)



Kuva 9. Kannettava RFID-lukija. (SFS RY 2010, s. 32)

Kannettavien lukijoiden luentaetäisyys on lyhempi kuin kiinteillä lukijoilla. Kannettavia lukijoita käytetään pääasiassa reaaliaikaisten saldojen seuraamiseen ja tuotteiden paikantamiseen. Universaalien RFID-lukijain tarkoituksena on toimia mahdollisimman monipuolisesti tukemalla esimerkiksi useita eri protokollia ja taajuuksia. (Preradovic & Karmakar 2012, s. 16–19)

4.5 RFID-taajuudet

Säteilykentästä puhutaan silloin, kun taajuus on korkea lukijan ja etätunnistimen väliseen etäisyyteen nähden. Taajuuden ollessa matala kyseessä on puolestaan lähikenttätilanne. Etätunnistimet voidaan jakaa eri luokkiin myös käytettyjen taajuuksien mukaan. Etätunnistimet toimivat neljällä eri taajuusalueella, jotka ovat viranomaistahojen toimesta säädeltyjä. LF-taajuusalue (Low Frequency) 100 kHz – 250 kHz, HF-taajuusalue (High Frequency) 13.56 MHz, UHF (Ultra High Frequency) 865 MHz – 950 MHz ja mikroaaltoalue (Microwave Frequency) 2.54 GHz. Mikroaaltoalueen etätunnistimia ei ole globaalisti standardoitu. Viime vuosina HF- ja UHF-teknologiat ovat olleet NFC:n ohella kasvavimmat teknologiat. Alan kehityksen kannalta standardoinnilla on ollut keskeinen merkitys. Standardien myötä HF- ja UHF-teknologioiden merkitys on kasvanut. ISO (International Organization for Standardization) on toiminut pääasiassa standardoinnin foorumina. ISO:n lisäksi HF:n päälle on rakennettu esimerkiksi NFC ja UHF:n päälle EPC. Standardointiin vaikuttaa merkittävästi uusien taajuuksien ja viranomaismääräyksien kehittäminen. HF:n käyttämä taajuus on käytössä kaikkialla maailmassa, kun taas UHF:llä on joka maanosassa poikkeavat taajuudet. (Seppä 2011, s. 10)

4.6 RFID-antennit

RFID-antenni toimii lukijan ja etätunnistimen välissä. Joissakin tapauksissa antennit antavat energiaa tunnistimille (passiiviset tunnistimet). Antennien koko ja määrä vaihtelevat niiden käyttötarkoituksen mukaan. Yleisesti antennin koolla on olennainen merkitys sen taajuusalueeseen. Pienemmillä taajuuksilla antennin ja etätunnistimien koko kasvaa. Kun antennin koko on kiinteä, saavutetaan suurempi hyöty korkeammalla taajuudella. Useimmissa tapauksissa antennin koko on pullonkaula etätunnistimien pienentämiselle. Sopivaa taajuusaluetta RFID-järjestelmälle valittaessa on huomioitava useita tekijöitä samanaikaisesti, kuten tila,

antenninvahvistus ja etätunnistimien koko. (Ahsan 2011, s. 37–38; SFS RY 2010, s. 33; Zhang et al. 2009, s. 16)

Antennit eroavat niiden ominaisuuksien, kuten polaarisuuden ja signaalien suuntauksien mukaan. Polarisaatio vaikuttaa muun muassa etätunnisteiden lukuvarmuuteen ja -etäisyyteen. Lineaarisesti polarisoidulla antennilla saavutetaan kapea, mutta pitkä lukualue. Ympyränmuotoisesti polarisoidulla antennilla ei puolestaan saavuteta niin pitkää luentaetäisyyttä, mutta antenni ei ole niin herkkä tunnisteen suuntaukselle. Antennit voidaan jakaa pääasiassa kytkeytymisen mukaan magneettisiin ja sähkömagneettisiin antenneihin. Mikroaaltoalueella ja UHF-taajuuksilla toimivat antennit perustuvat sähkömagneettiseen kytkeytymiseen, kun taas LF- ja HF-taajuuksilla toimivat antennit perustuvat induktiiviseen kytkeytymiseen. (Ahsan 2011, s. 37–38; SFS RY 2010, s. 33)

4.7 RFID- ja ERP-järjestelmä

ERP-viitekehys toimii hyvin varasto-ohjautuvassa tuotantoympäristössä, johon se on alkuperäisesti suunniteltukin. Ennusteet ohjaavat pitkälti suunnittelua tässä perinteisessä lähestymistavassa. ERP-järjestelmä sisältää paljon eri toimintoja, jotka eivät välttämättä liity millään tavalla materiaalien suunnitteluun. Tehokas ERP-järjestelmän käyttö vaatii, että organisaation kaikki prosessit, kuten myynti, markkinointi, tuotanto, tuotekehitys ja talous, ovat integroitu järjestelmään. ERP-järjestelmän perustavanlaatuisen tarkoitus on muodostaa prosessi, joka yhdistää kysynnän ja tarjonnan niin, että yrityksen kaikki resurssit tulevat hyödynnettyä mahdollisimman tehokkaalla tavalla. Tämäntapainen integrointi on ainoa tapa saavuttaa hyvä reagointi- ja suorituskyky. Joidenkin arvioiden mukaan avainhenkilöt eivät saa kuin puolet siitä, mitä ERP-järjestelmältä odottavat, koska he eivät pääse käsiksi lattiatason tietoihin. Päätöksien tekeminen ei ole niin tehokasta, kun tuotantotiedot eivät ole saatavilla oikeassa paikassa ja oikeaan aikaan. Automaattinen tiedon kerääminen on välttämätöntä, jotta saavutetaan

vaadittava tietovirta kaikkien sitä tarvitsevien kesken koko toimitusketjussa. Lattiatason järjestelmien ja liiketoimintajärjestelmien yhdistäminen kestäväällä tavalla on kriittinen liiketoiminta-asia tuotantoyrityksille nykypäivänä. (Dragan & Zdravko 2006, s. 63; Kerber & Dreckshage 2011, s. 3; Maticevic et al. 2011, s. 519)

Monet yritykset hyödyntävät lean-oppeja, mutta käyttävät silti ERP-järjestelmää suunnitteluun ja toimintojen suorittamiseen. Näitä yrityksiä ei pidetä lean-yrityksinä niin kauan kuin he käyttävät vain ERP-järjestelmää. RFID-teknologia auttaa paikkaamaan toiminnallisia puutteita varsinkin seurannan osalta. RFID:n yhdistäminen valmistustietoja käyttäviin ERP- ja MES-järjestelmiin antaa yritykselle mahdollisuuden esimerkiksi tuotannon tehostamiseen, laadukkaampaan toimintaan, resurssien parempaan käyttöasteeseen ja tuottavuuteen. RFID on nykyään hyvin yleinen järjestelmä tavaroiden ja resurssien seurantaan toimitusketjussa. (Dragan & Zdravko 2006, s. 63; Kerber & Dreckshage 2011, s. 5)

EPC:n eli sähköisen tuotekoodin ja RFID-infrastruktuurin käyttäminen luovat merkittäviä vaatimuksia ohjelmistojen näkökulmasta. Tarkemmin määriteltyjen standardien myötä aikaisempi painopiste on siirtynyt fyysisten laitteistojen puolelta ohjelmistoihin. Tämän seurauksena tarvitaan eri ohjelmistoja, jotta uudet laitteet saadaan toimimaan vanhojen kanssa. Monimutkaisten järjestelmien käyttö edellyttää erittäin huolellista työtä, jotta käyttöönotetun infrastruktuurin tuoma arvo lisääntyisi. Nykyään RFID-teknologia pyritään integroimaan yrityksen toimintoihin eri näkökulmista. (Dragan & Zdravko 2006, s. 63)

5 ONNISTUNEITA RFID-TEKNOLOGIAN IMPLEMENTOINTEJA

5.1 Wal-Mart

Moni yritys on implementoinut RFID-järjestelmän, mutta kukaan ei ole saanut Wal-Martin suuruista mediahuomiota. Wal-Mart on maailman suurin jälleenmyyjä, jolla on äärimmäisen tehokas toimitusketju. Yritys on aina pitänyt saman pääpainon tuotteiden monipuolisuudessa, alhaisissa hinnoissa ja ystävällisessä asiakaspalvelussa. Jo 2000-luvun alussa Wal-Mart palveli yli 100 miljoonaa asiakasta viikoittain ja työllisti noin 1,2 miljoonaa työntekijää. Wal-Martilla on maailmanlaajuisesti yli 6500 myymälää. Myymälöitä on Yhdysvalloissa 50 osavaltiossa. Wal-Martin suurimpia toimittajia ovat Hewlett-Packard, Gillette, Johnson & Johnson, Nestle sekä Procter & Gamble. Vuonna 2003 Wal-Mart ilmoitti vaativansa, että sata sen tärkeintä toimittajaa lisää RFID-tunnistimet kaikkiin laatikoihin ja lavoihin vuoteen 2005 mennessä. Tämä aiheutti paniikkiaallon toimittajien kesken, koska heidän piti nopeasti ottaa selvää RFID-teknologiasta ja siitä, kuinka implementoida se onnistuneesti. Wal-Mart ja sen toimittajat kohtasivat nopeasti kuitenkin useita haasteita, jotka liittyivät standardina käytettyyn UHF-taajuuteen. Ongelmia syntyi varsinkin vesi-pohjaisten tuotteiden ja metallipakkausten kanssa. Tämä pakotti Wal-Martin siirtämään implementoinnin määräaikaan myöhemmäksi. Tammikuuhun 2005 mennessä sata tärkeintä toimittajaa oli lisännyt RFID-tunnistimet vain 60 prosenttiin heidän tuotteistaan. Wal-Mart oli kuitenkin ensimmäinen suuri jälleenmyyjä, joka implementoi RFID-teknologian koko toimitusketjun läpi, joten on hyvin luonnollista, että joitakin ongelmia esiintyi. Wal-Martin aikainen implementointi pakotti koko teollisuuden ottamaan selvää RFID-teknologiaan liittyvistä haasteista. (Waters 2003, s. 10–11; Weinstein 2005, s. 32–33)

Wal-Mart tekee toimittajien kanssa yhteistyötä seuratakseen farkkuja, aluspaitoja ja -vaatteita ynnä muita tuotteita RFID-tunnistimeen tallennetun kansainvälisesti

käytössä olevan sähköisen tuotekoodin (EPC) avulla. Yhteistyön tavoitteena on ollut muuttaa liiketoimintaprosesseja ja saada RFID-tunnistimien sisältämä tieto varastonhallinjärjestelmiin. Tarkoituksena on parantaa varaston tarkkuutta sekä vähentää virheiden määrää tuotteita kerätessä ja toimittaessa. (Roberti 2010)

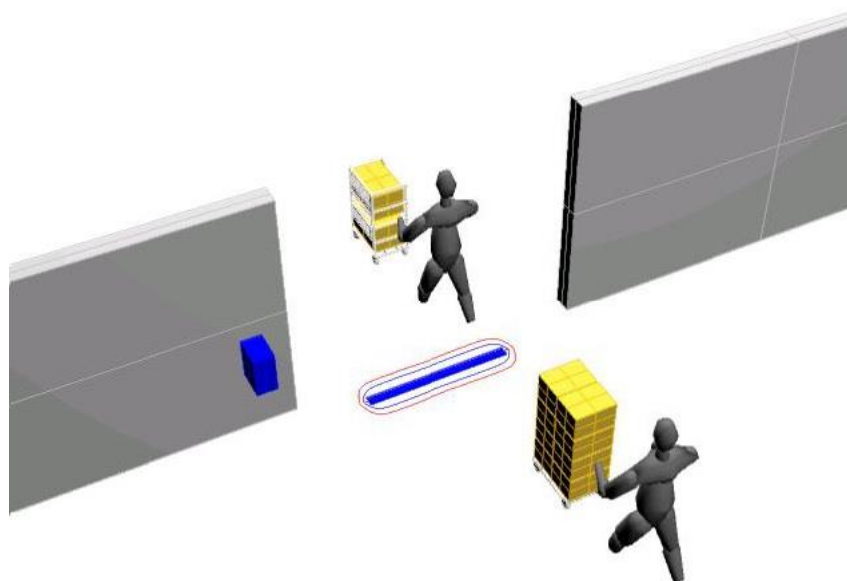
Vaatteisiin lisätään RFID-tunnistimet valmistuksen yhteydessä. Wal-Mart lukee tunnistimia itse myyntitilassa, tavaroiden saapuessa myymälöiden lastauslaiturille ja tavaroiden siirtyessä myymälän takaosasta myyntitilaan. RFID-järjestelmä ei kerro Wal-Martille vain mitä tuote-eriä tulee täydentää, vaan myös sen, jos tuote on väärässä hyllyssä. Arkansiksen yliopiston tekemän tutkimuksen mukaan RFID-järjestelmä voi parantaa saldotarkkuutta 65 prosentista yli 95 prosenttiin. Wal-Mart on tehnyt yhteistyötä toimittajien kanssa myös sen suhteen, mihin tuotteisiin kannattaa todella laittaa tunnistimet. Kaikkiin vaatteisiin, kuten muutaman viikon esillä oleviin kausiluonteisiin tuotteisiin, ei kannata välttämättä laittaa tunnistimia. Wal-Mart on miettinyt seurantatekniikan laajentamista myös muihin samankaltaisiin tuotekategorioihin. (Roberti 2010)

RFID-teknologia on tarjonnut useita etuja Wal-Martin toimitusketjunhallintaan paremman jäljitettävyyden ja parantuneen tuotteiden ja prosessien läpinäkyvyyden kautta. Wal-Mart pystyy tarjoamaan hyvän asiakashinnan, koska yritys pystyy hallitsemaan kustannuksiaan. Tämä luo paineita Wal-Martin toimittajille löytää tapoja kustannusten pienentämiseen. RFID-teknologian myötä Wal-Mart ja sen toimittajat ovat pystyneet parantamaan liiketoimintansa arvoa. Tuotteiden läpinäkyvyyden myötä Wal-Mart on pystynyt seuraamaan muun muassa varastotasojaan ja toimitusten etenemistä tarkemmin. Lisääntyneen ja tarkemman informaation myötä Wal-Mart on pystynyt tekemään strategisia päätöksiä parantaakseen ja vahvistaakseen toimitusketjuaan. RFID-teknologian käyttöönoton jälkeen Wal-Mart ja yksi sen tärkeimmistä yhteistyökumppaneista, Procter & Gamble, vähensivät samaan aikaan varastotasoa 70 prosentilla sekä paransivat palvelutasoa 96 prosentista 99 prosenttiin. He myös vähensivät

hallintokustannuksiaan järjestelemällä uudelleen toimitusketjujaan. RFID-tekniikan myötä Wal-Mart sai vähennettyä myös varastosta loppumisia 16 prosentilla. (Kosasi & Saragih 2014, s. 29–37)

5.2 Valio Oy

Valio on Suomen johtava maitotuotteiden valmistaja, joka toimittaa tuotteita myös maailmanlaajuisesti yli 60 maahan. Vuonna 2012 Valion myynti oli noin 2 miljardia euroa. Yrityksellä kestää tavallisesti alle 48 tuntia saada maito- ja kermatuotteet maatilalta myymälään. Valion toimitilat ovat pitkälle automatisoitu, jotta yritys pystyy toimittamaan suuria määriä tuotteita tehokkaasti (Kuva 10). Tuotteita toimitetaan yli 10 000 asiakkaalle viikoittain. Maitotuotteiden siirtely tapahtuu pääosin rullakoiden avulla. Samoja rullakoita ja alusvaunuja käyttävät myös muut maitotuotteita valmistavat yritykset Suomessa. Alusvaunuja ja rullakoita on käytössä yhteensä noin puoli miljoonaa kappaletta. (Aksulit Oy 2014; Swedberg 2013)



Kuva 10. Lattia-antennin lukualue. (Aksulit Oy 2014)

Kappaletavaranostin pinoaa tavarat automaattisesti rullakoille, minkä jälkeen täydet rullakot kulkeutuvat kuljettimia pitkin keräysalueelle. Keräysalueella työntekijät työntävät oikeat rullakot ramppiovien läpi rekkoihin kuvan 10 osoittamalla tavalla. Rullakoiden ja niitä hakevien rekkojen suuresta määrästä johtuen Valiolla on haasteellinen tehtävä varmistaa, että jokaiseen tilaukseen tulee oikeat tuotteet. Milloin tahansa Valiolla voi olla käytössä tuhansia rullakoita. Vuonna 2011 Valio aloitti RFID-järjestelmän pilotoinnin tunnistaakseen ramppiovien läpi kuljetettavat rullakot. (Swedberg 2013)

Valion toimitilat asettivat omat haasteensa hankkeelle. Tehdasympäristö sisältää paljon metallia ja tietysti maitoa, jotka molemmat estävät signaalien kulkemista. Nopealiikkeisen lastausprosessin seurauksena Valio päätyi avoimien lukijoiden sijaan asentamaan lukijat lattioihin. Tämä asetti vaatimukset sille, että myös RFID-tunnistimien täytyi olla lattiatasolla, kuten rullakoiden pohjassa tai renkaissa. Siinäkin oli omat haasteensa, koska näkyvillä olevien tunnistimien vaarana on aina se, että ne vahingoittuvat tai tippuvat lastaus- tai pesuprosessin aikana. Wisteq kehitti Valiolle ratkaisun, jossa tunnistin sisällytettiin erikoisrenkaaseen (Kuva 11). Erikoisrenkaita valmistettiin noin 100 000 kappaletta. Tämä mahdollisti sen, ettei tunnistin ollut suoraan kontaktissa metalliin tai muihin häiriöitä aiheuttaviin materiaaleihin. Suuren luenta-alueen sijaan Valio halusi säätää luenta-alueen mahdollisimman pieneksi ja tarkaksi turvatakseen sen, ettei järjestelmä lukisi jo valmiiksi keräysalueella olevia rullakoita. Pienempi luenta-alue saavutettiin säätämällä lukijaa sekä antenneja. (Aksulit Oy 2014; Swedberg 2013)



Kuva 11. RFID-renkaita. (Swedberg 2013)

RFID-järjestelmän avulla Valion toiminta muuttui läpinäkyvämmäksi ja yritys pääsi seuraamaan tarkemmin tilauksien toteutumista. Ramppiovien yhteydessä tapahtuvassa luennassa rullakoiden yksilöllinen ID-tieto päivittyy järjestelmään tilauskohtaisesti, jolloin seuranta pysyy niin reaaliaikaisena kuin mahdollista. Tapahtumatietoina tallennetaan kulkusuunnan lisäksi tapahtuma-aika, rullakon tai alusvaunun EPC-koodi sekä ramppioven numero. Tulologistiikassa tunnistetaan asiakkailta Valiolle takaisin palautuvat rullakot ja alusvaunut. Sisälogistiikassa rullakoita ja alusvaunuja seurataan muun muassa kuljettimilla, varastoradoilla, robotoidussa keräilyssä ja pakkaamossa. (Aksulit Oy 2014; Swedberg 2013)

Järjestelmään saisi myös sovellettua varoitusvaloa ja -ääntä sen varalle, jos rullakko olisi menossa esimerkiksi väärään rekkaan. Valion RFID-järjestelmä on vähentänyt virheiden esiintyvyyttä ja manuaalisen työn osuutta. Manuaalisen työn osuus on vähentynyt sitä kautta, että enää ei tarvitse samalla tavalla varmistaa oikeiden rullakoiden lastaamista oikeisiin rekkoihin. Yleisesti lattia-antenniratkaisut ja erikoisrenkaat ovat huomattavana apuna parannettaessa toimitusten oikeellisuutta, täsmällisyyttä, kustannustehokkuutta, tuotteiden tuoreutta sekä käyttöomaisuuden hallintaa. (Aksulit Oy 2014; Swedberg 2013)

6 YRITYKSEN LÄHTÖTILANNE

6.1 Aineiston hankinta

Yrityksen lähtötilanteen kartoittamiseen käytettiin aineiston hankintamenetelmänä haastatteluita. Haastatteluiden lähtökohtana oli valita sellaisia ihmisiä, joilla uskottiin olevan tähän tutkimukseen sopiva kokemus ja ammattitaito. Haastateltavat valittiin kohdeorganisaation eri tasoilta sen perusteella, että heidän työnsä linkittyi vahvasti sisäisiin tuotevirtoihin. Tarkoituksena oli tällä tavoin muodostaa mahdollisimman kokonaisvaltainen kuva tarkasteltavasta aiheesta. Haastatellut työntekijät olivat laatupäällikkö, laborantit, tuotannosuunnittelija, tuotantoassistentit, prosessikehittäjä ja trukkikuski. Haastattelut toteutettiin vuoden 2012 loka-joulukuun välisenä aikana. Haastattelut ovat valideita, koska kohdeyrityksen toiminta on pysynyt samanlaisena.

Haastattelut järjestettiin kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa haastateltaville työntekijöille soitettiin ja kerrottiin luottamuksellisen haastattelun tarkoituksesta sekä sovittiin käytännön asioita, kuten aika ja paikka. Toisessa vaiheessa haastattelulomake (Liite 1) lähetettiin haastateltaville, jotta he voisivat valmistautua paremmin haastattelutilanteeseen ja antaa täsmällisempiä vastauksia. Haastattelut nauhoitettiin digitaalisella ääninauhurilla. Ennen haastatteluiden aloittamista haastateltavia muistutettiin tutkimuksen taustasta ja tavoitteista.

Haastattelulomaketta noudatettiin melko tarkasti, mutta koska kyseessä oli strukturoimaton haastattelu, niin vastaukset ja kysymykset poikkesivat alkuperäisen haastattelulomakkeen rungosta tarvittaessa. Jatkokysymyksiä kysyttiin aina, kun aihe vaati selvennystä. Haastateltavat työntekijät vastasivat kysymyksiin aina heidän päivittäisten töidensä näkökulmasta. Ketään ei pakotettu

vastaamaan mihinkään tiettyyn kysymykseen, jos ei itse halunnut. Haastattelulomakkeessa ei käytetty erillisiä vastausvaihtoehtoja.

Jokainen haastateltava päätti itse vastauksen pituuden omien mieltymyksiensä mukaan. Lyhyin haastattelu kesti 14 minuuttia ja pisin yli 30 minuuttia. Keskimääräisesti haastattelut kestivät 20–30 minuuttia. Haastatteluiden tavoitteena oli kuvata kohdeyrityksennykyinen tilanne, haasteet ja mahdolliset ratkaisut RFID-tekniologiaa mallintaen. Haastatteluiden painopiste oli aiheissa, jotka nousivat toistuvasti esille.

6.2 Kohdeyrityksen nykytilan kuvaaminen

Kohdeyrityksen toiminta on keskittynyt haasteelliseen mix-tuotantoon. Mix-tuotannolle tyypillistä on, että pakkaukset sisältävät useita eri puolivalmisteita, jotka valmistetaan eri osastoilla. Pakkaushetkellä jokaisen siihen kuuluvan puolivalmisteen on oltava valmiina oikeamääräisenä, oikealaatuisena ja juuri oikeaan aikaan. Mix-tuotannon yksi päähaasteista on puolivalmisteiden laadun varmistamisen lisäksi monimuotoisen tuotannon ajoittaminen JIT- ja FIFO-periaatteita noudattaen. Tällä hetkellä tehtaalla on 258 puolivalmistetta, joiden seuranta ja hallinta tapahtuvat manuaalisesti lähinnä tuotantoassistenttien toimesta sekä ERP-järjestelmää hyödyntäen. (Tuotannonsuunnittelija 2012)

Kohdeyrityksen tuotanto jakautuu eri prosessivaiheisiin yhdellätoista eri tuotanto-osastolla. Prosessivaiheiden määrä vaihtelee yhdestä viiteen eri puolivalmisteiden osalta. Pisimmillään yhden tuotteen koko prosessi voi kestää kolme viikkoa. Kohdeyrityksen tuotantostrategia perustuu tällä hetkellä varasto-ohjautuvaan tuotantoon eli niin sanottuun työntöohjaukseen, jossa kysyntä ennustetaan ja tuotanto aikataulutetaan ennen kysyntää. Tuotannonsuunnittelijat perustavat suunnittelun lähtökohtaisesti ennusteisiin, tilauksiin sekä sen hetkiseen

varastotilanteeseen. Karkea- ja hienosuunnittelu tapahtuvat ERP-järjestelmän avulla. Tuotanto suunnitellaan lopputuotetasolta eli ylimmältä tasolta kohti yksittäisiä puolivalmisteita ja niiden eri prosessivaiheita. Pakkausmäärä kertoo, kuinka paljon mitäkin puolivalmistetta tarvitaan kilogrammoina, mikä puolestaan antaa tarpeet alemman tason prosessivaiheille. ERP-järjestelmästä on mahdollista tarkastaa puolivalmisteen määrä ja valmistuspäivä eräkohtaisesti, mutta ei sijaintia. (Tuotannonsuunnittelija 2012)

Kohdeyrityksen yleinen rakenne on monimutkainen. Tehtaalla ei ole tällä hetkellä kuin yksi alimittainen puolivalmisteverasto pakkausosaston vieressä, mikä täyttää olosuhteiltaan vaaditut kriteerit. Puolivalmisteveraston koko ei vastaa tehtaan tuotantotarpeita, koska elintarvikeyrityksessä valmistetaan lähes 2 000 tonnia tuotteita vuosittain. Tämä johtaa yleensä tilanteeseen, jossa puolivalmisteiden hallinta ja seuranta ovat haasteellista, koska tuotteita voi olla ympäri tehdasta 43 000 neliömetrin suuruisella tuotantoalueella. Tämä oli selvästi yksi päähaasteista, joka nousi useaan kertaan haastatteluissa esille. Puolivalmisteverastossa on noin 14 500 laatikkopaikkaa. Ensimmäisessä kerroksessa heti puolivalmisteveraston vieressä on pieni automaattinen välivarastorobottialue, jonne viedään seuraavien vuorojen aikana pakattavat puolivalmisteet. Tuotteet siirretään puolivalmisteverastosta välivarastorobottialueelle ilman automaatiota, pääosin trukkien avulla. Välivarastorobottialue on kuitenkin hyvin rajallinen, joten se ei merkittävästi auta puolivalmisteiden hallinnassa. Välivarastorobottialueella on vain 4170 laatikkopaikkaa. (Trukkikuski 2012)

Kohdeyrityksellä on käytössä standardimittaisia rullakoita ja niihin sopivia laatikoita. Lähes jokainen puolivalmiste on jossakin vaiheessa standardimittaisessa laatikossa, huolimatta siitä onko puolivalmiste menossa suoraan pakkaukseen vai seuraavaan prosessivaiheeseen. Tuotesiirrot eri osastojen, välivarastojen ja pakkaamon välillä tehdään pääsääntöisesti trukeilla. Yhteen trukkiin mahtuu kerralla neljä rullakkoa ja yhteen rullakkoon pinotaan kymmenen standardikokoista

laatikkoa päällekkäin. Tällä hetkellä tehtaalla on käytössä noin 42 000 laatikkoa, jotka suuresta määrästä huolimatta voivat loppua, kun esimerkiksi pakkaavat osastot eivät pysy tuotannon vauhdissa ja puolivalmisteita kertyy vain laatikoihin. Tästä johtuen laatikot voivat aiheuttaa yhden pullonkaulan tehtaalla. (Trukkikuski 2012)

Haastattelut osoittivat monia eri tilanteita, jotka liittyivät oikean puolivalmisteen löytämiseen monessa vaiheessa rakennetusta ja laajasta tehtaasta. Tilanteet koskivat muun muassa inventaariokorjauksen tekemistä, puolivalmisteen kuljettamista trukilla tai laadun tarkastamista. Tehtaasta tekee monimutkaisen se, että puolivalmisteita valmistetaan kolmessa eri kerroksessa ja tuotteet ovat hajautetusti ympäri tehdasta, koska valmistusosastojen oma pinta-ala on rajallinen. Vaikka käytössä olisi enemmän tilaa, niin esimerkiksi paikkakohtainen varastointi olisi edelleen haastavaa, koska tietyn puolivalmisteen valmistaminen voi vaihdella viikoittain. Tämän takia on haastavaa varata tietylle tuotteelle paikkakohtaista välivarastointitilaa. (Prosessikehittäjä 2012)

Nykyiset ongelmat tulivat ilmi, kun tehtiin inventaariokorjaus yhdelle puolivalmistelle. Ensinnäkin puolivalmistetta voidaan valmistaa kolmella samankaltaisella, mutta toisistaan erillään olevilla valmistusosastoilla. Varmistukseksi ERP-järjestelmässä näkyvän saldon oikeellisuudesta, tuotantoassistentin pitää kiertää kaikki kyseistä puolivalmistetta valmistavat osastot sekä etsiä ja laskea puolivalmisteen määrät. Tämä ei yksinään riitä, vaan huomioon pitää ottaa myös puolivalmisteverastosta ja välivarastorobottialueelta löytyvät määrät. Laskemista vaikeuttaa se, että trukkikuskit kuljettavat puolivalmisteita samaan aikaan esimerkiksi osastoilta välivarastorobottialueelle. Nämä kaikki seikat ovat huomioitava ennen inventaariokorjauksen tekemistä ja tämä on vain tilanne yhden puolivalmisteen kohdalla. Tällä hetkellä ERP-järjestelmässä voi näkyä jopa kahdeksan tuntia vanhaa informaatiota, koska jotkin osastot tekevät valmistuskirjaukset vain kerran vuorossa. Pitkällä aikavälillä saldovirheet

kumuloituvat ja johtavat suurempiin tuotanto-ongelmiin. Saldovirheet ovat tyypillisiä puolivalmisteilla, joita tehdään tuhansia kiloja viikoittain. Puolivalmisteen pakkauksen alkaessa toiminnanohjausjärjestelmän saldo näyttää esimerkiksi 10 000 kilogrammaa, mutta todellisuudessa sitä onkin 9 600 kilogrammaa. Tämä 400 kilogramman saldovirhe tarkoittaa, että yli 2000 pakkausta jää pakkaamatta tapauksessa, jossa alkuperäinen määrä oli suunniteltu 180 grammaiseen pakkaukseen. Tämä 2000 pakkauksen määrä voi olla toimitusvarmuuden kannalta niin kriittinen, että sille pitää etsiä uusi pakkausajankohta lähijaksolta. Uusi pieni pakkauserä lisää vaihtojen ja pesujen määrää sekä vaikeuttaa sopivan pakkausajankohdan löytämistä. Pahimmassa tapauksessa suunniteltua aikaisemmin loppuneen 180 grammaisen pakkauksen tilalle ei ole mitään muuta pakattavaa ja kone jää seisomaan. Tämä tarkoittaa menetettyä pakkauskapasiteettia pakkaamossa ja korvaavaa tuotantoa valmistusosastoilla, mitkä aiheuttavat tehottomuutta henkilöstön käytettävyydessä. Tilanteen korjaamiseksi joudutaan turvautumaan esimerkiksi ylitöihin. Lisäksi mix-pakkauksien osalta tämäntapainen tilanne johtaa useiden tuotehäntien syntymiseen. Tuotehännillä tarkoitetaan puolivalmisteita, jotka eivät mene suunnitellusti pakkaukseen, vaan jäävät odottamaan seuraavaa pakkausajankohtaa. (Tuotannonsuunnittelija 2012; Tuotantoassistentti 2012)

Ennen organisaatiomuutosta kohdeyrityksellä ei ollut tuotantoassistentteja, minkä vuoksi saldovirheet olivat yleisempiä. Kaikkien puolivalmisteiden inventaario edellyttäisi prosessikehittäjän mukaan nollahetken, koska tuotannon ollessa käynnissä, saldojen kohdalleen laittaminen kerralla on lähes mahdotonta. Inventaario pitäisi tulla tekemään viikonloppuna, kun tuotanto on pysähtynyt. Nollahetken määrittäminen on tärkeää, koska silloin tiedetään varmasti, että siinä kohtaa puolivalmisteiden saldot ovat olleet oikein. Nykyään joka kuukauden lopussa on inventaarioviikko, jolloin tuotantoassistentit tekevät tarkemmat tarkastukset puolivalmisteille ja raaka-aineille. Saldovirheiden syitä pyritään tutkimaan, mutta siitä huolimatta niitä edelleen syntyy ja pahimmillaan ne voivat ajan myötä kumuloitua merkittäviksi ongelmiksi. Syiden tutkiminen on usein

haastavaa, koska siinä joudutaan jälkikäteen tarkastamaan kirjauksia ja palaamaan historiassa hetkeen, jolloin saldot ovat olleet varmasti oikein. Saldovirheet voivat johtua esimerkiksi inhimillisistä virheistä, tuotteiden kuivumisesta, sokerin karisemisesta, vaakojen epätarkkuudesta tai ylipainoisista lopputuotteista. (Prosessikehittäjä 2012)

Laatupäällikkö ja laborantit varmistavat, että elintarvikeyritykseltä lähtevät tuotteet ovat laadukkaita. Puolivalmisteiden kohdalla noudatetaan välivarastointiohjeita, jotka kertovat, kuinka monen päivän sisällä valmiit puolivalmisteet tulee pakata. Välivarastointiajan ylittyessä laatupäällikkö ja laborantit päättävät, mitä puolivalmisteille tehdään. Rajatapaukset käsitellään aina tapauskohtaisesti. Laatupäällikkö joutuu miettimään yhdessä tuotannosuunnittelun kanssa, mitä ongelmia tulee, jos tietty valmistuserä joudutaan hylkäämään kokonaan. Laatupäällikkö käy myös tuotekehityksen kanssa läpi arkistoja, missä näkyy tietyn puolivalmisteen käyttäytyminen pakkauksen sisällä. Lähinnä tässä seurataan sitä, voiko rajatapauksena oleva kova tuote vielä pehmetä pakkauksessa keräämällä kosteutta muista puolivalmisteista. Pahimmassa tapauksessa koko valmistuserän hylkääminen voi johtaa lopputuotteen loppumiseen varastosta, mikä näkyy asiakkaalle asti. (Laatupäällikkö 2012; Laborantti 2012)

Puolivalmisteverastossa tuotteet ovat paikkakohtaisessa järjestyksessä, jota ylläpidetään Excel-taulukon avulla. Haastatteluiden mukaan tähän taulukkoon ei voi kuitenkaan sataprosenttisesti luottaa, koska sitä ylläpidetään manuaalisesti. Trukkikuskit voivat esimerkiksi unohtaa muuttaa kokonaismääriä silloin, kun kuljettavat puolivalmisteita välivarastorobottialueelle. Myös eri työntekijöiden Excel-taulukon merkitsemistavoissa huomattiin olevan eroavaisuuksia. Samoin kuin valmistusosastojen kohdalla, puolivalmisteveraston Excel-taulukko voi näyttää jopa kahdeksan tuntia vanhaa informaatiota, kun tuotesiirotta ei merkata heti ylös. Tällä hetkellä trukkikuskit tekevät joka perjantai inventaarion puolivalmisteverastossa. Tuotteet pyritään järjestämään tehtaalla varsinkin

puolivalmisteverastossa siten, että vanhimmat valmistuserät jäävät etualalle ja tuoreimmat valmistuserät niiden taakse. Puolivalmisteverastossa on yleistä, että tuotteita jää epähuomiossa tolppien taakse piiloon ja tämä huomataan vasta liian myöhään pakkauksien kannalta. Tämän seurauksena pakkauksesta ylijääneiden tuotteiden määrä kasvaa. (Trukkikuski 2012)

Välivarastorobottialueen hoitaja määrittelee käytännössä trukkikuskien päivittäiset tuotesiirrot. Trukkikuskit käyvät katsomassa välivarastorobottialueen hoitajan tekemää listaa tuotteista, joita tarvitaan seuraaviin pakkauksiin. JIT-periaatteen mukaisesti puolivalmisteiden on oltava valmiina oikealaatuisena, oikeamääräisenä ja juuri oikeaan aikaan, kun pakkaus alkaa. Puolivalmisteita ei voi valmistaa liian aikaisin niiden tuoreusvaatimusten takia, mutta ei liian myöhäänkään, ettei toimitus ja sitä kautta asiakaspalvelun onnistuminen vaarannu. Haasteita aiheuttaa myös se, kuinka trukkikuskit navigoivat tiensä monimutkaisella tehtaalla oikeiden tuotteiden luokse FIFO-periaatetta noudattaen. Tämä vie runsaasti aikaa, koska valmistuksen tapahtuessa kolmessa eri kerroksessa, trukkikuskit tarvitsevat luonnollisesti hissien käyttöönsä. Vajaita rullakoita jää helposti osastoille, koska trukilla pystyy kuljettamaan vain neljä täyttä rullakkoa kerralla. Trukkikuskien työ vaatii erityistä tarkkuutta, järjestelmällisyyttä sekä saumatonta yhteistyötä tuotantoassistenttien kanssa. Vanhimman valmistuserän löytäminen voi olla joskus erittäin aikaa vievää. Tämä vaikeuttaa myös laatutarkastuksia tekevien laboranttien ja laatupäällikön töitä. (Trukkikuski 2012)

Tehtaalla on myös tilanteita, joissa puolivalmisteita joudutaan seulomaan jostakin laaturvirheestä johtuen. Seulomisessa laaturvirheelliset puolivalmisteet poistetaan priimatuotteiden joukosta. Viikko-ohjelmia toteuttaessa, seulomista ei saada aina heti tehtyä. Seulomiseen pitää varata erikseen henkilöstöresursseja. Tämä johtaa usein siihen, että seulottava tuote ei ehdi siihen tarkoitettuun pakkaukseen ja ennen seuraavaa pakkausta tuote voi olla jo vanhentunut. Seulomattomat tuotteet joutuvat joskus suoraan biojätteeksi, mikä aiheuttaa ylimääräistä työtä ja kuluja. Siihenkin

pitää varata erikseen aikaa sekä henkilöitä, jotka suorittavat tuotteiden hävityksen manuaalisesti. Yhden puolivalmisteen laatuvirhe voi aiheuttaa useamman muun puolivalmisteen vanhenemisen mix-tuotannossa. Seulottavat puolivalmisteet aiheuttavat ongelmia myös tuotannosuunnittelijoille, joiden on otettava kaikki seulottavat määrät huomioon eri prosessivaiheissa. Seulottavien puolivalmisteiden määrät näkyvät ERP-järjestelmässä priimana. Pakkauksien alkaessa puolivalmisteita pyritään tasaamaan tuotehäntien mukaan. Puolivalmisteiden tasaus ei kuitenkaan onnistu, jos se on suunniteltu tehtäväksi seulontapisteessä olevan tuotteen mukaan. Seulottavaksi menevät puolivalmisteet sitovat omalta osaltaan myös laatikoita. Seulottavana olevien puolivalmisteiden seuranta ei ole tällä hetkellä riittävän tarkalla tasolla, vaikka valmistuspäälliköt tuovat niistä tiedon päivittäisiin aamupalavereihin. (Tuotannosuunnittelija 2012; Tuotantoassistentti 2012)

6.3 Mahdolliset ratkaisut

Haastattelujen mukaan on olemassa pääsääntöisesti kaksi eri vaihtoehtoa kehittää kohdeyrityksen sisäisiä tuotevirtoja. Ensimmäinen ratkaisu olisi laajentaa puolivalmistevalikoima niin isoksi, että kaikki tehtaan puolivalmisteet mahtuisivat yhteen paikkaan. Se vaatisi noin kolme kertaa nykyistä isomman tilan. Yrityksellä on tonttialueella riittävästi tilaa laajennukselle, mutta se vaatisi merkittävän investointipäätöksen. Tämän ohella myös väliavarastorobottialuetta olisi järkevää laajentaa mahdollisuuksien mukaan, jotta pakkausrobotilla olisi mahdollisimman monipuolinen puolivalmistevalikoima. Toinen ratkaisu on käyttää tietoteknisiä järjestelmiä, kuten RFID-järjestelmää, tuotevirtojen tehostamiseen. Laatikoihin kiinnitetyt RFID-tunnistimet toisivat läpinäkyvyyttä koko tehtaalte. Kaikki haastateltavat olivat RFID-järjestelmän kannalla. Haastateltavien mukaan järjestelmä auttaisi merkittävästi heidän työtään ja edistäisi koko tehtaan toimintoja. RFID-järjestelmää on harkittu aikaisemminkin, mutta mitään laajaa tutkimusta sen soveltuvuudesta ei ole tehty. (Prosessikehittäjä 2012)

Tehtaan ulkopuolisen tonttialueen lisäksi kohdeyrityksellä on mahdollisuus laajentaa puolivalmisteverastoa jo olemassa olevissa tiloissa. Laajennus edellyttäisi laitteiden ja koneiden uudelleen sijoittelun tehtaalla. Tämä mahdollistaisi puolivalmisteveraston laajentamisen puolitoistakertaiseksi nykyiseen verrattuna. Puolivalmisteverastosta tulisi näin L:n muotoinen ja se ympäröisi pakkausosastoa puolittain. Laajennus tukisi yrityksen ajattelutapaa siinä, että tuotevirrat saadaan liikuteltua järkevästi sinne, missä niitä tarvitaan. Tulevaisuudessa tehtaan layoutin uudelleen suunnittelu tarjoaa mahdollisuuden erilaisille laajennuksille ja laitteiden uudelleen sijoittamiselle. Vaikka kaikki tehtaan tuotteet mahtuisivat yhteen puolivalmisteverastoon, se ei ratkaisisi kaikkia ongelmia. Tehtaalla tarvittaisiin kuitenkin yhä joku järjestelmä sisäisten tuotevirtojen hallintaan ja seurantaan, koska puolivalmisteverastossa käytetty Excel-taulukko ei ole tarpeeksi luotettava eikä informatiivinen. Kaikkien tuotteiden saaminen yhteen puolivalmisteverastoon olisi kuitenkin merkittävä edistysaskel tehtaalla. (Prosessikehittäjä 2012; Tuotantoassistentti 2012)

Pitää muistaa, että järjestelmä itsessään ei paranna työntekijöiden välistä kommunikointia tai tiimityötä. Haastattelujen mukaan erityisesti erilaisista päätöksistä pitäisi tiedottaa paremmin. Esimerkiksi laatupäätöksiä tehdään välillä päällekkäin, eikä informaatio muutenkaan kulje aina kaikille sitä tarvitseville osapuolille. Tämä aiheuttaa usein lisätyötä ja sekaannusta. Haastatteluissa huomattiin, että puolivalmisteveraston Excel-taulukon ylläpidossa on eroavaisuuksia. Tuotteet merkitään puolivalmisteverastossa paikkakohtaisesti rullakkomäärien mukaan. Joskus vajaat rullakkomäärät pyöristetään ylöspäin, mikä tekee helposti satojen kilojen heiton todelliseen kilomäärään. Puolivalmisteet, joita valmistetaan tuhansia kiloja viikossa, aiheuttavat erityisiä haasteita trukkikuskeille. Päivittäisten käytäntöjen tulisi parantua ja tarkentua ennen minkäänlaisen järjestelmän käyttöönottoa. (Trukkikuski 2012; Tuotantoassistentti 2012)

6.4 RFID-teknologian mahdolliset hyödyt

Haastatteluiden perusteella on selvää, että RFID-teknologialla olisi suuri vaikutus tehtaan päivittäisiin toimintoihin. RFID:n mahdollistama parempi läpinäkyvyys ja reaaliaikainen informaatio tehostaisivat ja tasapainottaisivat varastonhallintaa. Puolivalmisteiden bufferi, eli välivarastojen muodostama puskuri eri toimintojen välillä, saataisiin pidettyä järkevällä tasolla, kun RFID-tunnistimien avulla tiedettäisiin tarkasti, mitä puolivalmistetta olisi milläkin osastolla. Tämän lisäksi järjestelmä kertoisi, milloin tietty valmistuserä on valmistettu ja mikä on sen laadullinen status. Tämä auttaisi erityisesti trukkikuskeja toteuttamaan FIFO-periaatetta paremmin ja sitä kautta nopeuttamaan sisäisten tuotevirtojen kiertoa. Etenkin elintarvikealalla tuotteiden tuoreus ja nopea kierto ovat avainasemassa. Useat yritykset ovat implementoineet onnistuneesti RFID-teknologian trukkeihinsa. Teknologian avulla trukkikuskit pystyvät seuraamaan päivittäistä tehtäväälistää ja optimoimaan reitit puolivalmisteiden mukaan. Varastohallinnan tehokkuus kasvaa, kun turhat trukkisiirrot saadaan pois ja potentiaalisten inhimillisten virheiden määrää saadaan vähennettyä. Näiden seurauksena läpivirtaus nopeutuu ja työvoimakustannukset pienenevät. Teknologian avulla saadaan arvokasta tietoa trukkiliikenteestä ja tehdyistä tuotesiirroista. (Chen et al. 2013, s. 540–541; Lebmöllmann 2005, s. 2)

RFID-teknologia helpottaisi merkittävästi myös tuotantoassistenttien ja tuotannonsuunnittelijoiden työtä. Tuotantoassistentteilla menee tällä hetkellä noin 30–60 minuuttia joka päivä puolivalmisteiden inventaarion tekemiseen, saldojen oikeellisuuden varmistamiseksi ERP-järjestelmässä. Tuotannonsuunnittelijoiden pitää tällä hetkellä tehdä vaikeita päätöksiä ja muokata tuotanto-ohjelmia viikoittain ilman reaaliaikaisen seuranta- ja tunnistustekniikan tukea. Tuotannonsuunnittelijat eivät voi koskaan luottaa täysin ERP-järjestelmässä oleviin puolivalmistemääriin, vaan joutuvat turvautumaan tuotantoassistentteihin, jotka tarkastavat puolivalmisteiden todelliset kilomäärät. Tuotantoassistentit tarkastavat myös puolivalmisteiden valmistuspäivät. Tällä hetkellä ei myöskään tiedetä sitä, kuinka

paljon puolivalmisteet sitovat laatikoita viikoittain. ERP-järjestelmästä on mahdollista saada laatikkoraportti, mutta sitä ei pidetä tarpeeksi luotettavana. ERP-järjestelmä ei osaa ottaa huomioon seulottavana olevien puolivalmisteiden sitomia laatikoita. Yleisesti ERP-järjestelmä sisältää paljon hyödyllistä tietoa, mutta tiedon löytäminen on usein aikaa vievää ja monimutkaista. RFID-tekniikan avulla laatikotietoja voitaisiin seurata reaaliajassa. Tekniikan avulla olisi mahdollista saada esimerkiksi signaali, kun laatikoiden määrä laskisi alle viiteen tuhanteen. Tällä tavoin tuotannosuunnittelijat, valmistuspäälliköt ja vuoro esimiehet voisivat varautua paremmin tilanteisiin, joissa laatikot ovat loppumassa. Laatikoiden loppuessa tuotannosuunnittelijat joutuvat tekemään esimiesten kanssa vaikeita päätöksiä, siitä mitkä osastot jatkavat valmistusta ja mitkä joudutaan laittamaan väliaikaisesti kiinni. (Tuotannosuunnittelija 2012; Tuotantoassistentti 2012)

Tehtaalla samoin kuin muilla kohdeyrityksen tuotantolaitoksilla on aloitettu toimenpiteet sekä työturvallisuuden että elintarviketurvallisuuden hallintajärjestelmien rakentamiseksi ja sertifiointiksi. Keväällä 2015 tuleva elintarviketurvallisuusstandardi (Food Safety System Certification, FSSC) asettaa omat vaatimuksensa esimerkiksi puolivalmisteiden visuaalisuudelle. Jatkossa puolivalmisteet pitää olla tiukasti kannen alla kaikissa prosessivaiheissa. Tämä ei kuitenkaan estä nykyistä visuaalisuutta edistävää käytäntöä, jossa laatikoiden päälle asetetaan muutama puolivalmiste. FSSC-standardin myötä allergian aiheuttajat eli allergeenit sijoitetaan puolivalmistevarastossa erilleen muista tuotteista. Lähtökohtaisesti RFID-tekniikka tukee FSSC-standardin vaatimusta tuotteiden jäljitettävyyden osalta. Reaaliaikaisen tiedon ja läpinäkyvämmän toiminnan myötä puolivalmisteiden laatueroihin on helpompi puuttua. (Laatupäällikkö 2012)

Tutkimus on osa laajempaa kohdeyrityksen investointikokonaisuutta. Tehdaskohtaisen suunnitelman avulla katsotaan tulevaisuuteen ja luodaan iso kuva siitä, mitä toimintoja kannattaa kehittää ja missä järjestyksessä. Kohdeyrityksen suunnitelma on usean vuoden kehityshanke, joka sai alkunsa vuonna 1997.

Tavoitteena on puolivalmisteiden varmempi, laadukkaampi ja tehokkaampi hallinta. Suunnitelma päivitetään vuosittain. Tarkoituksena on lisätä kilpailukykyä arvoketjuajattelun mukaisesti. Kilpailukykyä voidaan parantaa esimerkiksi lisäämällä tehokkuutta automatisoinnin myötä, pienentämällä hävikkiä, parantamalla laatua ja kehittämällä toimintoja kohti lean-ajattelua. Laadun parantamiseen ja toimintojen tehostamiseen kohdeyritys on soveltanut Toyotan tuotantojärjestelmään perustuvia SMED- ja 5-S-periaatteita jo pitkään.

Tietotekninen järjestelmä on välttämätön teollisuuden siirtyessä varasto-ohjautuvasta tuotannosta kohti tilausohjautuvaa tuotantoa eli imuohjausta. Reaaliaikainen järjestelmä antaa edellytykset sille, että tuotantomäärät ja varastotasot saadaan optimoituja parhaimmalla mahdollisella tavalla. Imuohjaukselle tyypillisen joustavan kapasiteetin avulla voidaan vastata kysynnän vaihteluun. Tuotannonohjausmuotoja kannattaa kuitenkin vaihdella yrityksen sisällä esimerkiksi valmistusvaiheittain, tuotteittain tai kysynnän kausivaihteluiden mukaan niin, että toimitusketjusta saadaan mahdollisimman tehokas. Lähestymistapojen valintoihin vaikuttavat etenkin tuotannon läpimenoaika ja asiakkaan toimitusaikavaatimukset.

7 RFID-TEKNOLOGIAN SOVELTUVUUS KOHDEYRITYKSESSÄ

Tässä kappaleessa esitellään RFID-järjestelmän implementointiin liittyviä asioita. RFID:n soveltuvuutta on analysoitu Force Field -analyysityökalulla, jonka avulla järjestelmän tuomat hyödyt ja haasteet ovat helppo esitellä selkeässä muodossa. Suurin osa tämän kappaleen tiedoista perustuu haastatteluista saatuihin tietoihin, mutta myös kirjallisuutta on käytetty apuna.

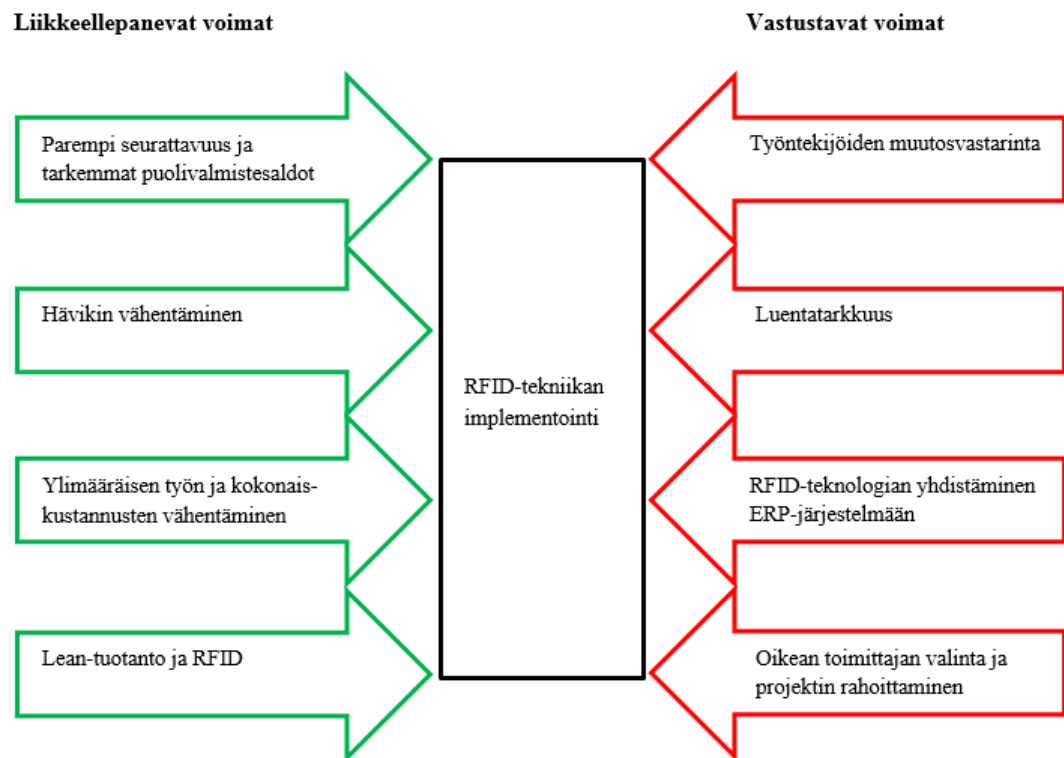
7.1 Force Field -analyysityökalu

Force Field -analyysin on kehittänyt Kurt Lewin vuonna 1951. Analyysiä käytetään pääsääntöisesti muutosjohtamisen suunnitteluun ja implementointiin organisaatiossa. Force Field on paras toteuttaa 6–8 hengen pienryhmässä siten, että kaikki osallistujat pystyvät vaivattomasti seuraamaan analyysin etenemistä. (Ramalingam 2006, s. 32)

Analyysin tekeminen alkaa nykytilannekuvauksella. Nykytilannekuvauksessa määritellään ongelmien lisäksi myös tavoite, jota kohti pyritään. Tavoitteen tulee olla mahdollisimman tarkoin määritelty. Tavoitteen määrittelyn jälkeen tarkoituksena on tunnistaa kaikki liikkeellepanevat voimat, jotka tukevat muutosta haluttuun suuntaan sekä arvioida kunkin voiman vahvuus käyttämällä asteikkoa yhdestä (heikko) viiteen (vahva). Tämän jälkeen sama tehdään vastustavilla voimilla, jotka nimensämukaisesti estävät muutosta kohti haluttua suuntaa. Viimeisessä vaiheessa pohditaan strategioita, joiden avulla vastustavia voimia saadaan vähennettyä ja liikkeellepanevia voimia vahvistettua. Analyysin tarkoituksena on myös herättää hedelmällistä keskustelua sekä uusia ideoita käsiteltävään aiheeseen liittyen. (Ramalingam 2006, s. 32)

7.2 Force Field -analyysi kohdeyrityksessä

Force Field -analyysityökalu valittiin tähän tutkimukseen, koska se sopi hyvin tämänkaltaisen muutosprosessin kuvaamiseen yrityksessä. Analyysityökalun avulla päästiin vertailemaan liikkeellepanevia ja vastustavia voimia halutulla tavalla. Kuvassa 12 esitetään RFID-tekniikan implementointiin vaikuttavat voimat kohdeyrityksessä.



Kuva 12. Liikkeellepanevat ja vastustavat voimat.

Suurin osa kuvassa esitetyistä voimista perustuu haastatteluista saatuihin tietoihin. Loput voimat on määritelty kirjallisuustutkimuksen pohjalta ja tutkimalla muita saman mittakaavan hankkeita. Kaikki liikkeellepanevat ja vastustavat voimat analysoitiin lähinnä kohdeyrityksestä kootulla työryhmällä, joka valikoitui haastatteluiden pohjalta. Työryhmään kuuluivat käytännössä kaikki samat henkilöt,

jotka kuuluvat myös RFID-projektiryhmään. Työryhmään kuuluivat tehtaanjohtaja, tekninen päällikkö, laatupäällikkö, sähkö- ja automaatioesimies, RFID-projektipäällikkö, tuotannonsuunnittelija ja toimitusketjun IT-järjestelmäpäällikkö. Ennen analysoinnin tekovaihetta jokaiselle työryhmään kuuluvalla henkilöllä lähetettiin sähköpostilla kuvaus liikkeellepanevien ja vastustavien voimien sisällöstä. Näin työryhmän jäsenet pystyivät valmistautumaan ennen analysointivaihetta. Analyysin tarkoituksena oli tutkia ja arvioida kriittisesti eri voimien merkitystä. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi tarkemmin näitä voimia.

7.2.1 Liikkeellepanevat voimat

Tässä kappaleessa esitellään ja analysoidaan kaikki liikkeellepanevat voimat tarkemmin.

Parempi seurattavuus ja tarkemmat puolivalmistesaldot

Yksi tärkeimmistä liikkeellepanevista voimista on puolivalmisteiden parempi seurattavuus ja sitä kautta tarkemmat puolivalmistesaldot. Silloin, kun tiedetään tarkasti eri puolivalmisteiden kilomäärät, pystytään tekemään tarkempia päätöksiä ja vähentämään ylimääräistä työtä monessakin suhteessa. Puolivalmisteiden parempi seurattavuus ja tarkemmat puolivalmistesaldot ovat edellytys paremmalle laadulle.

FIFO-periaatteen seuraaminen on helpompaa, kun tehtaan toiminta on läpinäkyvämpää. Silloin tiedetään tarkasti, missä vanhin valmistuserä sijaitsee ja se saadaan käytettyä ennen tuoreempia valmistuseriä. Tällä tavoin saadaan vähennettyä hävikkiä ja ylimääräistä aikaa, mikä kuluu etsimällä vanhinta valmistuserää eri osastoilta. Tällä hetkellä tuotehäntiä jää melkein jokaisen pakkauksen jälkeen. Tuotehäntiä syntyy esimerkiksi silloin, kun puolivalmisteita

on unohtunut osastojen nurkkiin pakkauksen alkaessa. Tuotehäntiä voi syntyä myös, kun jonkin puolivalmisteen valmistusmäärä on jäänyt suunnitellusta määrästä vajaaksi. Tarkempien puolivalmistesaldojen avulla tuotteiden tasaus onnistuu paremmin, kun tiedetään, kannattaako esimerkiksi pakkauserä ajaa yli jonkun puolivalmisteen mukaan. Valmiit puolivalmisteet menevät pakkaamoon vaa'an kautta. (Tuotannonsuunnittelija 2012)

Eri pakkauserät ajetaan lähtökohtaisesti välivarastorobotille asetettujen perinteisten reseptien mukaan. Pakkauksen loppupuolella perinteinen resepti voidaan kuitenkin vaihtaa vaihtoehtoiseen reseptiin, jos huomataan, että jokin puolivalmiste on loppumassa kesken. Vaihtoehtoisen reseptin avulla puolivalmisteita saadaan jonkun verran tasattua, mutta siitä huolimatta tuotehäntiä syntyy. Tasausta voi tehdä laatupäällikön määrittämien kriteerien puitteissa. Tehtaan sisäinen toimitusvarmuus paranee, kun puolivalmisteet saadaan käytettyä tarkemmin. (Tuotantoassistentti 2012)

Hävikin vähentäminen

Hävikin vähentäminen on nykyään avainasemassa elintarvikeyrityksessä ja siten merkittävä liikkeellepaneva voima RFID:n kannalta. Hävikkiä syntyy tehtaan eri prosessivaiheissa yleensä laatupoikkeamien seurauksena. Hävikin syntyyn vaikuttavat esimerkiksi inhimilliset erehdykset, prosessihäiriöt, raaka-ainevirheet, tekniset viat, värivirheet ja makuvirheet. Tuotevaihtojen korkea lukumäärä on tyypillistä mix-tuotannossa. Tuotevaihtojen seurauksena aloitusten ja lopetusten yhteydessä syntyy hävikkiä. Hävikki ymmärretään tässä tutkimuksessa epäkelvotuotteena, joka menee biojätteeksi tai henkilökunnan myymälään. Henkilökunnan myymälään menevistä epäkelvotuotteista voidaan saada vielä jotakin vastinetta valmistuskustannuksille toisin kuin biojätteeksi menevistä tuotteista, jotka ovat suoraan pois taloudellisesta tuloksesta. (Laatupäällikkö 2012)

Kohdeyrityksen ERP-järjestelmään kirjataan valmistettujen tuotekilojen, biojätteiden ja henkilökunnan myymälään menevien tuotteiden lisäksi myös eläinravinnoksi ja biopoltoon menevät tuotteet. Kirjauksien huolellinen tekeminen on tärkeää, jottei virheellistä tietoa joudu kuukausittain seurattaviin mittareihin. Virheelliset kirjaukset tulevat esiin viimeistään kuukauden lopussa tehdyissä inventaariotarkastuksissa, jolloin seuraukset voivat olla merkittäviä. Hävikin seuranta on tarkentunut huomattavasti tehtaalla viimeisten vuosien aikana. Hävikki kohdistetaan tuotekohtaisesti jokaisella osastolla. Aikaisemmin tuotteita hävitettiin prosessin erivaiheissa kirjaamatta niitä mihinkään, jolloin tuotekohtainen hävikkiseuranta oli mahdotonta. Käytännössä jokainen tuotannossa työskentelevä henkilö tekee hävikkikirjauksia ERP-järjestelmään ja valmistuspöytäkirjoihin, mikä lisää inhimillisten virheiden määrää. Huolellisesti tehtyjen kirjausten lisäksi kirjauskäytäntöjen pitää olla täysin standardoituja. Vieläkään prosessin aikana syntyneitä hävikkejä ei pystytä tarkasti kohdentamaan oikein. Esimerkiksi prosessin pesun yhteydessä syntynyttä viemärihävikkää eli viemäriin menevän hävikin osuutta ei saada kohdistettua. Varsinkin tältä osin hävikin seuranta vaatii vielä tarkennusta. Tuotteet tulisi tehdä vaatimusten mukaisesti kerralla oikein, koska kaikkea epäkelpoa ei voida uusiokäyttää. Hävikin vähentäminen on yksi tärkeimmistä yrityksen kilpailukykyä edistävästä tekijöistä. (Laatupäällikkö 2012; Tuotantoassistentti 2012)

Puolivalmisteiden kokonaiskustannukset vaihtelevat sen mukaan, kuinka paljon tuotetta prosessoidaan. Tässä tutkimuksessa oletettiin, että puolivalmisteiden kokonaiskustannukset ovat keskimääräisesti 1,70 €/kg. Kokonaiskustannukset pitävät sisällään muuttuvat kustannukset, kuten muun muassa materiaali- ja valmistuskustannukset. Materiaalikustannukset koostuvat puolestaan pääasiassa raaka-aineista ja pakkaustarvikkeista. Lopputuotteet sisältävät muuttuvien kustannuksien lisäksi myös kiinteitä kustannuksia, kuten energia-, kunnossapito- ja varastointikustannukset. (Tuotannonsuunnittelija 2012)

Kohdeyrityksessä ei ole aina ollut käytössä systemaattista seurantakäytäntöä syntyneille hävikeille. Nykyään hävikkimääriä seurataan erilaisten Excel- taulukoiden avulla. Kokonaishävikki voi koostua esimerkiksi laatuvirheellisistä tuotteista, koeajoista ja tuotehännistä. Tämän takia on vaikea arvioida osastoille vanhentuneiden puolivalmisteiden osuutta tehtaan kokonaishävikistä, mikä johtuu käytännössä automaattisen seurantajärjestelmän puuttumisesta. Paras arvio tähän saadaan seuraamalla myymälään meneviä puolivalmisteita. Laatupäällikön tekemän arvion mukaan noin puolet myymälään menevistä puolivalmisteista johtuu vajavaisesta seurannasta. Nykyisten käytäntöjen aiheuttamia kustannuksia saadaan laskettua tarkemmin seuraamalla puolivalmisteverastoon vanhentuneita tuotteita, jotka joutuvat biojätteeksi. Taulukoihin 2 ja 3 on laskettu edellä mainittuja kustannuseriä tuotteen keskiarvoisella kokonaiskustannuksella. (Laatupäällikkö 2012)

Taulukko 2. Puolivalmisteverastoon vanhenevat tuotteet.

Vuosi	Määrä (kg)	ka. €/kg	Hävikki (€)
2012	16 095	1,70	27 362
2013	12 933	1,70	21 986
2014	8 200	1,70	13 940

Taulukko 3. Myymälään menevät tuotteet.

Vuosi	Määrä (kg)	ka. €/kg	Hävikki (€)
2012	101 000	1,70	85 850
2013	77 000	1,70	65 450
2014	49 000	1,70	41 650

Molemmissa taulukoissa vuoden 2014 luvut ovat tammi-syyskuun väliseltä ajanjaksolta. Laatupäällikön tekemän arvion mukaan puolivalmisteverastoon vanhenevien tuotteiden määrä tulee kasvamaan vuoden 2013 tasolle. Taulukkoon 3 laskettuihin hävikkimääriin on huomioitu laatupäällikön tekemä 50 prosentin arvio. Molemmista taulukoista huomataan, että kunnollisen seurantajärjestelmän

puuttuminen ja FIFO-periaatteen manuaalinen noudattaminen aiheuttavat vuosittain merkittäviä kustannuksia kohdeyritykselle, vaikka osa tuotteista meneekin henkilökunnan myymälään.

Kustannusten lisäksi hävikkiin lukeutuvat puolivalmisteet aiheuttavat myös toisenlaisen ongelman tehtaalla. Esimerkiksi puolivalmisteverastoon jääneet tuotehännät sitovat laatikoita, kunnes tuotteet hävitetään. Tämä ei kuulosta kovin haasteelliselta 42 000 laatikon tehtaalla, mutta kun otetaan huomioon myös tehtaan monipuolinen tuotanto kolmessa eri kerroksessa ja kesäolosuhteet, niin tilanne on todellinen. Laatikoiden loppuessa tuotannosuunnittelijat joutuvat tekemään vaikeita päätöksiä sen suhteen, mitkä osastot jatkavat valmistusta ja mitkä joudutaan laittamaan kiinni. Tämän takia on tärkeää saada tuotevirrat virtaviivaisiksi ja vähentää laatikoissa seisovien puolivalmisteiden odotusaikaa. (Tuotannosuunnittelija 2012)

RFID-järjestelmän avulla kohdeyritys voisi seurata syntyneitä hävikkimääriä tehokkaammin ja monipuolisemmin. Hävikkitilanteissa laborantit tarkastaisivat puolivalmisteiden laadun ja luokittelisivat valmistuserän tietyn syykoodin mukaan, minkä vuoksi se ei voi mennä asiakkaalle asti. Eräkohtaisen hävikkiluokittelun avulla toimihenkilöt voisivat analysoida informaatiota tehokkaammin. Esimerkiksi hävikkiluokittelun avulla voitaisiin huomata nopeasti, että tietty kone tai prosessi aiheuttaa jatkuvasti hävikkiä. Tämän jälkeen työnjohto saisi kohdistettua korjaavat toimenpiteet oikeaan paikkaan vähentääkseen hävikin syntymistä. Oikeiden oletuksien tekeminen on tällä hetkellä haastavaa, koska tehtaalla ei ole käytössä systemaattista eräkohtaista hävikkiseurantaa. RFID-teknologia ei kuitenkaan suoraan auta poistamaan tuotannon aikaisia viemärihävikkejä tai muita vastaavanlaisia hävikkejä. Käyttökiellossa oleville puolivalmisteille ei ole listaa, josta voisi seurata laatupäätöksien etenemistä. Tällä hetkellä ei saada myöskään impulssia tehtaalla vanhenevista tuotteista pois lukien välivarastorobottialueella, missä vanhentuneet tuotteet pitää käydä hyväksymässä. Kaikki toimii pitkälti

muistinvaraisesti, mitä FIFO-periaatteen noudattamiseen tulee. Pitää muistaa, että hävikin vähentämisellä ei voida vaikuttaa tuotannon inhimillisiin virheisiin. Tuotannon virheitä voidaan parhaiten vähentää laadukkailla perehdytyksillä, kattavilla työohjeilla ja jatkuvaan parantamiseen tähtäävällä ilmapiirillä. (Laborantti 2012; Tuotantoassistentti 2012)

Ylimääräisen työn ja kokonaiskustannusten vähentäminen

Haastatteluiden mukaan käytössä oleva varastojärjestelmä ja puolivalmisteiden seurantamalli aiheuttavat ylimääräistä työtä eri työntekijöille. Yhdellä trukkikuskilla kuluu arviolta noin tunti työajasta päivittäin oikeiden puolivalmisteiden löytämiseen tehtaalta. Pakkaamon ollessa kolmessa vuorossa tämä tietää yhdeksän tuntia päivässä ylimääräistä työtä, koska jokaisessa vuorossa on kolme trukkikuskia. Puolivalmistesaldoja korjataan käytännössä jokaisen pakkauksen jälkeen. Tehtaalla on tällä hetkellä kolme tuotantoassistenttia, jotka vastaavat manuaalisesti käytännössä tehtaan kaikista puolivalmisteista. Tuotantoassistentit käyvät aamupalaverissa läpi pakkausmäärät, niiden kuluttamat puolivalmisteet sekä välivarastorobottialueelle jääneet puolivalmistemäärät. Tuotantoassistenttien käyttämä aika puolivalmistesaldojen ylläpitoon on helposti mitattavissa. Tämän seurauksena tehtiin erillinen seurantataulukko, johon eri osastoista vastaavat tuotantoassistentit merkitsivät saldojen ylläpitoon kuluvan ajan päivätasolla. Seuranta tehtiin viikkojen 43–46 välisenä aikana. Tarkka päiväkohtainen ajankäyttö eri tuotantoassistenttien raportoimana löytyy liitteistä 2–4. (Trukkikuski 2012; Tuotantoassistentti 2012)

Taulukoihin 4 ja 5 on laskettu ylimääräisestä työstä aiheutuvia vuosittaisia kustannuksia tuotantoassistenttien ja trukkikuskiensa osalta. Kustannukset on laskettu käyttämällä hyväksi 20-päiväistä työkuukautta ja tuotantotyöntekijöiden keskimääräistä palkkaa 30 €/h, joka pitää sisällään henkilösivukulut, kuten sosiaali- ja eläkevakuutusmaksut.

Taulukko 4. Ylimääräisen työn aiheuttamat kustannukset trukkikuskeilla.

Vuorojärjestelmä	Trukkikuskit	Palkka (€/h)	Arkipäivät / vuosi	Kustannukset (€)
1-vuoro	3	30,00	240	21 600
2-vuoro	6	30,00	240	43 200
3-vuoro	9	30,00	240	64 800

Pahimmassa tapauksessa oikeiden puolivalmisteiden löytäminen ja FIFO-periaatteen manuaalinen noudattaminen aiheuttavat yli 60 000 euron kustannukset vuositasolla, kun pakkaamo on kolmessa vuorossa. Pakkaamo on tavallisesti kolmessa vuorossa ympäri vuoden, lukuun ottamatta joitakin erikoisjärjestelyjä esimerkiksi joulupyhien aikana. Tämän lisäksi trukkikuski tekee inventaarion puolivalmisteveraston Excel-tilaukseen merkityille tuotteille joka perjantai-iltapäivä. Inventaarion tekeminen kestää noin tunnin, mutta vuositasolla sekin tekee 7200 euron kustannukset. Excel-tilaus käsittää kaikkien puolivalmisteverastossa olevien tuotteiden lisäksi myös olosuhdekaapeissa olevat tuotteet. (Trukkikuski 2012)

Taulukko 5. Ylimääräisen työn aiheuttamat kustannukset tuotantoassistentteilla.

Assistentti	ka. Aika (h/pv)	Palkka (€/h)	Arkipäivät / vuosi	Kustannukset (€)
A	0,39	30,00	240	2790
B	0,38	30,00	240	2700
C	0,53	30,00	240	3780
Yhteensä				9270

Taulukkoon 5 on eroteltu eri tuotantoassistenttien puolivalmistesaldojen ylläpitoon käyttämät ajat. Taulukkoon lasketut keskimääräiset ajat perustuvat neljän viikon aikana kirjattuihin tuloksiin. Yhdellä tuotantoassistentilla kuluu keskimäärin noin 30 minuuttia työajasta päivittäin puolivalmistesaldojen ylläpitoon. Tuloksia tarkasteltaessa pitää ottaa huomioon useamman prosentin lasku tehtaan tuotantomäärissä viime vuoteen nähden. Tämä on suhteessa verrannollinen puolivalmistesaldojen ylläpitoon käytetyn ajan suhteen. Silloin, kun

puolivalmisteita valmistetaan täysissä vuoroprofiileissa, saldojen ylläpitoon menee enemmän aikaa. Tilanne on tietysti nyt päinvastoin, kun vuoroprofiileja on jouduttu tiputtamaan muuttuvan asiakaskysynnän vuoksi. (Tuotantoassistentti 2012)

Puolivalmisteiden nykyinen hallinta ja seuranta aiheuttavat ylimääräistä työtä myös tuotannosuunnittelijoille, laboranteille ja laatupäälliköille. Tuotannosuunnittelijat joutuvat päivittäin soittamaan tuotantoassistentteille varmistaakseen ERP-järjestelmässä näkyviä puolivalmistesaldoja. Usein tuotantosuunnitelmia joudutaan muuttamaan esimerkiksi saldovirheiden takia, mutta tämäläpistä ylimääräistä työtä on vaikea ajassa ja sitä kautta rahassa mitata. Ylimääräisen työn mittaaminen on vaikeaa myös silloin, kun laborantit sekä laatupäällikkö joutuvat tekemään laatutarkastuksia ympäri tehdasta. Laatupäällikkö käy joka aamu ennen aamupalaveria tekemässä laatutarkastuksia puolivalmistevarastossa oleville tuotteille ja kirjaa kaikki rajatapaukset ylös. Kirjatut puolivalmisteet käydään tarkemmin läpi aamupalaverissa. Laatupäällikkö voi myöntää rajatapauksissa oleville tuotteille pidemmän väliarastointiajan, jos tiedetään varmasti, että tuote on menossa pakkaukseen lähipäivinä. (Laatupäällikkö 2012; Laborantti 2012; Tuotannosuunnittelija 2012)

Puolivalmisteiden yksinkertaisesta paikantamisesta on hyötyä tehtaanlaajuisesti kaikille, tuotantotyöntekijöistä tehtaanjohtajaan asti. Ylimääräisen työn ja kokonaiskustannusten vähentäminen ovat hävikin ohella kriittisessä asemassa kohdeyrityksen kilpailukyvyyn parantamisessa. Varsinkin trukkikusmien ja tuotantoassistenttien tekemä ylimääräinen työ pitäisi saada valjastettua tehokkaammin muihin tehtäviin, kuten esimerkiksi tuotantoassistentteilla tuotannon kehitystehtäviin. Yhdessä muiden projektiin liittyvien investointien kanssa on mahdollista saavuttaa myös henkilöstösäästöjä.

Lean-tuotanto ja RFID

Vaikka lean-tuotanto on tarjonnut vuosikymmeniä apua arvoa tuottamattomien toimintojen karsinnassa, niin silti se ei poista tuottamatonta työvirtaa, kadonneita puolivalmisteita tai inventaarioiden tekemistä. Yhtenä suurimpana syynä näille seikoille ja tehottomalle toiminnalle pidetään tarkan oikea-aikaisen informaation puutetta. Monetkaan lean-konseptia toteuttavat yritykset eivät ole täysin omaksuneet sitä, kuinka RFID ja lean-tuotanto liittyvät toisiinsa ja kuinka arvokasta RFID-teknologian tarjoama reaaliaikainen informaatio on lean-konseptin toteutuksessa. RFID-teknologialla on positiivinen vaikutus lähes kaikilla lean-tuotannon osa-alueilla. RFID edistää organisaation lean-tuotantoa tekemällä siitä läpinäkyvämpää. Reaaliaikaisen ja tarkan informaation avulla saadaan tehostettua muun muassa tuotannosuunnittelijoiden ja tuotantoassistenttien työtehtäviä. Tuotannosuunnittelijoiden ei tarvitsisi jatkuvasti tarkastaa saldoja tuotantoassistentteilta, jotka puolestaan joutuvat tarkastamaan puolivalmisteiden määrät manuaalisesti. Lähtötietojen epätarkkuus voi kumuloitua helposti aiheuttaen tämänkaltaisen ketjureaktion ylimääräisen työn muodossa. (Chongwatpol & Sharda 2013, s. 239–262)

Tuotannon ollessa virtaviivaisempaa ja välivarastointiaikojen lyhyempiä läpimenoajat nopeutuvat ja puolivalmisteet saadaan pakattua painavampina, mikä on tietysti elintarvikeyrityksen kannalta paras vaihtoehto. Välivarastointiajan kasvaessa puolivalmiste alkaa luovuttaa kosteutta tai sokeria, jolloin se menettää myös painoa kuivuessaan. RFID-teknologia ei kuitenkaan kokonaan poista prosessivaiheiden välisiä odotusaikoja, eikä ota kantaa kapasiteettien tai puolivalmisteiden läpimenoaikojen oikeellisuuteen ja tarkkuuteen. Prosesseissa tapahtuvaa hukkaa on hyvä lähestyä kahdeksan hukan ajattelumallilla eli tunnistaa kaikki lisäarvoa tuottamattomat toiminnot.

7.2.2 Vastustavat voimat

Tässä kappaleessa esitellään ja analysoidaan kaikki vastustavat voimat tarkemmin.

Työntekijöiden muutosvastarinta

On olemassa useita tapauksia, joissa työntekijät ovat vastustaneet uuden teknologian implementointia omaan työympäristöönsä. Tämä voi olla myös tilanne RFID-järjestelmän implementoinnissa tehtaalla. Lähtökohtaisesti useat työntekijät vierastavat muutoksia siksi, että he pelkäävät uusien teknologioiden korvaavan oman työpanoksensa. Usein projektin alkuvaiheessa muutosvastarinta on voimakkaampaa, koska työntekijöiden keskuudessa esiintyy tiedon ja ymmärryksen puutetta. Aikainen tiedottaminen projektista ja sen etenemisestä on erittäin tärkeää mahdollisen muutosvastarinnan hallinnan ja vähentämisen kannalta. Näin työntekijöiden mielipiteisiin voidaan vaikuttaa positiivisella tavalla. Työntekijöiden panos vaikuttaa oleellisesti myös virheiden määrän minimointiin. Työntekijöiden tulee nähdä tulevat muutokset positiivisessa valossa, missä päivittäinen työaika saadaan valjastettua tehokkaammin muihin tehtäviin. Teknologian tuomat muutokset tulee nähdä välttämättöminä asioina kohdeyrityksen kilpailukyvyyn kannalta. Tähän mennessä tulevista investointisuunnitelmista on kerrottu kattavasti ja avoimesti tehtaanlaajuisesti.

Luentatarkkuus

Yhtenä RFID-järjestelmän pääheikkoutena ja selkeänä uhkana varsinkin aikaisemmin on pidetty sitä, ettei järjestelmän avulla voida saavuttaa sataprosenttista luettavuutta. Vaikka kaikki olisi suunniteltu ja implementoitu huolellisesti, ongelmia saattaa silti ilmetä lukutilanteissa. Ongelmia voivat aiheuttaa tehtaan rakenteelliset esteet, jotka estävät kunnollisen signaalin syntymisen samoin, kuin vioittuneet tai kokonaan laatikoista pudonneet RFID-tunnistimet. Esimerkiksi, jos antennit ovat liian lähellä metallipintaa, luenta voi

epäonnistua, koska signaali kimpoaa metallipinnasta antennien ohi. Tämä voi olla tilanne silloin, kun rakennetaan luentaportti hissien yhteyteen. Oleellista on myös se, missä kohtaa laatikkoa RFID-tagit ovat kiinni. Laatikon ulkoreunaan kiinnitetyt tunnistimet ovat huomattavasti helpommin luettavissa, kuin kiinteiden tai nestemäisten esteiden takana olevat RFID-tunnistimet. Toisaalta laatikon ulkoreunassa olevat tunnistimet ovat alttiimpia vaurioille.

Näin mittavassa projektissa nousee esiin RFID-järjestelmän haavoittuvaisuus esimerkiksi tilanteissa, joissa laatikoissa oleva tunniste häviää tai ei toimi. Tunnisteeton laatikko ilmenee jossain manuaalisista pisteistä tai linjalla lukijan ja valokennon luennan yhteistyön tuloksena. Tämä on kuitenkin hyvin epätodennäköinen skenaario, koska tunnisteita on laatikon molemmilla puolilla. RFID-tagien testausvaiheessa on tärkeää löytää laatikoihin parhaiten soveltuvat tunnistimet. Huomioon otettavia asioita ovat varsinkin laatikoiden muovinen pinta ja tunnisteiden kiinnitysmekanismi. RFID-tunnisteisiin kannattaa laittaa sama ID-tieto myös viivakoodilla sekä visuaalisesti. Näin tehdään periaatteessa kolminkertainen varmistus parantamalla luentamahdollisuuksia. Varmuutta saadaan nostettua myös siten, että laatikkoon laitetaan kaksi identtistä tunnistetta. Tällä tavoin itse tunnistimella on kaksi ID-tietoa, laatikko-ID ja tunnistimen oma ID. RFID-tunnisteiden mahdolliseen häviämiseen pitää kuitenkin varautua.

Ongelmia esiintyy myös RFID-tagien ”yhteentörmäyksessä”, joka syntyy silloin, kun tageja luetaan samanaikaisesti yhdellä lukijalla. Tämän tapahtuessa valmistuserän paikkatieto ei siirry ERP-järjestelmään, mikä voi aiheuttaa myöhemmin ongelmia. UHF-tunnistimet, eli korkean taajuuden tunnistimet ovat kuitenkin kehitelty pitkän luentaetäisyyden turvin ”joukkotunnistusta” varten, mikä pienentää RFID-tagien ”yhteentörmäyksien” todennäköisyyttä. Luentatarkkuuteen vaikuttavat merkittävästi myös antennien suuntaaminen ja signaalin voimakkuuden säätäminen. Luentaporttien välittömään läheisyyteen ei kannata sijoittaa mitään luettavissa olevia tuotteita tai materiaaleja mahdollisten luentavirheiden takia.

RFID-tekniikan suosion ja kehityksen myötä luottavuus voidaan saada nykyään lähelle sataa prosenttia. Se vaatii kuitenkin järjestelmän huolellista testausta oikeassa tehdasympäristössä. Hyvän luontatarkkuuden saavuttamiseksi avainasemassa on löytää paras mahdollinen toimittaja ja asentaja RFID-tageille, antennille, lukulaitteille ja muille tekniikan vaativille tarvikkeille.

RFID-tekniikan yhdistäminen ERP-järjestelmään

Yrityksillä on yleensä kaksi eri vaihtoehtoista lähestymistapaa RFID-tekniikan implementointiin liittyen. Perinteinen lähestymistapa on pitää käytössä oleva ERP-järjestelmä ja RFID-tekniikka erillään toisistaan. Tämä on helppo toteuttaa, mutta se vaatii toimittajan tarjoaman RFID-sovelluksen ja yrityksen oman ERP-järjestelmän päällekkäistä käyttöä. Itse toimittajan laatikkotietokanta ja siitä tehtävä seurantanäkymä on selkokielen. Toinen lähestymistapa liittyy järjestelmien integrointiin. Tämä lähestymistapa on huomattavasti monimutkaisempi ja työläämpi toteuttaa, mutta onnistuessaan se tarjoaa paremmat mahdollisuudet kuin perinteinen lähestymistapa. Varsinkin tuotannosuunnittelun kannalta integrointi on lähes välttämätöntä, jotta RFID-tekniikan hyödyt saadaan kattavasti käyttöön. Yksi vaihtoehto on liittää RFID-tekniikka muiden rajapintojen, kuten esimerkiksi työajanseurantajärjestelmän tavoin laajempaan MES-järjestelmään. MES-järjestelmä yhdistää tiedonkeruun ja tuotannonohjauksen saumattomasti yrityksen muihin tietojärjestelmiin. RFID-tekniikan implementointi ei ole itsessään ongelma, vaan sen liittäminen jo olemassa oleviin automaattisiin tunnistustekniikoihin. Se voi tarkoittaa muutoksia prosessi- ja järjestelmäsuunnittelussa. Se kuinka ja missä organisaatio käyttää RFID-tekniikkaa riippuu siitä, kuinka hyvin tietojen synkronointi onnistuu ERP- ja MES-järjestelmien kanssa. Yleensä tilanne monimutkaistuu, jos uusi tekniikka täytyy sovittaa IT-infrastruktuurin mukaisesti siten, että se täyttää turvallisuuden, yrityksen ja koko teollisuuden asettamat standardit. (Dragan & Zdravko 2006, s. 68; Schmidt et al. 2013, s. 112)

RFID-tekniikan ja ERP-järjestelmän fyysistä integraatiota ei pidetä suurena ongelmana nykypäivänä, koska näiden järjestelmien välisiä integraatioita on tehty jo vuodesta 2004 alkaen. Kohdeyrityksen ERP-järjestelmä näyttää pääsääntöisesti vanhaa dataa, koska esimerkiksi valmistuskirjaukset saatetaan tehdä vain muutaman kerran vuorossa. RFID:n seurantanäkymä näyttää puolestaan aina dataa tarkasti reaaliajassa. Haasteena on saada nämä datat kohtaamaan. Oikean datan määrittely on oleellista, koska ERP sisältää hyvin paljon erimuotoista dataa eri paikoissa. RFID-tekniikan ja ERP-järjestelmien välisiä integraatioita on tehty vuosia, joten valmiita moduuleita on olemassa. Valmiiden moduuleiden avulla data saadaan murskattua ja muokattua määrittelyjen mukaiseksi. Integraation tekeminen on kuitenkin yleensä tämänkaltaisen projektin työläimpiä ja haastavimpia osuuksia. Integraation onnistuminen vaatii teknologiatoimittajan, ERP-toimittajan ja kohdeyrityksen ERP-asiantuntijoiden tiivistä yhteistyötä. Teknologiatoimittajan referenssit vastaavanlaisista integraatioista on eduksi. Kokonaiskustannusten arvioinnissa tulee ottaa huomioon järjestelmän tukipalvelut, kuten ylläpito- ja päivystyskustannukset.

Oikean toimittajan valinta ja projektin rahoittaminen

Oikean toimittajan valinta on erittäin tärkeää onnistuneen RFID-järjestelmän implementoinnin kannalta. Tämä ei ole suoranainen vastustava voima, vaan enemmänkin haaste projektille. Pidemmällä aikavälillä katsottuna halvin vaihtoehto on harvoin paras. Epäonnistuneen implementoinnin aiheuttamat ylimääräiset kustannukset kumuloituvat ajan myötä. Toimittajan aikaisemmat referenssit ja kokemukset samalta toimialalta kertovat yrityksen soveltuvuudesta. Tekniikan nopea kasvu on tuonut alalle yrityksiä, joilla ei välttämättä ole riittävä osaamista haastavien ja laajojen projektien läpivientiin. Yritykset voivat tarjota myös vain tietyn tunnistus- ja lukulaittevalmistajan tuotteita, jotka eivät ole asiakkaalle varsinkaan hinnan puolesta edullisempia. Neutraali taho pystyy tarjoamaan projektiin parhaiten sopivimmat tuotteet eri valmistajien valikoimista. RFID-lukijoissa ja -tunnisteissa on paljon eroavaisuuksia, minkä takia pilotin aikana olisikin suositeltavaa testata vähintään kahden eri valmistajan tuotteita.

Laitevalinnassa auttaa RFID Lab Finlandilla käytössä olevat lukijoiden ja tunnistemallien testiraportit. RFID-tuotantosovelluksen toteutus on haastava projekti, jonka toimeksianto kannattaa lopulta antaa yhdelle taholle. Kun esimerkiksi laitteet ja ohjelmistot hankitaan eri tahoilta, vaarana on, ettei ongelmatilanteissa löydy vastuullista tahoja. Yhden ratkaisutoimittajan malli voi olla suurempi kustannuserä, mutta käytäntö on osoittanut, että se on ehdottomasti paras tapa tuotantosovellusten käyttöönotossa. (Nurminen & Kalliokoski 2007, s. 7–10)

Etätunnistusalalan toimijat kartoitettiin pääsääntöisesti RFID Lab Finland yhdistyksen avulla. Yhdistys on neutraali ja voittoa tavoittelematon. Yhdistys edistää Suomessa toimivien yritysten tehokkuutta tunnistusteknologian avulla. Suurin osa Suomessa RFID-ratkaisuja tarjoavista yrityksistä on RFID Lab Finlandin jäseniä. Yhdistyksen jäsenien soveltuvuus kohdeyrityksen projektiin arvioitiin tiettyjen kriteerien mukaan. Kriteereinä käytettiin maantieteellistä palvelualueita, yrityksen palveluvalikoimaa ja käyttötarkoitusta. (RFID Lab Finland Ry 2014a)

Potentiaalisia RFID-toimijoita Suomessa:

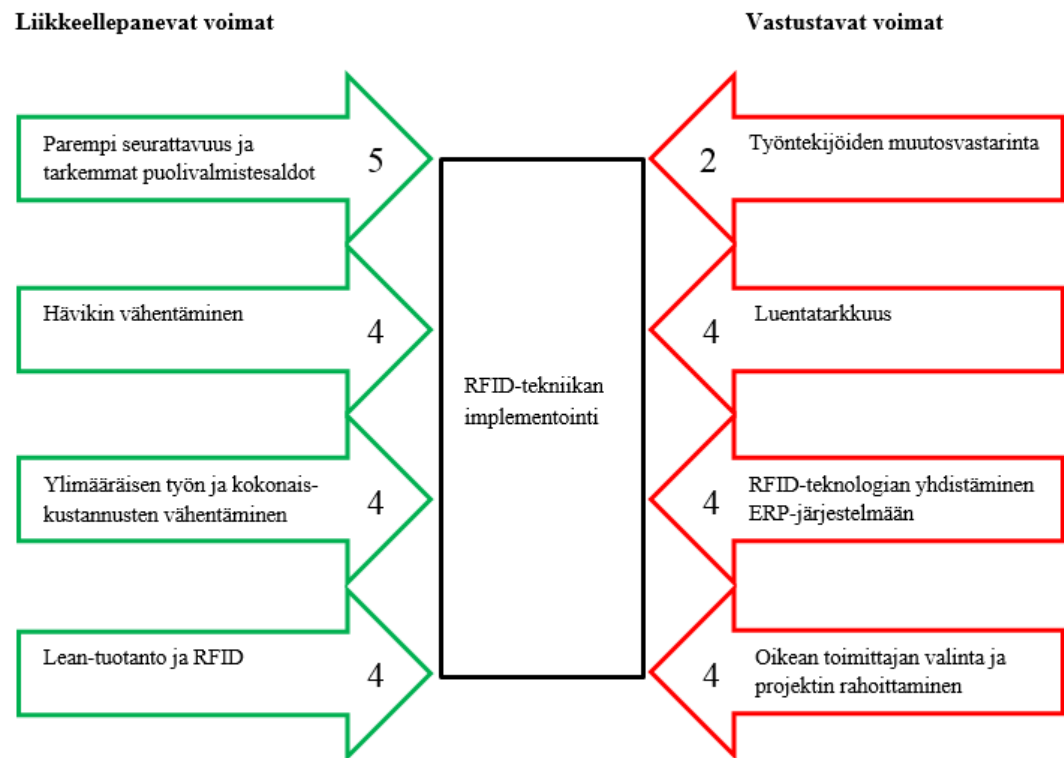
- Suomen Prolaite Oy
- Idesco Oy
- Aksulit Oy
- Riffid Oy
- Oy Santa Margarita Sa
- Tieto Oyj
- Vilant Systems Oy
- ToP Tunniste Oy

Muita Suomessa toimivia RFID-yrityksiä ovat muun muassa Sarlin Oy Ab, SICK Oy, Murri Oy, VISI-RFID Solutions Oy, Identoi Oy, Nordic ID, Confidex Oy, ATP Automation Ltd Oy, Siemens Oy, Trimaster Oy ja Finn-ID Oy, jonka kanssa kohdeyritys on käynyt neuvotteluja. Finn-ID:n tekemän alustavan tarjouksen mukaan RFID-tekniikan toteuttaminen kohdeyrityksessä tulisi maksamaan noin 200 000 euroa ilman kokonaisvaltaista tuotannonohjausjärjestelmää (MES) ja sen integrointia. Tutkimuksessa esitettyjen kustannuslaskelmien perusteella takaisinmaksuajan voidaan arvioida olevan parin vuoden luokkaa. Tarkoituksena on kuitenkin ensin rakentaa testiympäristö puolivalmisteverastossa olevan puhtaslaatikkorobottisolun yhteyteen. Tarkoituksena on testata RFID-tagien luettavuutta ja kestävyyttä laatikoissa laajemmassa mittakaavassa. Mitään tarkkoja sopimuksia ei ole vielä tehty Finn-ID:n kanssa. Tämä testivaihe on välttämätön siitä huolimatta, ettei Finn-ID ei olisi lopullinen toimittaja. Finn-ID ei ole aikaisemmin tehnyt näin laajaa toteutusta RFID-tekniikan ja ERP-järjestelmän välillä. RFID-lukijoita yritys on toimittanut asiakkaille, mutta lukijat eivät ole sisältäneet mitään hienostunutta älyä tai asetuksia. Esimerkiksi Trimasterilla ja Siemensillä on referenssejä RFID-tekniikan käyttöönotosta, mikä tekee yrityksistä potentiaalisia toimittajia. Siemensillä on myös valmiita moduuleita RFID-tekniikan ja ERP-järjestelmien välistä integraatiota varten.

RFID-järjestelmän implementointi on merkittävä investointi yritykselle. Varsinkin taantuman aikana on vaikea saada näin merkittävälle projektille rahoitusta muilta tahoilta. Projektin vaikutukset tulee laskea ja arvioida tarkasti. Projektin kokonaishyötyjä pitää verrata sitä vastustaviin voimiin. Huolellisen arvioinnin ohella alustava suunnittelu on tärkeää mahdollisten ongelmien ja ylimääräisten kustannusten estämiseksi. Rahoitusta suunniteltaessa kannattaa ottaa selvää erilaisista avustuksista. Esimerkiksi Tekes on myöntänyt rahoitusta eri yritysten RFID-projekteihin. (Nurminen & Kalliokoski 2007, s. 5)

7.2.3 Analysoinnin tulokset

Analysointi toteutettiin siten, että kaikki voimat käsiteltiin yksitellen. Voimien sisältö kerrattiin kaikille ennen keskustelujen ja arviointien aloittamista. Analyysin lopputuloksena liikkeellepanevat ja vastustavat voimat saatiin arvioitua asiantuntevan työryhmän avulla. Kuvaan 13 on merkitty voimien suuruus asteikolla yhdestä (heikko) viiteen (vahva). Voimien suuruus määräytyi työryhmän asiantuntijoiden tekemän arvioinnin keskiarvosta.



Kuva 13. Liikkeellepanevat ja vastustavat voimat arvioituna.

Tutkimuksen valossa voidaan havaita tärkeimmät muutosprosessiin vaikuttavat tekijät, jotka tulee ottaa huomioon suunnittelu- ja implementointivaiheessa. Puolivalmisteiden parempaa seurattavuutta ja tarkempia puolivalmistesaldoja pidettiin tärkeimpänä liikkeellepanevana voimana. Muita liikkeellepanevia voimia

pidettiin yhtä tärkeinä asioina kohdeyrityksen kilpailukyvyyn edistämisen kannalta. Vastustavista voimista työntekijöiden muutosvastarintaa ei pidetty kovinkaan merkittävänä asiana, kun taas oikean toimittajan valinta ja projektin rahoittaminen, järjestelmien integrointi sekä luentatarkkuus nähtiin selvinä haasteina RFID-projektissa.

Aikaisemmin yhtenä päähaasteena ja vastustavana voimana pidettiin langattoman internet-yhteyden rakentamista tehtaalle. Nopea langaton internet mahdollistaisi käsilukijoiden käytön eri prosessivaiheissa, joissa RFID-tunnistimien lukemista tapahtuisi. Tarpeeksi voimakkaan ja luotettavan signaalin saaminen tehtaalle vaatisi valtavan määrän langattomia tukiasemia. Yhdelle osastolle rakennettu automaattitruckijärjestelmä toimii nimenomaan langattoman tukiasemaverkoston avulla. Pahimman ennusteen mukaan tarvittavien tukiasemien määräksi arvioitiin 13, mutta tarkkojen signaalin mittauksien jälkeen lopulliseksi tukiasemien määräksi tuli vain viisi. Langaton tukiasemaverkosto on toiminut muutamaa häiriötä lukuun ottamatta erinomaisesti.

Langattoman tukiverkoston sijaan toteuttamiskelpoinen ratkaisu olisi rakentaa lähiverkkoalueita vain paikkoihin, joissa RFID-tunnistimien lukeminen tapahtuisi fyysisesti. Tämä lähestymistapa olisi kustannusystävällisempi ja se antaisi edelleen tarvittavan joustavuuden toimintamallille. Kolmas vaihtoehto olisi käyttää käsilukijoita, joilla olisi oma sisäinen muistinsa. Sen sijaan, että informaatio siirrettäisiin langattoman internet-yhteyden kautta ERP-järjestelmään, informaatio tallennetaankin käsilukijan sisäiseen muistiin ja siirretään myöhemmin manuaalisesti ERP-järjestelmään tietokoneen Bluetooth-tekniikkaa käyttäen. Tässä vaihtoehdossa ei tarvitsisi rakentaa langatonta internet-verkostoa, mutta se vaatisi edelleen kiinteitä asemapaikkoja eri prosessivaiheiden ja varastopaikkojen luokse, jotta työntekijä saisi siirrettyä informaation ERP-järjestelmään. Tämän lähestymistavan kustannukset aiheutuvat kiinteiden asemapaikkojen asentamisesta ja ylläpidosta.

8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Asiakaslähtöisen toiminnan varmistamiseksi kohdeyrityksessä valmistetaan satoja puolivalmisteita yhdellätoista tuotanto-osastolla. JIT-periaatteen mukaisesti puolivalmisteiden on oltava valmiina oikealaatuisena, oikeamääräisenä ja juuri oikeaan aikaan, kun pakkaus alkaa. Onkin selvää, että mix-tuotantoon tarvitaan jokin järjestelmä kehittämään ja tukemaan tehtaan päivittäisiä toimintoja. Elintarvikkeiden ja niiden raaka-aineiden valmistajille kohdistettu FSSC-standardi tuo omat vaatimuksensa keväällä 2015.

Tutkimus on osa laajempaa kohdeyrityksen investointikonaisuutta. Tehdaskohtainen suunnitelma on usean vuoden kehityshanke, jonka tavoitteena on puolivalmisteiden varmempi, laadukkaampi ja tehokkaampi hallinta. Tarkoituksena on lisätä kilpailukykyä arvoketjuajattelun mukaisesti. Kilpailukykyä voidaan parantaa esimerkiksi parantamalla laatua, pienentämällä hävikkiä, lisäämällä tehokkuutta automatisoinnilla ja kehittämällä toimintoja kohti lean-ajattelua. Toimintojen tehostamiseen ja laadun parantamiseen kohdeyritys on soveltanut Toyotan tuotantojärjestelmään perustuvia SMED- ja 5-S-periaatteita jo pitkään. Lean-ajattelun mukaisesti prosesseissa tapahtuvaa hukkaa on hyvä lähestyä kahdeksan hukan ajattelumallilla, jolla pyritään tunnistamaan kaikki lisäarvoa tuottamattomat toiminnot ja pyrkiä sen jälkeen karsimaan niitä.

Tutkimuksen lähtökohtana oli kaksi tutkimuskysymystä. Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tarkoituksena oli selvittää tietoteknisten ratkaisujen soveltuvuutta kohdeyrityksen sisäisten tuotevirtojen hallintaan ja esittää sopivimman järjestelmän toimintaperiaate yleisellä tasolla. Toisen tutkimuskysymyksen avulla pyrittiin määrittämään, mitkä liikkeellepaneavat ja vastustavat voimat ohjaavat investointisuunnitelman etenemistä ja päätöksentekoa.

Haastattelut osoittivat kaksi ratkaisua tehtaan nykyiseen tilanteeseen. Yksi tapa on laajentaa nykyinen puolivalmisteverasto L:n muotoiseksi, jolloin kaikki tehtaan puolivalmisteet voitaisiin teoriassa saada yhteen paikkaan. Laajennus tukisi aikaisempaa ajattelutapaa siitä, että tuotevirrat saadaan liikuteltua järkevästi sinne, missä niitä tarvitaan. Tämä ei kuitenkaan yksin edistä sisäisten tuotevirtojen hallintaa ja seurattavuutta riittävälle tasolle. Toinen vaihtoehto on hankkia RFID-teknologian kaltainen tietotekninen järjestelmä edistämään prosessien läpinäkyvyyttä. Esimerkiksi puolivalmisteiden bufferi saataisiin pidettyä järkevällä tasolla, kun tiedettäisiin tarkasti, mitä puolivalmisteita olisi milläkin osastolla.

Internet of Things -aikakaudella hyödykkeiden seuranta ja tunnistus ovat keskeisessä roolissa, kun prosesseja optimoidaan koko arvoketjun läpi. Seuranta- ja tunnistustekniikoita vertailtaessa huomattiin, että viivakoodi ja RFID ovat nykyään yleisimmin käytettyjä lähipaikannusmenetelmiä valmistusteollisuudessa. Näiden teknologioiden käytöstä löytyy useita referenssejä elintarviketeollisuudesta toisin, kuin muista aikaisemmin käsitellyistä paikannusmenetelmistä, kuten Bluetooth- tai ultraäänipaikannuksista. Muut paikannusmenetelmät ovat yleisesti myös viivakoodia ja RFID-teknologiaa kalliimpia toteuttaa. RFID-teknologia on huomattavasti viivakoodia monipuolisempi ja hienostuneempi ratkaisu tehdasympäristöön, kuten aikaisemmin tehty vertailu osoitti. RFID-teknologia mahdollistaa kehittyneen informaation keräämisen ja hallinnan, mikä edistää tuotteiden läpinäkyvyyttä toimitusketjussa. RFID-teknologia tukee FSSC-standardin vaatimusta tuotteiden jäljitettävyyden osalta. Teknologian merkittävänä etuna pidetään myös sen standardeja, joiden tehtävänä on taata valmistajariippumattomuus.

Haastattelut osoittivat, että sisäisten tuotevirtojen seuranta- ja tunnistustekniikan avulla voitaisiin saavuttaa merkittäviä parannuksia nykyisiin käytäntöihin nähden. RFID-teknologian avulla yritys voi edistää tuotteiden seurantaa, mikä johtaa tarkempiin puolivalmisteiden saldoihin sekä hävikin, ylimääräisen työn ja

kokonaiskustannusten vähenemiseen. Haastatteluista saatujen tietojen mukaan sisäisten tuotevirtojen vajavainen seuranta ja FIFO-periaatteen manuaalinen toteuttaminen aiheuttavat vuositasolla yli 100 000 euron kokonaiskustannukset tuotanto- ja toimihenkilöiden keskuudessa, kun pakkaamo on kolmessa vuorossa (Liite 5). Luku ei sisällä myymälään meneviä puolivalmisteita, koska tällä hetkellä on vaikea sanoa tarkasti, mikä osuus myymälään menevistä puolivalmisteista johtuu vajavaisesta seurannasta. Henkilökunnan myymälään menevistä tuotteista saadaan vielä jotakin vastinetta valmistuskustannuksille. Voidaan kuitenkin todeta, että myymälään menevien puolivalmisteiden osuus kasvattaisi vuosittaisten kokonaiskustannusten määrää useilla tuhansilla euroilla. Luku ei myöskään sisällä puolivalmisteiden nykyisen hallinnan ja seurannan aiheuttamaa ylimääräistä työtä tuotannosuunnittelijoille, laboranteille ja laatupäällikölle, koska sitä on vaikea mitata. Finn-ID:n tekemän alustavan tarjouksen mukaan RFID-teknologian toteuttaminen tehtaalla tulisi maksamaan noin 200 000 euroa ilman kokonaisvaltaista tuotannonohjausjärjestelmää (MES) ja sen integrointia. Teknologian takaisinmaksuajan voidaan arvioida olevan siten parin vuoden luokkaa tutkimuksessa esitettyjen kustannuslaskelmien perusteella.

Force Field -analyysityökalun avulla päästiin vertailemaan muutosprosessiin vaikuttavia liikkeellepanevia ja vastustavia voimia halutulla tavalla. Suurin osa liikkeellepanevista ja vastustavista voimista perustuu haastatteluista saatuun informaatioon ja loput voimat on määritelty kirjallisuustutkimuksen pohjalta sekä tutkimalla muita saman mittakaavan hankkeita. Itse analysointi toteutettiin siten, että kaikki voimat käytiin yksitellen läpi asiantuntevan työryhmän kanssa. Analyysin lopputuloksena liikkeellepanevat ja vastustavat voimat saatiin arvioitua asteikolla yhdestä (heikko) viiteen (vahva). Puolivalmisteiden parempaa seurattavuutta ja tarkempia puolivalmistesaldoja pidettiin tärkeimpänä yksittäisenä liikkeellepanevana voimana, kun taas muita liikkeellepanevia voimia pidettiin yhtä tärkeinä kohdeyrityksen kilpailukyvyn edistämisen kannalta. Työntekijöiden muutosvastarintaa ei pidetty kovinkaan merkittävänä asiana muihin vastustaviin voimiin nähden.

Asiantuntevan työryhmän antamien kommenttien mukaan oikean toimittajan valinta ja projektin rahoittaminen sekä luentatarkkuus ovat muutosprosessin kannalta tärkeimmät vastustavat voimat. Varsinkin näin taantumana aikana investointeihin on vaikeampi saada rahoitusta. Rahoitusta suunniteltaessa kannattaa ottaa selvää erilaisista avustuksista, joita esimerkiksi Tekes on myöntänyt vastaavanlaisiin projekteihin. Tutkimuksessa esitettyjen hyötyjen ja kustannuslaskelmien mukaan RFID-tekniikan hankinta tehtaalle olisi perusteltua. Oikean toimittajan valinta on erittäin tärkeää, koska pahimmassa tapauksessa implementointi voi epäonnistua ja aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia, jotka kumuloituvat ajan myötä. Toimittajan aikaisemmat referenssit samalta toimialalta kertovat yrityksen soveltuvuudesta. Ongelmatilanteiden välttämiseksi kannattaa lopulta päätyä yhden ratkaisutoimittajan malliin, koska käytäntö on osoittanut, että se on ehdottomasti paras tapa tuotantosovellusten käyttöönotossa.

Huolellisesta suunnittelusta ja implementoinnista huolimatta ongelmia saattaa ilmentyä lukutilanteissa. Ongelmia aiheuttavat usein tehtaan rakenteelliset esteet, jotka estävät kunnollisen signaalin syntymisen. RFID-tekniikan kehityksen myötä luettavuus voidaan kuitenkin saada nykyään lähelle sataa prosenttia. Tämä vaatii huolellista testausta oikeassa tehdasympäristössä. RFID-tekniikan yhdistäminen ERP-järjestelmään arvioitiin myös yhdeksi tärkeimmistä vastustavista voimista. Toimittajilla on usein valmiita moduuleita integrointien tekoon, koska järjestelmien välisiä integrointeja on tehty jo vuodesta 2004 alkaen. Integraation onnistuminen edellyttää ERP-toimittajan, teknologiatoimittajan ja kohdeyrityksen ERP-asiantuntijoiden yhteistyötä. Kustannuslaskelmissa pitää huomioida järjestelmän tukipalvelut, kuten ylläpito- ja päivystyskustannukset.

Tutkimus toimii esiselvityksenä mahdollisen tekniikan implementoinnissa ja on osa tehtaana laajempaa investointikokonaisuutta. Tutkimuksen mukaan voidaan todeta, että RFID-tekniikan avulla kohdeyrityksen sisäisiä tuotevirtoja saataisiin edistettyä nykyisiin toimintoihin nähden. Kohdeyrityksen tarkoituksena on

seuraavaksi testata RFID-tunnistimien luettavuutta sekä kestävyyttä laatikoissa puolivalmistevarastossa olevan puhtaslaatikkorobottisolun yhteyteen rakennetussa testiympäristössä. Tämä testivaihe on välttämätön siitä huolimatta, ettei testiympäristön toteuttava Finn-ID olisikaan lopullinen teknologian toimittaja. Finn-ID ei ole aikaisemmin tehnyt näin laajaa toteutusta RFID-teknologian ja ERP-järjestelmän välillä, mikä pitää ottaa huomioon lopullista toimittajavalintaa tehtäessä. Esimerkiksi Trimasterilla ja Siemensillä on referenssejä RFID-teknologian käyttöönotoista, mikä tekee yrityksistä potentiaalisia toimittajia. Onnistuneiden testien jälkeen tulisi suunnitella pilotin toteuttaminen laajemmassa mittakaavassa ja valita lopullinen RFID-toimittaja.

9 JATKOKEHITTÄMISKOHTEET

Tutkimuksen avulla kohdeyritykselle löydettiin jatkokehittämiskohteita. RFID-teknologia ei itsessään paranna työntekijöiden välistä kommunikointia tai tiimityötä. Haastattelujen mukaan esimerkiksi laatu päätöksiä tehdään välillä päällekkäin, eikä informaatio kulje aina kaikille sitä tarvitseville osapuolille. Tämä aiheuttaa usein lisätyötä ja sekaannusta. Haastatteluissa huomattiin, että puolivalmisteveraston Excel-taulukon ylläpidossa on eroavaisuuksia, mikä aiheuttaa helposti satojen kilojen heiton puolivalmisteen todelliseen kilomäärään. Päivittäisten käytäntöjen tulisi parantua ja tarkentua ennen järjestelmän käyttöönottoa.

Tietoteknisen järjestelmän merkitys kasvaa teollisuuden siirtyessä varasto-ohjautuvasta tuotannosta kohti tilausohjautuvaa tuotantoa eli imuohjausta. Reaaliaikaisen järjestelmän avulla varastotasot ja tuotantomäärät saadaan optimoituja parhaalla mahdollisella tavalla. Tuotannonohjausmuotoja kannattaa kuitenkin vaihdella yrityksen sisällä esimerkiksi tuotteittain tai valmistusvaiheittain niin, että toimitusketjusta saadaan mahdollisimman tehokas. Puolivalmisteiden seuranta- ja tunnistustekniikan sekä tehtaan toimintojen automatisoinnin myötä kohdeyritys olisi nykyaikaisempi ja kilpailukykyisempi kuin koskaan. Tulevaisuuden jatkokehittämismahdollisuudet RFID-teknologian osalta koskevat raaka-aineita ja pakkaustarvikkeita. Erilaiset materiaalit tarvitsevat puolivalmisteiden tapaan seuranta- ja tunnistustekniikan, jotta saldot pysyvät tasapainossa. Tutkimus oli rajattu koskemaan ainoastaan yhtä kohdeyrityksen neljästä tehtaasta, mikä jättää mahdollisuuden RFID-teknologian soveltamiselle myös muilla tehtailla tulevaisuudessa.

LÄHTEET

Kirjallisuus

Ahsan, K. 2011. RFID Components, Applications and System Integration with Healthcare Perspective. Deploying RFID-Challenges, Solutions, and Open Issues. Staffordshire University. s. 27–50.

Aksulit Oy. 2014. Innovatiivisia apuvälineitä meijerien prosessien ja logistiikan ohjaukseen. [www-dokumentti]. [Viitattu 10.11.2014]. Saatavissa: <http://www.aksulit.com/asiakkaitamme/valio>

Beckhoff. 2009. TwinCAT RFID Library. s. 1–6.

Bell, A. Inkiläinen, A. Ritvanen, V & Santala, J. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Saarijärven Offset Oy. 252 s.

Bryman, A & Bell, E. 2007. Business Research Methods. Oxford University Press Inc. New York. 765 s.

Chaves, L & Nochta, Z. 2010. Breakthrough Towards the Internet of Things. Springer US. s. 25–38.

Chen, J. Cheng, C. Huang, C. Huang, P. Ting, T & Wang, K. 2013. Warehouse management with Lean and RFID application: a case study. Springer-Verlag London 2013. April/2013, s. 531–542.

Chongwatpol, J & Sharda, R. 2013. Achieving Lean Objectives through RFID: A Simulation-Based Assessment. Decision Sciences Journal. Vol. 44, nro. 2 April/2013, s. 239–266.

Christopher, M. 2005. Logistics and Supply Chain Management – Creating Value-Adding Networks. Pearson Education Limited. 299 s.

Dash, D. 2011. Supply Chain Management: The RFID Advantage. IUP Journal of Supply Chain Management. s. 42–57.

Delen, D. Hardgrave, B & Sharda, R. 2007. RFID for Better Supply-Chain Management through Enhanced Information Visibility. Productions and Operations Management Society. Vol. 16, nro. 5, September-October, s. 613–624.

Dragan, S & Zdravko, T. 2006. RFID Middleware as a Connection Between Manufacturing Processes and Enterprise Level Information System. Mechanical Engineering. Vol. 4, nro. 1, May/2006, s. 63–74.

Goshey, M. 2008. Radio Frequency Identification (RFID). Springer US. s. 943–1012.

Hirsjärvi, S. Remes, P & Sajavaara, P. 2010. Tutki ja kirjoita. Kariston Kirjapaino Oy. 464 s.

Kerber, B & Dreckshage, B. 2011. Lean Supply Chain Management Essentials. A Framework Materials Managers. CRC Press, Taylor and Francis Group. 258 s.

Kosasi, S & Saragih, H. 2014. How RFID technology boosts Walmart's supply chain management. Internation Journal of Information Technology and Business Management. Vol. 24, nro. 1, April/2014, s. 29–37.

Lebmöllmann, C. 2005. Implementing RFID with SAP – How to gain the best benefits from your RFID implementation. s. 1–2.

Lee, G. Howard, D & Slezak, D. 2011. Convergence and Hybrid Information Technology. Springer. s. 1–787.

Ling, L. 2007. Supply Chain Management: Concepts, Techniques and Practices – Enhancing Value Through Collaboration. World Scientific Publishing CO. 347 s.

Maticевич, G. Cicak, M & Lovric, T. 2011. RFID and Supply Chain Management for Manufacturing Digital Enterprise. s. 517–536.

McCathie, L. 2004. The advantages and disadvantages of barcode and radio frequency identification in supply chain management. University of Wollongong. s. 1–123.

Myerson, P. 2012. Lean supply chain and logistics management. The McGraw Companies. 270 s.

Nainan, S. Parekh, R & Shah, T. 2013. RFID Technology Based Attendance Management System. International Journal of Computer Science Issues. Vol. 10, nro. 1, January/2013, s. 516–521.

Nurminen, T. & Kalliokoski, S. 2007. RFID-tunnistuksen parhaat käytännöt: Kuinka toteutan onnistuneen RFID-projektin. s. 4–15.

Preradovic, S & Karmakar, N. 2012. Multiresonator-Based Chipless RFID. Springer. s. 1–163.

Rainio, A. 2003. Paikannus mobiilipalveluissa ja sovelluksissa. Tekes, Teknologia katsaus. s. 1–13.

Ramalingam, B. 2006. Tools for Knowledge and Learning: A Guide for Development and Humanitarian Organisations. Overseas Development Institute. s. 1–87.

RFID Lab Finland Ry. 2014a. [www-dokumentti]. [Viitattu 3.11.2014]. Saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/j%C3%A4senyrykset>

RFID Lab Finland Ry. 2014b. [www-dokumentti]. [Viitattu 3.11.2014]. Saatavissa: <http://rfidlab.fi/rfid-tekniikan-perusteet>

Roberti, M. 2010. Wal-Mart Relaunches EPC RFID Effort, Starting With Men's Jeans and Basics. RFID Journal. [www-dokumentti]. [Viitattu 18.2.2015]. Saatavissa: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?7753/>

Schmidt, M. Thoroë, L & Schumann, M. 2013. RFID and Barcode in Manufacturing Logistics: Interface Concept for Concurrent Operations. Taylor and Francis Group, LLC. s. 100–115.

Seppä, H. 2011. RFID-etätunnistus – mahdollisuudet ja uhat. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu. VTT. s. 1–21.

SFS RY 2010. RFID. Osa 1: Johdatus tekniikkaan. 1 painos. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. s. 1–184.

Sheldon, D. 2007. Lean Materials Planning and Execution. A Guide to Internal and External Supply Management Excellence. J. Ross Publishing. 272 s.

Swedberg, C. 2013. Finnish Dairy Company Tracks Products Via Carts With RFID-tagged Wheel. RFID Journal. [www-dokumentti]. [Viitattu 18.2.2015] Saatavissa: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?11179/>

Turck. 2014. Barcode versus RFID: What's the difference? May/2014, s. 25–26.

Uckelmann, D. 2012. Quantifying the Value of RFID and the EPCglobal Architecture Framework in Logistics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 167 s.

Waters, D. 2003. Logistics. An Introduction to Supply Chain Management. Palgrave Macmillan. 350 s.

Weinstein, R. 2005. RFID: A Technical Overview and Its Application to the Enterprise. IEEE Computer Society. May/June/2005, s. 27–33.

Zhang, M. Jiao, Y. Zhang, F & Wang, W. 2009. Design of Antennas for RFID Application. Development and Implementation of RFID Technology. February/2009, s. 13–46.

Zhu, Z. Tan, J. Ren, H. Ni, W & Guan, Q. 2012. RFID application in manufacturing: A case study on a pilot RFID project in household appliance production. International Journal of Computer Integrated Manufacturing. Vol. 25, nro. 1, January/2012, s. 3–10.

Haastattelut

Laatupäällikkö	30. lokakuuta 2012
Laborantti	26. marraskuuta 2012
Laborantti	26. marraskuuta 2012
Laborantti	26. marraskuuta 2012
Prosessikehittäjä	26. marraskuuta 2012
Trukkikuski	3. joulukuuta 2012
Tuotannosuunnittelija	30. marraskuuta 2012
Tuotannosuunnittelija	30. marraskuuta 2012
Tuotantoassistentti	28. marraskuuta 2012
Tuotantoassistentti	2. joulukuuta 2012

LIITE 1/5. Haastattelulomake

Tämän haastattelulomakkeen tarkoituksena on tutkia RFID-järjestelmän soveltuvuutta kohdeyrityksen sisäisten materiaalivirtojen hallinnassa sekä sen tuomia hyötyjä/vaikutuksia nykyiseen toimintaan. Haastattelut taltioidaan litterointia ja myöhempiä analysointia varten. Kaikki haastattelujen tulokset pysyvät anonyymeinä.

RFID (Radio Frequency Identification) on yleisnimitys radiotaajuuksilla toimiville tekniikoille, joita käytetään tiedon etälukuun ja -tallentamiseen. RFID-tunniste kiinnitetään kohteeseen, jonka jälkeen RFID-lukijalla voidaan lukea tai kirjoittaa tietoa. RFID-teknologia voidaan rinnastaa viivakoodiin. Teknologiaa käytetään yleisesti logistiikassa tavaravirtojen seurantaan ja hallintaan.

- 1 Oman työn kuvaus
- 2 Mitä ongelmia/kehityskohteita näkisit nykyisessä työssäsi liittyen puolivalmisteiden seurantaan?
- 3 Kuinka parantaisit puolivalmisteiden seurantaa tehtaallasi?
- 4 Kuinka paljon aikaa sinulla menee keskimäärin viikossa, puolivalmisteisiin liittyvien epäselvyyksien selvittämiseen? (esim. etsiminen, laadun tarkastaminen, saldovirheiden korjaaminen)
- 5 Mitä ongelmia/lisätöitä sinulle aiheutuu puolivalmisteiden vanhenemisesta?
- 6 Näkisitkö, että sisäisen tuotevirran reaaliaikaisesta seurannasta olisi hyötyä työssäsi ja jos kyllä, miten?
- 7 Kannattaisitko RFID-teknologian soveltamista tehtaalla? (Kyllä / Ei)

LIITE 2/5. Saldojen ylläpitoon kuluvan ajan seurantataulukko (Assistentti A)

Tämän viikkotasaisen seurannan tarkoituksena on tutkia, kuinka paljon tuotantoassistentteilla menee aikaa päivittäin puolivalmisteisiin liittyvien saldojen ylläpitoon tehtaalla. Seuranta koskee tällä hetkellä manuaalisesti tapahtuvaa saldojen ylläpitoa. Esimerkiksi viikko-ohjelmien valmistuskirjausseuranta ei kuulu tähän seurantaan.

Vko 43	Aika (h)
Maanantai	0
Tiistai	0,5
Keskiviikko	0
Torstai	0,5
Perjantai	0,5
Yhteensä	1,5

Vko 44	Aika (h)
Maanantai	0
Tiistai	0,5
Keskiviikko	1
Torstai	1
Perjantai	0,5
Yhteensä	3

Vko 45	Aika (h)
Maanantai	0
Tiistai	0
Keskiviikko	0,5
Torstai	0,5
Perjantai	0,5
Yhteensä	1,5

Vko 46	Aika (h)
Maanantai	0
Tiistai	0,25
Keskiviikko	0,5
Torstai	0,25
Perjantai	0,75
Yhteensä	1,75

LIITE 3/5. Saldojen ylläpitoon kuluvan ajan seurantataulukko (Assistentti B)

Tämän viikkotasaisen seurannan tarkoituksena on tutkia, kuinka paljon tuotantoassistentteilla menee aikaa päivittäin puolivalmisteisiin liittyvien saldojen ylläpitoon tehtaalla. Seuranta koskee tällä hetkellä manuaalisesti tapahtuvaa saldojen ylläpitoa. Esimerkiksi viikko-ohjelmien valmistuskirjausseuranta ei kuulu tähän seurantaan.

Vko 43	Aika (h)
Maanantai	1
Tiistai	0,5
Keskiviikko	0,5
Torstai	0,5
Perjantai	0
Yhteensä	2,5

Vko 44	Aika (h)
Maanantai	0
Tiistai	0,5
Keskiviikko	0,5
Torstai	1
Perjantai	0,5
Yhteensä	2,5

Vko 45	Aika (h)
Maanantai	0,5
Tiistai	0
Keskiviikko	0
Torstai	0,5
Perjantai	0
Yhteensä	1

Vko 46	Aika (h)
Maanantai	0,5
Tiistai	0,5
Keskiviikko	0
Torstai	0,5
Perjantai	0
Yhteensä	1,5

LIITE 4/5. Saldojen ylläpitoon kuluvan ajan seurantataulukko (Assistentti C)

Tämän viikkotasaisen seurannan tarkoituksena on tutkia, kuinka paljon tuotantoassistentteilla menee aikaa päivittäin puolivalmisteisiin liittyvien saldojen ylläpitoon tehtaalla. Seuranta koskee tällä hetkellä manuaalisesti tapahtuvaa saldojen ylläpitoa. Esimerkiksi viikko-ohjelmien valmistuskirjausseuranta ei kuulu tähän seurantaan.

Vko 43	Aika (h)
Maanantai	1
Tiistai	0,5
Keskiviikko	0,5
Torstai	0,25
Perjantai	0,5
Yhteensä	2,75

Vko 44	Aika (h)
Maanantai	1
Tiistai	0,5
Keskiviikko	0,5
Torstai	1
Perjantai	1
Yhteensä	4

Vko 45	Aika (h)
Maanantai	0,5
Tiistai	0,5
Keskiviikko	0
Torstai	0,5
Perjantai	0,5
Yhteensä	2

Vko 46	Aika (h)
Maanantai	0,25
Tiistai	0,5
Keskiviikko	0,25
Torstai	0,5
Perjantai	0,25
Yhteensä	1,75

LIITE 5/5. Kohdeyrityksen nykyisiä kustannuseriä

HÄVIKIN AIHEUTTAMAT KUSTANNUKSET

Puolivalmisteverastoon vanhenevat tuotteet, jotka joutuvat biojätteeksi

Vuosi	Määrä (kg)	ka. €/kg	Hävikki (€)
2012	16 095	1,70	27 362
2013	12 933	1,70	21 986
2014	8 200	1,70	13 940

Vuoden 2014 luvut ovat tammi-syyskuun väliseltä ajanjaksolta

Myymälään menevät tuotteet

Vuosi	Määrä (kg)	ka. €/kg	Hävikki (€)
2012	101 000	1,70	85 850
2013	77 000	1,70	65 450
2014	49 000	1,70	41 650

Vuoden 2014 luvut ovat tammi-syyskuun väliseltä ajanjaksolta

YLIMÄÄRÄISEN TYÖN AIHEUTTAMAT KUSTANNUKSET

Trukkikuskeilla

Vuorojärjestelmä	Trukkikuskit	Palkka (€/h)	Arkipäivät / vuosi	Kustannukset (€)
1-vuoro	3	30,00	240	21 600
2-vuoro	6	30,00	240	43 200
3-vuoro	9	30,00	240	64 800

Tuotantoassistentteilla

Assistentti	ka. Aika (h/pv)	Palkka (€/h)	Arkipäivät / vuosi	Kustannukset (€)
A	0,39	30,00	240	2790
B	0,38	30,00	240	2700
C	0,53	30,00	240	3780
Yhteensä				9270

+ Puolivalmisteveraston inventaario 7200 euroa vuodessa