

**Antti Tainio**

**RFID-TUNNISTUS PAKKAUSPROSESSIIN**

**Opinnäytetyö**

**KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU**

**Tuotantotalous**

**Marraskuu 2010**



TIIVISTELMÄ

<b>Yksikkö</b> Ylivieska	<b>Aika</b> Marraskuu 2010	<b>Tekijä/tekijät</b> Antti Tainio
<b>Koulutusohjelma</b> Tuotantotalous		
<b>Työn nimi</b> RFID-tunnistus pakkausprosessiin		
<b>Työn ohjaaja</b> Tutkimusyliopettaja Sakari Pieskä		<b>Sivumäärä</b> 40
<b>Työelämäohjaaja</b> Kehityspäällikkö Osmo Laitila		
<p>Tämä RFID-tekniikkaa käsittelevä insinöörityö tehtiin Tiivituote Oy:n toimeksiannosta. RFID-tekniikka on nimitys radiotaajuuksilla toimiville etätunnistustekniikoille. RFID-tekniikka on yleistynyt viime vuosina runsaasti ja monet yritykset ovat lähteneet kehittämään tuotantoprosessia sen avulla.</p> <p>Työn tavoitteena oli tutkia RFID-tekniikan soveltuvuutta Haapajärven tehtaan pakkaamon tarpeisiin. Työssä pohdittiin tekniikan käyttöönoton kannattavuutta ja soveltuvuutta yrityksen tarpeisiin.</p> <p>Työssä suoritettiin myös pienimuotoinen testiohjelma, jossa selvitettiin komponenttien toimivuutta tehdasympäristössä sekä tutkittiin pakkausprosessin paperityöhön kuluvaan aikaan. Tämän insinöörityön tietoja voidaan hyödyntää, mikäli yritys harkitsee investoimista RFID-tekniikkaan.</p>		

<b>Avainsanat</b>  [RFID, tuotantoprosessi, etätunnistus, viivakoodi]
---

ABSTRACT

<p><b>CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b></p>	<p><b>Date</b> November 2010</p>	<p><b>Author</b> Antti Tainio</p>
<p><b>Degree programme</b> Industrial management</p>		
<p><b>Name of thesis</b> Radio Frequency Identification in packing process</p>		
<p><b>Instructor</b> Senior Research Scientist Sakari Pieskä</p>		<p><b>Pages</b> 40</p>
<p><b>Supervisor</b> Development Manager Osmo Laitila</p>		
<p>The subject of this thesis work was RFID-technology, and it was commissioned by Tiivituote Ltd. RFID is a commonly used term for remote identification technology that works on radio waves. This new technology has become very common during the last few years and many companies have started to develop their production processes by using RFID.</p> <p>The purpose of this work was to find out if the RFID-technique could be used at the packing department of Tiivituote Ltd. factory. The Aim was also to calculate the profitability and suitability of RFID for the needs of the company.</p> <p>The work also included a small-scale test program through which the functioning of the components in the manufacturing environment and the time used for the paperwork of the packaging process were examined. The results of this study can be utilized if the company is considering investing in RFID technology.</p>		
<p><b>Key words</b></p> <p>[RFID, production process, remote identification, barcode]</p>		

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Tehtävän kuvaus .....	1
1.2 Tiivituote Oy.....	1
<b>2 RFID- TEKNIIKAN PERUSTEET</b> .....	<b>2</b>
2.1 RFID- tekniikka .....	2
2.2 Historia.....	2
2.3 Järjestelmässä käytettävät komponentit.....	5
2.3.1 Järjestelmän toimintaperiaate .....	5
2.3.2 Aktiivi- ja passiivitunnisteet.....	5
2.3.3 RFID-lukija .....	7
2.4 Taajuusalueet .....	7
2.4.1 Lähikenttä.....	8
2.4.2 Kaukokenttä .....	8
2.4.3 LF (Low Frequency).....	8
2.4.4 HF (High Frequency).....	9
2.4.5 UHF (Ultra High Frequency).....	9
2.4.6 Mikroaallot.....	10
<b>3 HAASTEITA</b> .....	<b>11</b>
3.1 Standardit.....	11
3.2 Tietoturva .....	11
3.2.1 Tunnistintörmäys (tag collision).....	11
3.2.2 Lukijatörmäys (reader collision).....	12
3.2.3 Salaus .....	12
3.3 RFID:n vertailua viivakoodiin .....	12
3.4 Yhteenveto .....	13
<b>4 ESIMERKKEJÄ RFID-TEKNIIKAN TOTEUTUKSESTA</b> .....	<b>15</b>
4.1 Honkarakenne.....	15
4.2 Nokia.....	16
4.3 ABB.....	16
<b>5 ONNISTUNEEN RFID- PROJEKTIN TOTEUTUS</b> .....	<b>18</b>
5.1 Projektin aloitus .....	18
5.2 Pilotointi .....	19
5.3 Takaisinmaksu.....	20
<b>6 RFID-TESTAUS TIIVILLÄ</b> .....	<b>21</b>
6.1 Nykytilan kartoitus .....	21
6.1.1 Tuotanto yleisellä tasolla ja tuotteen valmistuminen .....	21
6.1.2 Valmiin tuotteen lavoitus ja lavan lähetys .....	22
6.1.3 Kuljetusten suunnittelu .....	22
6.2 Testisuunnitelma.....	23
6.2.1 Testattavat asiat.....	23
6.2.2 Testaustapa.....	24
6.2.3 Aikataulu.....	25
6.3 Testilaitteisto .....	25
6.3.1 Kämmenlukija .....	26
6.3.2 Tagi .....	27
6.4 Testauksen kulku .....	27

6.5 Tunnistustapahtuma .....	29
6.6 Tulokset.....	32
7 INVESTOINTI .....	35
7.1 Kustannusarvio .....	36
8 POHDINTA .....	37
LÄHTEET .....	39

## **1 JOHDANTO**

### **1.1 Tehtävän kuvaus**

Tässä insinööriyössä on pyritty tuomaan esille RFID-tekniikan käyttömahdollisuuksia asiakasyrityksen pakkaustoiminnassa. Asiakasyrityksessä toteutetaan myös pienen mittakaavan testaus, jonka tarkoituksena on selvittää miten tekniikka toimii yrityksen toimintaympäristössä.

Työssä kerrotaan perustietoa RFID-tekniikasta, sen käyttöönotosta ja mahdollisuuksista. Tarkoituksena on myös tuoda esille testauksen tulokset sekä johtopäätökset tekniikan kannattavuudesta ja toimivuudesta kyseisessä kohteessa.

Insinööriyön tavoitteena on selvittää RFID-tekniikan käyttömahdollisuuksia sen toimintaympäristössä. Asiakasyrityksen tavoitteena on paperiton tuotanto, joten tämän työn tarkoituksena on myös tuoda esille RFID-tekniikan siihen suomat mahdollisuudet. Työn tavoitteena on myös antaa tukea RFID-investoinnin aloittamiseen.

### **1.2 Tiivituote Oy**

Tiivituote Oy on Haapajärvinen ikkuna- ja ovitehdas, joka on aloittanut toimintansa kyseisellä paikkakunnalla vuonna 1977. Haapajärven tehdas toimii kahdessa vuorossa ja työllistää 222 henkilöä. Alihankkijoiden ja yhteistyökumppaneiden muodossa Tiivituote Oy tarjoaa työtä usealle sadalle henkilölle. Tuotantotilaa löytyy 8200m<sup>2</sup> sekä vuosittainen tuotantokapasiteetti on 170 000 Tiivi-yksikköä. Nykyään Tiivituote Oy on osa suurta Pohjoismaista Inwido- konsernia, johon kuuluu yhteensä 68 puurakenteisia ikkunoita ja ovia valmistavaa tehdasta.

Tiivituotteen palvelut koostuvat mittaus- sekä suunnittelupalveluista, yksilöllisestä valmistuksesta sekä asennuksesta. Yrityksen markkina-alue kattaa koko Suomen.

## 2 RFID- TEKNIIKAN PERUSTEET

### 2.1 RFID- tekniikka

Radio Frequency Identification (RFID) on yleinen termi, jota käytetään kuvaamaan järjestelmää, joka välittää tietoa yksilöllisen sarjanumeron muodossa. Tieto välittyy langattomasti radioaaltojen avulla ja on sen jälkeen ihmisten käytettävissä. Tieto tallennetaan erilaisiin tunnisteesiin ja luetaan RFID-lukijalla. Automaattisen tunnistuksen tekniikoita (Auto-ID) on myös muita, kuten viivakoodit, optiset lukijat ja biometriset tunnistukset esimerkiksi verkkokalvon skannaukset. Auto-ID tekniikoita on otettu käyttöön, ettei ihmisten tarvitsisi syöttää tietoja käsin. Auto-ID tekniikka säästää myös aikaa ja tekee tiedonsiirrosta vaivatonta. Jotkut Auto-ID tunnistukset vaativat etiketin tai tunnisteen manuaalista tiedonlukua, jotta tieto saadaan siirtymään. (RFID Journal 2010.) RFID-tekniikka mahdollistaa tiedon siirtämisen atk-järjestelmään automaattisesti, joten manuaaliselta toiminnalta vältytään. Juuri tätä varten RFID- tekniikka on suunniteltu.

### 2.2 Historia

Radioaaltoihin liittyvät teoriat ovat saaneet alkusysäyksensä jo 1800-luvulla, jolloin monen fyysikon ponnistukset ja pitkäjänteinen työ loivat pohjan langattomalle tiedonsiirrolle.

Yksi keskeisimmistä fyysikoista oli Michael Faraday (1791–1867), joka opiskeli kemiaa ja fysiikkaa, mutta keskittyi pääsääntöisesti kemiaan. Myöhemmässä vaiheessa Faraday päätti alkaa tutkimaan sähkön ja magnetismin yhteyttä. Tämän tuloksena vuonna 1821 hän keksi laitteen, joka muutti sähkövirran liikkeeksi. Myöhemmin hän keksi myös magneettisen induktion. (Granlund 2001, 4-5)

James Clerk Maxwell (1831–1879) oli Faradayn tavoin yksi merkittävimmistä henkilöistä langattoman tiedonsiirron kehityksessä. Maxwell loi Faradayn ajatuksista matemaattiset yhtälöt, jotka muodostavat tärkeän kulmakiven sähkömagnetismin teoriassa. Maxwell pystyi osoittamaan, että sähkömagneettinen aaltoliike voidaan muodostaa myös keinotekoisesti ja se leviää valon nopeudella kaikkiin suuntiin. Maxwell julkaisi valo teoriansa vuonna 1865. Tässä teoriassa valo oli eräs sähkömagneettisen aaltoliikkeen muoto. Nykyään on tiedossa, että Maxwellin teorian mukaisia ilmiöitä ovat radioaallot, mikroaallot, infrapuna- valo ja näkyvä valo. Näitä ilmiöitä kutsutaan sähkömagneettiseksi säteilyksi. (Granlund 2001)

RFID- tekniikan juuret sijoittuvat toisen maailmansodan aikoihin yli 60 vuoden päähän. Toisessa maailmansodassa saksalaiset, japanilaiset, amerikkalaiset ja britit käyttivät kaikki Sir Robert Alexander Watson-Wattin kehittämää tutkajärjestelmään, jonka avulla voitiin varoittaa lähestyvistä lentokoneista. Ongelmana tämän tutkan käytössä oli, ettei voitu tietää oliko lähestyvä kone vihollisten vai ominen.

Watson-Wattin johdolla brittiläiset rupesivat kehittelemään ongelmaan ratkaisua. Jokaiseen britti- ja heidän liittolaisten koneisiin asennettiin lähetin, joka vastaanotti signaaleja tutka-asemilta. Signaalin saatuaan lähetin vastasi omalla hieman normaalista poikkeavalla tutkasignaalillaan, jolloin tunnistus pystyttiin tekemään. Tätä järjestelmää alettiin kutsua IFF ( Identity Friend or Foe)-järjestelmäksi. Tästä järjestelmästä on kehittynyt tänä päivänäkin käytetty lentokoneiden tunnistusjärjestelmä. (RFID Journal 2010.) Nykypäivän RFID perustuu tähän samaan ajatukseen. Signaali lähetetään mikrosirulle, joka aktivoituu ja heijastaa viestin takaisin (passiivinen järjestelmä) tai lähettää signaalin (aktiivinen järjestelmä).

Edistysaskeleet tutka- ja RF viestintäjärjestelmien kehityksessä jatkuivat läpi 1950 ja -60 lukujen. Tutkijat ja tiedemiehet ympäri maailman pyrkivät selvittämään kuinka esineitä voitaisiin tunnistaa etäältä radiosignaalien avulla. Ensimmäiset sovellukset otettiin käyttöön varashälyttimissä, jotka radioaaltojen avulla tunnistivat oliko tuote maksettu vai ei. Tuotteeseen kiinnitettiin yhden bitin sisältävä tunniste, joka oli joko kytketty päälle tai off- tilassa. Asiakkaan maksettua tuotteen tunniste siirtyi



off- tilaan ja muussa tapauksessa lukulaite havaitsi tunnisteiden ja laukaisi hälytyksen. (RFID Journal 2010)

Ensimmäisen RFID patentin sai Yhdysvaltalainen Mario W. Cardullo vuonna 1973. Cardullo patentoi ensimmäisen kirjoitettavan aktiivitunnisteen. Samana vuonna Kalifornialainen yrittäjä Charles Walton patentoi passiivisen transponderin, jota hän käytti oven avaamiseen ilman avainta. Avainkortin tunnistelähetin lähetti signaalin ovelle sijaitsevaan lukijaan. Ovi avautui, mikäli lukija havaitsi tunnisteelta oikean sarjanumeron. Walton lisensoi tätä tekniikkaa lukkovalmistajille ja muihin yrityksiin. (RFID Journal 2010)

RFID:n ensimmäisiä kaupallisia sovelluksia käytettiin tietulleissa. Tietulleissa käytettiin hyväksi 1980-luvun puolessavälissä kaupallistettua RFID-aktiivitunnistetta. Tämä tekniikka on saanut alkunsa Yhdysvalloissa Los Alamosissa 1970-luvulla, missä kehiteltiin tekniikkaa ydinmateriaalien seurantaan. Ydinmateriaalia kuljettaisiin autoihin asennettiin tunnistelähetin, joita lukemalla oikeat ajoneuvot pääsivät portista sisään. Juuri tätä tekniikkaa hyödynnettiin myöhemmin myös tietulleissa. (RFID Lab Finland 2010.)

Maatalousosaston pyynnöstä Los Alamosissa on kehitetty myös passiivinen RFID-tunnistelaikojen seurantaan. Ongelmana oli lehmien lääkkien seuraaminen. Oikeiden lääkeannosten seuraaminen oli haastavaa, koska vain tiettyjen lehmien tuli saada tiettyä lääkettä. Tähän oli ratkaisuna 125 kHz:n taajuudella toimiva passiivinen RFID-tunnistelaiket. (RFID Lab Finland 2010) Tämä järjestelmä on edelleen yleisesti käytössä.

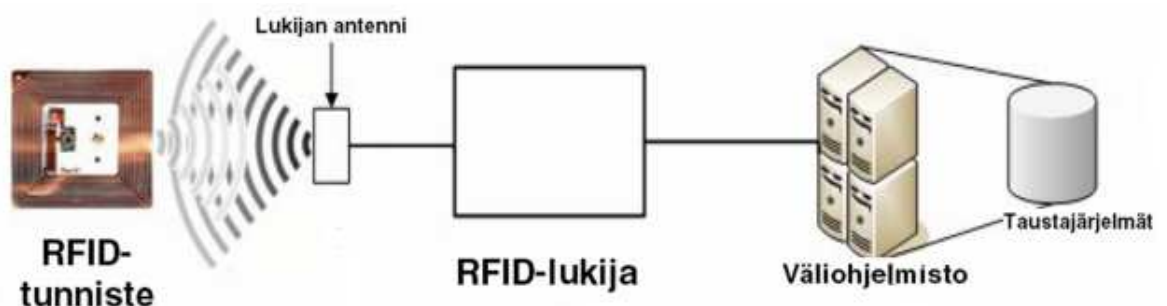
Ajan mittaan siirryttiin käyttämään 13,56 MHz:n HF taajuusalueella RFID-järjestelmissä. Tämä tarjosi nopeampaa tiedonsiirtoa ja pitempää kantoaluetta. Nykyään 13,56 MHz:n järjestelmiä käytetään mm. kulunvalvonnassa, maksujärjestelmissä ja auton käynnistyksen estojärjestelmissä. 1990-luvulla IBM:n insinöörit patentoivat ultra-high frequency (UHF) RFID-järjestelmän. UHF-järjestelmän taajuusalue on 860-930 MHz, joka mahdollistaa suuremman lukuetaisyyden ja nopeamman tiedonsiirron. IBM kuitenkin myi patenttinsa 1990-luvun puolessa välissä viivakodeihin erikoistuneelle Intermecille. (RFID Journal 2010)

UHF- taajuusalue on nykypäivän tekniikkaa ja sitä ollaan ajamassa logistiikkasovelluksiin ympäri maailman. Isot organisaatiot, kuten Depatement of Defence (USA), Wal-Mart (USA), Tesco (Britannia), Metro Group (Saksa) ovat toteuttamassa UHF- taajuusalueen RFID- järjestelmiä. (RFID Lab Finland 2010.) Logistiikan UHF- järjestelmät ovat löytäneet tiensä myös Suomen teolliseen toimintaan ja ovat jo tuotantokäytössä joissakin organisaatioissa.

## 2.3 Järjestelmässä käytettävät komponentit

### 2.3.1 Järjestelmän toimintaperiaate

Järjestelmä on pääperiaatteeltaan yksinkertainen. Se koostuu tunnistesta, joka on rakennettu antennin sisältävästä mikrosirusta ja lukulaitteesta, joka on varustettu antennilla. Lukulaitteen tehtävänä on lähettää elektromagneettisia aaltoja RFID-tunnisteelle. Aaltojen saavuttaessa tunnisteen antennin muodostuu magneettinen kenttä. Magneetikenttä antaa virtaa tunnisteen mikrosirulle, mikrosiru moduloi vastaanottamansa aallot ja lähettää ne takaisin lukulaitteeseen. Tämän jälkeen lukulaite voi kääntää aallot digitaaliseksi dataksi, joka on ihmisten käytettävissä. (Sarekoski 2010) Tästä eteenpäin tieto voidaan siirtää esimerkiksi yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään, joten tiedot pysyvät jatkuvasti ajantasalla.



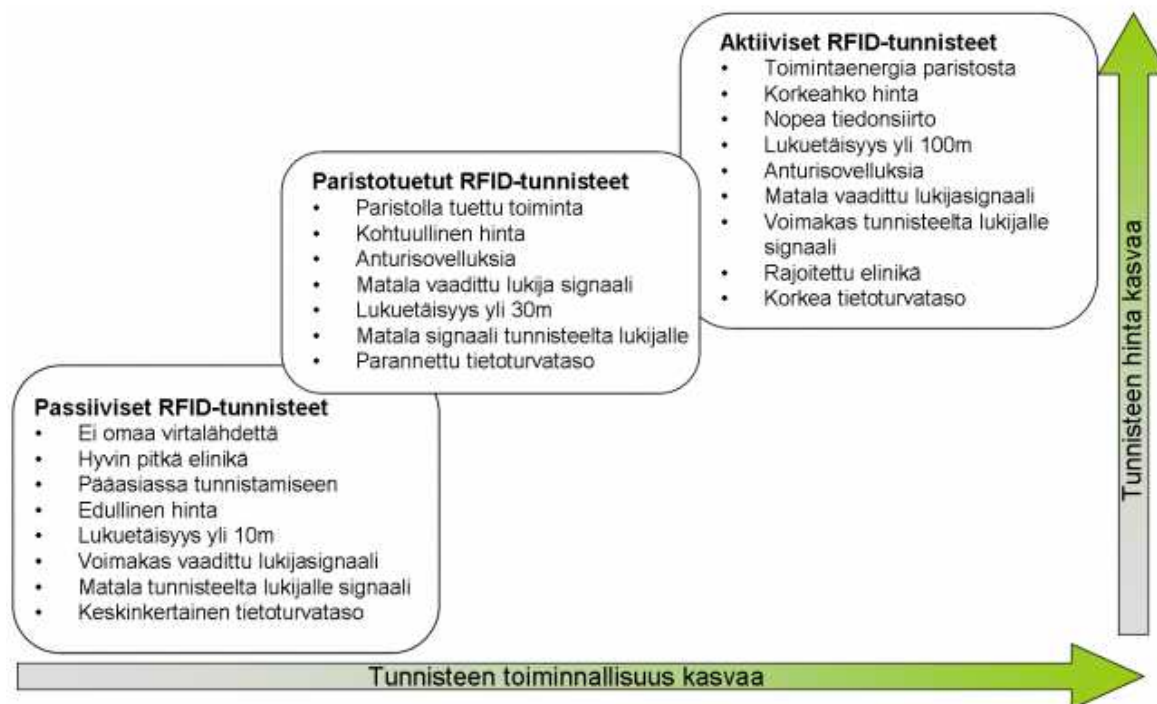
KUVA 1. Järjestelmään kuuluvat komponentit (RFID Lab Finland 2010)

### 2.3.2 Aktiivi- ja passiivitunnisteet

RFID-tunniste voi olla joko aktiivinen tai passiivinen. Aktiivisessa tunnisteessa on oma akku, mikä toimii virtalähteenä mikrosirulle ja sen avulla tunniste lähettää sig-

naalin lukulaitteeseen. Passiivisessa tunnisteessa ei ole akkua, koska se saa virtansa lukulaitteen lähettämistä elektromagneettisista aalloista. On myös olemassa puolipassiivisia tunnisteita. Puolipassiivissa tunnisteissa mikrosiru saa virtansa akulta, mutta kommunikaatiovirran ne saavat lukulaitteelta.

Aktiivi -ja puolipassiivitunnisteita käytetään yleensä pitkiin lukuetaisyyksiin (useita kymmeniä metrejä). Ne ovat kuitenkin kalliita verrattuna passiivitunnisteisiin, joten niiden käyttö taloudellisesta näkökulmasta täytyy miettiä tarkoin. Passiivitunnisteiden lukuetaisyys on huomattavasti pienempi (~3m), mutta ne ovat huomattavasti halvempia ja niitä käytetään yleensä edullisten hyödykkeiden tunnistukseen. Passiivitunnisteet eivät myöskään vaadi huoltoa kuten aktiivi -ja puolipassiivitunnisteet. (SFS 2010, 38-39).



KUVA 2. Kuvassa on vertailtu passiivisten, puolipassiivisten ja aktiivisten tunnisteiden toiminnallisuutta (RFID Lab Finland 2010)

### 2.3.3 RFID-lukija

RFID-lukijan yksi päätarkoituksista on kerätä tietoa tageista eli tunnisteista ja kirjoittaa sitä. Passiivisten ja puolipassiivisten tunnisteiden osalta lukija antaa käyttötehoa, jolloin tagi aktivoituu. RFID-lukija kommunikoi myös toiminnanohjausjärjestelmän tai muun sovellusjärjestelmän kanssa ja välittää tageilta saatua informaatiota eteenpäin. Lukijalla myös kirjoitetaan tietoa tageihin. Kirjoitusvaiheessa tuodaan sovellusjärjestelmästä saatu tieto tagiin. (Nummela 2006)

Lukija koostuu antennista ja lukulaitteesta. Antennin ominaisuudet vaikuttavat laitteen lukuetaisyyteen ja käyttöolosuhteisiin. Lukijalaite voi olla mm. portti, levymuotoinen antenni tai vaikkapa näppärän kokoinen käsipäätte. Lukija liitetään yleensä tietokoneeseen, joka tallentaa tiedon toiminnanohjausjärjestelmään. Laite kiinnitetään tietokoneeseen yleisimmin RS- tai Ethernet kaapelilla. Kannettavissa malleissa käytetään myös langattomia yhteyksiä, kuten Bluetooth tai WLAN (Wireless Local Area Network). (Nummela 2006)

### 2.4 Taajuusalueet

Taajuusalueet ovat olennainen osa RFID-järjestelmää. Tunniste ja lukija kommunikovat keskenään tietyllä taajuusalueella. Taajuusalueet voidaan jakaa kahteen osaan. Lähikentässä toimiviin LF (Low Frequency)- ja HF (High Frequency) taajuusalueisiin, jotka muodostavat induktiivisen kytkennän ja kaukokentässä toimiviin UHF (Ultra High Frequency)- ja mikroaaltotaajuuksiin, jotka muodostavat yhteyden radioaaltojen avulla.

Suurilla ja pienillä taajuuksilla on omat ominaisuutensa. Pienitaajuiset järjestelmät eivät vaadi näköyhteyttä ja ne pystyvät lukemaan ei-metallisten aineiden läpi. Tällaisia aineita ovat esimerkiksi rasva, pöly, lika, paperi, puu ja betoni. Toisaalta taajuuden pienentäminen vähentää lukuetaisyyttä. Suuritaajuiset järjestelmät ovat herkkiä ympäristön vaikutuksille, kuten heijastuksille ja kentän lähellä sijaitseville esineille. (Permala 2006)

### 2.4.1 Lähikenttä

Lähikentässä (Near Field) toimivassa järjestelmässä tunniste ja lukija pitävät sisälään kuparisia silmukoita, jotka muodostavat niiden antennit. Tunniste ja lukija kommunikoivat keskenään moduloimalla oskilloivaa (värähtelevää) magneettikenttää eivätkä varsinaisesti välitä radioaaltoja keskenään. Tämä toimintaperiaate on verrattavissa muuntajan toimintaan. (RFID Lab Finland 2010)

Oskilloiva magneettikenttä muodostuu, kun lukija johtaa vaihtovirtaa antennisilmukkaansa tietyllä taajuudella. Tästä syntynyt magneettikenttä indusoi vaihtovirran tunnisteeseen käämiin. Indusoitunut virta antaa toimintatehon tunnisteeseen sirulle. Sirussa sisältävän muistin avulla moduloidaan tunnisteeseen käämin virtaa, mikä näkyy magneettikentän yli lukijan antennisilmukan jännitteessä. (RFID Lab Finland 2010)

### 2.4.2 Kaukokenttä

Kaukokentän toiminta perustuu sähkömagneettisiin aaltoihin, jolloin päästään suurempiin etäisyyksiin kuin magneettikentän avulla. Kaukokenttä muodostuu, mikäli tunniste on yhtä aallonpituutta kauempana lukijasta. Lukijan ja tunnisteeseen välinen kommunikointi tapahtuu takaisinheijastusperiaatteella (engl. backscatter). UHF- ja mikroaaltotaajuus tekniikassa heijastus toimii siten, että lukija lähettää sähkömagneettisia aaltoja, tunnisteeseen antenni vastaanottaa aallot ja lähettää ne takaisin lukijalle sisältäen sirun tiedot. (RFID Finland 2010) Mikäli kyseessä on aktiivitunniste lukija ja tunniste kommunikoivat keskenään samaan tapaan kuin esimerkiksi kaksi radiota tai matkapuhelinta.

### 2.4.3 LF (Low Frequency)

Low frequency taajuusalueella toimitaan yleensä 125 kHz:n taajuudella. LF-taajuusalueen tunnisteet ovat yleensä passiivisia, joille on tyypillistä pienet luoketäisyydet. Matalat taajuudet ovat kuitenkin vähiten herkkiä erilaisille nesteille, metalleille, lumelle ja lialle. LF-järjestelmää ei käytetä enää kovin paljon uusissa

sovelluksissa. Nykyään sitä käytetään lähinnä kulunvalvonnan ja eläintunnistuksen sovelluksissa. (SFS 2010, 40-42)

#### **2.4.4 HF (High Frequency)**

HF-taajuusalueella toimitaan 13,56 MHz standarditaajuusalueella, joka on kansainvälisesti vapaa taajuus. Suurin mahdollinen lukuetaisyys on 1,5 metriä, mikäli olosuhteet ovat optimaaliset. Käytännössä lukuetaisyys vaihtelee 0,05-1,0 metrin välillä. HF-järjestelmiä käytetään paljon esimerkiksi kulunvalvonnassa, mutta myös uusia mielenkiintoisia käyttösovelluksia on käytössä. UHF-tekniikkaan verrattuna selkeitä etuja ovat kentän parempi läpäisykyky vettä sisältäviin aineisiin, kuten puihin ja ihmisiin. HF-tekniikka sietää myös paremmin häiriöitä teollisuusympäristössä, ei ole herkkä heijastuksille ja lukualue on helppo rajata. (SFS 2010, 40-42)

#### **2.4.5 UHF (Ultra High Frequency)**

UHF- taajuusalueita käytetään yleisesti ympäri maailmaa, mutta taajuudet ovat hieman erilaiset maasta riippuen. Esimerkiksi Yhdysvalloissa RFID-järjestelmien käyttämä UHF-taajuusalue on 902-928 MHz, kun taas Euroopassa sallittu taajuusalue toimii 869 MHz ympärillä. UHF- taajuusalueella toimivat RFID-järjestelmät ovat kohtuullisen uusi keksintö ja sillä on lupaava tulevaisuus etenkin logistiikan sovelluksissa. (RFID Finland 2010) UHF-tekniikkaa sovelletaan jo muutamissa suurissa yrityksissä, esimerkiksi Wal-Mart, Tesco ja Metro Group käyttävät UHF-tekniikkaa toimitusketjuissaan.

UHF- tekniikka toimii fysikaalisesti eri tavalla kuin HF ja LF- taajuusalueet. UHF tunnistuksessa on kysymys kaukokentästä (Far Field) kun taas HF ja LF tekniikassa lähikentästä (Near Field). Nykyään UHF taajuudelle on kehitetty ns. lähikenttä UHF tunnistaminen (Near Field UHF), koska perinteisessä kaukokentässä toimivassa UHF- tekniikassa on rajoitteita nesteiden ja metallien läheisyydessä. Lähikenttä UHF toimii tavallisella UHF-lukijalla ja erityisellä lähikenttä antennilla. Lähikentässä toimivissa tunnistesteissa on vain yksi antenni silmukka ja tavallinen UHF mikrosiru. Toiminta perustuu magneettikenttään, joten lukuvarmuus nestei-

den ja metallien lähellä on parempi kuin perinteisessä kaukokenttään perustuvasa UHF-tekniikassa. (RFID Finland 2010)

#### **2.4.6 Mikroaallot**

Mikroaaltoalueella käytetään yleisimmin 2,4 GHz taajuutta. Mikroaaltotunnistuksessa päästään suurempiin tiedonsiirtonopeuksiin, mutta lukualue on rajoituneempi kuin UHF-järjestelmissä. Mikroaalto-järjestelmät eivät kykene läpäisemään esineitä metallien tai nesteiden yhteydessä. Mikroaalloja käytetään lähinnä aktiivitunnistuksessa, jossa tunniste sisältää oman virtalähteen. (RFID Finland 2010). Käyttösovellukset rajoittuvat lähinnä tietulleihin ja konttien tunnistukseen.

## **3 HAASTEITA**

### **3.1 Standardit**

RFID-tekniikka on yleistynyt kansainvälisesti, sen edistymistä on kuitenkin hidastanut kaikille yhteisen taajuusalueen puute. Tämä on aiheuttanut ongelmia etenkin UHF-alueella, koska osassa maista tuon taajuusalueen osia on varattu jo mm. matkapuhelimille. Euroopassa taajuusalueena on 869MHz ympärillä toimivat taajuudet, kun taas USA:ssa ja Kanadassa käytetään 915MHz taajuutta. (VTT 2004)

Sallitut tehot ovat olleet myös erilaisia eri maiden välillä. Aikaisemmin Euroopassa lukijat saivat käyttää vain 0,5 W tehoa, kun taas USA:ssa vastaavat tehot ovat olleet moninkertaisia (4W). Tämä on johtanut siihen, että Euroopassa lukuetaisyydet ovat paljon lyhyempiä USA:han verrattuna. (VTT 2004) Vuonna 2005 viestintävirasto hyväksyi korkeammat tehorajoitukset Suomessa. Nykyään voidaan käyttää 2 W teholla toimivia lukijoita entisen 0,5 W sijaan. Korkeammat sallitut tehot ovat nykyään käytössä muuallakin Euroopassa. Muutos mahdollistaa pidemmän lukuetaisyyden sovellukset.

### **3.2 Tietoturva**

#### **3.2.1 Tunnistintörmäys (tag collision)**

Tunnistintörmäys on tilanne, jossa lukijan kentässä on useampi kuin yksi tunnistin. Tilanteen tekee ongelmalliseksi se, ettei lukija pysty erottamaan samaan aikaan tietojaan lähettäviä tageja toisistaan. Tagien tulisi lähettää tietonsa hieman eri aikaan, jotta lukija pystyisi lukemaan ne onnistuneesti. Nykyään on kehitelty ratkaisuja joiden avulla pystytään lukemaan 20-1000 tagia sekunnissa. Tämän lisäksi tarvitaan aikaa, jotta voitaisiin varmistaa, että kaikki kentässä olleet tunnistimet on varmasti luettu. Monissa nykypäivän sovelluksissa vaatimukset ovat niin kovia, että aihetta joudutaan edelleen tutkimaan ja kehittämään tehokkaampia ratkaisuja. (VTT 2004)



Yksi lukijatörmäyksiä vähentävä sovellus on blocker tag, joka lähettää yhtäjaksoisesti hälysignaalia ja estää siten lukijaa lukemasta muita lähistöllä olevia tageja. (VTT 2004)

### **3.2.2 Lukijatörmäys (reader collision)**

Lukijatörmäyksessä kaksi tai useampi lukija lukee saman tunnisteiden tietoja. Jos tunnistimen pitäisi olla vain jommankumman lukijan kentässä, tilanne on ongelmallinen. Ongelmaa voidaan ratkoa esimerkiksi lukijoiden sijaintia, tehoa (vaikuttaa lukuetaisyyteen) tai muita fyysisiä olosuhteita muuttamalla. (VTT 2004)

### **3.2.3 Salaus**

RFID-tunnisteiden olennaisimpia ominaisuuksia on edelleen luku- ja kirjoitusominaisuudet. Joissakin käyttösovelluksissa ja tapauksissa on kuitenkin tärkeää, että luku- ja kirjoitustapahtumaa voidaan rajoittaa vain valtuutetuille lukulaitteille. On myös tärkeää, että tagin itsetuhokäskey on vain valtuutetun lukijan saatavilla. Näitä seikkoja on pyritty ratkomaan lisäämällä tageihin salasanasuojauksia, mutta tois- taiseksi tekniikka on jäänyt melko heikoksi verrattuna muun tietotekniikan käyttä- miin suojauksiin. RFID-tunnistuksen yleistyessä tähän seikkaan tulisi kiinnittää erityisesti huomiota ja tarkistaa, mihin sovelluksiin nykyinen suojaustaso riittää ja missä sovelluksissa sitä pitäisi parantaa. (VTT 2004)

## **3.3 RFID:n vertailua viivakoodiin**

Viivakoodit ovat id-tunnistusjärjestelmistä yleisin vaihtoehto RFID-tekniikalle. Viivakoodit ovat optisesti luettavia merkkijonoja. Merkkijonot on koodattu suorakai- teen muotoisista tummista ja vaaleista elementeistä ja niistä on muodostettu ryh- mä. Viivakoodi on standardoitu globaalisti GS1:n toimesta ja se on hyväksytty tapa esittää koodeja, jotka sisältävät kirjaimia, numeroita ja symboleja. Viivakoodit ovat olleet käytössä maailmanlaajuisesti jo yli 50 vuotta. Suomeen viivakoodit rantau- tuivat 1970-luvulla, jolloin aloitettiin merkintälaitteiden ja lukijoiden maahantuonti.

Nykyään viivakoodeja käytetään erityisesti logistiikassa, tuotannossa ja varastoinnissa. (Aino 2006) Viivakoodi on myös laajasti käytössä päivittäistavaramyymälöiden kassa- ja varastojärjestelmissä.

### 3.4 Yhteenveto

RFID:llä ja viivakoodilla on eroistaan huolimatta myös merkittäviä yhtäläisyyksiä. Merkittävimmät erot syntyvät lukijan ja tunnisteen ominaisuuksista. Tietovirta on molemmissa järjestelmissä samankaltainen eli ei ole kokonaisjärjestelmän kannalta merkitystä kumpi tunnistustekniikka on käytössä tunnistuspäässä. Molemmissa tapauksissa lukijoista välittyy tunnistesta luettu tunnus, jota järjestelmä käsittelee samalla tavalla. Viivakoodin heikkoutena voidaan pitää sen rajallista kapasiteettia, koska viivakoodeja voidaan lukea vain yksi kerrallaan ja tallennuskapasiteetti on rajallinen. Viivakoodilta vaaditaan myös näköyhteys tunnisteseen ja mikäli tunniste on ruttaantunut, likaantunut tai peittynyt, lukeminen ei onnistu lainkaan. (Nummela 2006) Yksi viivakoodin merkittävimmistä eduista on sen edullisuus verrattuna RFID-tekniikkaan.

TAULUKKO 1. RFID:n ja viivakoodin vertailua

Ominaisuus	Viivakoodi	RFID
näköyhteys	vaaditaan	ei vaadita
moniluku	ei mahdollista	mahdollista
lukuetäisyys	1m	1,5m (13,56 MHz) 3-6m (UHF passiivinen) 100m (aktiivinen)
merkkimäärä/muisti	50	96–1024 bit (passiivinen) 32 KB (aktiivinen)
tarran hinta	2-3 c	0,2–0,5 € (passiivinen) 20 € (aktiivinen)
lukijan hinta	200...300€ (pistooli)	100 € (HF-moduuli) 500 € (UHF-moduuli)

		1000...3000 € (UHF, kiinteä lukija)
valaistus	tarvitsee valoa	ei tarvitse
kiinnityspinta/materiaalien läheisyys	ei vaikuta	vaikuttaa, erityisesti metalli ja neste (passiivinen)
herkkyys lialle	haittaa	ympäristöolosuhteet eivät vaikuta
standardisointi	GS1	EPCGlobal, ISO
tiedon muokkaus	ei mahdollista	vain sirun ID (R/O) kerran ohjelmitava (WORM) kirjoitettava (R/W)
varajärjestelmä	selväkielinen teksti	viivakoodi/selväkielinen teksti

## 4 ESIMERKKEJÄ RFID-TEKNIIKAN TOTEUTUKSESTA

RFID-tekniikan kehitys on ollut nopeaa viimeisten vuosien aikana. RFID:tä on pidetty pitkään tulevaisuuden lupauksena automaattisen tunnistuksen saralla, mutta tällä hetkellä ollaan jo lähellä laajaa läpimurtoa eri teollisuuden aloilla. Merkit viittaavat siihen, että RFID-tekniikan yleistyminen ylittää kriittisen massan lähivuosina, jolloin tekniikan leviäminen nopeutuu ja se vakiinnuttaa asemansa markkinoilla. (Nurminen, Kalliokoski 2007)

Tietoisuus RFID-tekniikasta on lisääntynyt huomasti teollisuudessa viime vuosina. Toteutuksia on viety pilotointivaiheesta oikeisiin tuotantosovelluksiin, joista monet ovat erittäin mittavia. RFID-tekniikkaan liittyvät ohjelmistot ovat myös kehittyneet ja toimittajavalikoima on laajentunut.

### 4.1 Honkarakenne

Honkarakenteella käytössä oleva RFID-tunnistus on maailman ensimmäisiä RFID-sovelluksia tuotannossa. Sen suunnittelu ja kehitys sai lähtölaukauksen vuonna 2007, jolloin RFID:stä puhuttiin paljon julkisuudessa. Sopivien yhteistyökumppaneiden löydyttyä projekti saatiin alulle.

Hirsitaloja suunniteltaessa jokainen hirsi viisteineen ja päätykoristeineen saa tarkoin määrätyn paikkansa rakennuksessa, tämän vuoksi on tärkeää, että jokainen hirsi identifioidaan tarkasti tuotantoprosessissa. Modernin RFID-tunnistuksen ansiosta voidaan valmistaa useampaa taloa samanaikaisesti ja keskimäärin 1000 hirttä kattavan talon tuotanto sujuu muutamassa tunnissa. Tunnistuksen yksi tärkeimpiä hyötyjä on luentavarmuus, jonka ansiosta inhimilliset virheet poistuvat tuotanto- ja pakkausvaiheessa. (Finn-ID Oy 2010)

Tunnistusprosessi alkaa esikäsitellyn hirren merkitsemisellä EPCglobal Tag Data-standardilla varustetulla RFID-tunnisteella. Tunnisteen avulla tuotantolinjalla tiedetään, mikä hirsi on kyseessä ja mitä sille pitää tehdä. Työstölinjalla automaattiset koneyksiköt tunnistavat hirren RFID-lukijalla ja tekevät niihin tarvittavat työstöt.

Koneiden käyttäjät seuraavat tapahtumia näyttöpäätteeltä. Tämän jälkeen hirsi tunnistetaan ennen konenäköpistettä, jossa se tarkastetaan ja varmistetaan, että oikeat työvaiheet on tehty. Pakkausvaiheessa hirret tunnistetaan, jotta saadaan varmuus pakkauksen oikeasta sisällöstä. Lopuksi tulostetaan pakettikortti, josta rakentajalle selviää, mitä hirsii paketti sisältää. (Finn-ID Oy 2010)

## **4.2 Nokia**

Nokian haasteena oli optimoida materiaalivirtoja Salon tehtaalla. Tehtaalla tehdään töitä kolmessa vuorossa ja tavaralähetystä saapuu tunnin välein. Materiaalimäärät ovat suuria, mutta tavaravastaanottoon käytettävä aika on lyhyt. Ratkaisun tavoitteena olisi varastoprosessin nopeuttaminen, materiaalien seurattavuuden parantaminen ja virheiden minimointi. (Virkkunen 2007)

Ratkaisun toteutti Vilant Systems, joka kehitti SAP R/3- integroidun UHF RFID-toimitusketjuratkaisun. Tämän avulla tavaravastaanotto automatisoitiin. Samalla toteutettiin toimittajajärjestelmä, joka mahdollistaa materiaalien tarroittamisen RFID-tunnisteilla. Toimittajat tarroittavat lähetykset ja Nokia vastaanottaa tavarat automaattisesti. Tuotannossa käytössä olevan järjestelmän läpi kulkee noin 20 000 tunnistetta kuukaudessa. Tämän ansiosta materiaalivirrat ja jäljitettävyys parantui ratkaisevasti. (Virkkunen 2007)

## **4.3 ABB**

ABB:llä käytössä oleva järjestelmä perustuu lastauslaiturilla sijaitseviin RFID-lukijaportteihin, joiden läpi kulkee kaikki lähetykseen kuuluvat, kollitasolla RFID-tunnistein merkityt kuljetusyksiköt. Vilant Systemstemsin RFID-ohjelmisto on integroitu ABB:n SAP-järjestelmään. Lastamaan tulevan auton saapuessa sen rekisterinumero kirjataan SAP-järjestelmään, jonka jälkeen Vilant Server 5-ohjelmisto valvoo lähetyksen etenemistä automaattisesti. Järjestelmä pitää sisällään tiedon siitä, mitä kunkin lähetyksen tulee sisältää. Portti antaa virheilmoituksen, mikäli rekkaan yritetään lastata väärää tavaraa. Porttia ei voida myöskään sulkea ennen

kuin kaikki lähetykseen kuuluva tavara on lastattu autoon, jolloin virheellisten lähetysten tekeminen on käytännössä mahdotonta. (Vilant Systems Oy 2009)

ABB on käyttänyt RFID-ratkaisuja jo vuodesta 2004 lähtien. Ensimmäinen sovellus oli tuolloin vakioraaka-ainetilauksissa käytettävien vanerilaatikkojen seuranta. Yhä käytössä oleva järjestelmä perustuu siihen, että kaikki RFID-tunnistein varustetut kierrätettävät laatikot kulkevat lukuporttien läpi sekä toimittajalla ja tehtaalla. Tehtaalta lähtevä laatikko laukaisee materiaalitilauksen toimittajalle ja vastaavasti täyden laatikon lähtö toimittajalta luo sähköisen lähetteen. Tehtaalta saapuessaan täysi laatikko kirjautuu automaattisesti varastokirjanpitoon. (Vilant Systems Oy 2009)

## 5 ONNISTUNEEN RFID- PROJEKTIN TOTEUTUS

### 5.1 Projektin aloitus

RFID-projektin läpiviemiseen on kehitelty best practise (parhaat käytännöt) ajatusmalli, jota voidaan kuvata ideana, ohjenuorana, metodina, prosessina tai toimintamallina, joka todennäköisimmin johtaa parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen muihin menetelmiin verrattuna. Ideana on, että oikeilla menetelmillä, malleilla, tarkistuksilla ja työskentelytavoilla voidaan välttää turhia virheitä ja ongelmatilanteita, joita todennäköisesti muuten syntyisi. Yksinkertaistettuna ajatuksen voit kiteyttää yhteen selkeään tavoitteeseen, päästä pienimmällä työmäärällä parhaaseen tulokseen. Ajatusmallin taustalla on myös riittävän suuri, toistuva otanta joka on todettu ajan kuluessa käytännössä parhaaksi tavaksi suoriutua tietystä tehtävästä. (Nurminen, Kalliokoski 2007)

Yrityksen sisäiset prosessit tulisivat olla kunnossa ennen RFID-projektin aloittamista, koska yksistään RFID-tekniikan avulla huonoja prosesseja ei voi parantaa. Huolellisesti laaditut prosessikuvaukset helpottavat merkittävästi projektin aloittamista ja toteutusta merkittävästi. Asiantuntija tiimin merkitys on myös erittäin suuri. Asiantuntijoita olisi syytä olla jokaisesta liiketoiminta-alueelta, jotta saataisiin riittävän laaja näkemys siitä kuinka laajasti tekniikkaa voidaan yrityksessä soveltaa. Yleensä projektin kokoonpanoon kuuluu projektipäällikkö, logistiikkapäällikkö, prosessin omistaja sekä IT-osaston edustajia. (Nurminen, Kalliokoski 2007, 6)

Kenttätestauksien suorittaminen on järkevää ennen varsinaista pilotointivaihetta. Kenttätestauksissa testataan ainoastaan tekniikan toimivuutta eri olosuhteissa. Lisäksi selvitetään ympäristöstä aiheutuvia häiriötekijöitä, esimerkiksi radiohäiriölähteitä. Testaukset voidaan suorittaa laboratorio olosuhteissa tai yrityksessä paiknanpäällä. Luotettavuuden ja toimivuuden kannalta paiknanpäällä suoritettavat testaukset ovat luotettavampia. (Nurminen, Kalliokoski 2007, 6-7)

## 5.2 Pilotointi

Mikäli kenttätestaukset ovat tehneet vaikutuksen projekti-tiimiin, voidaan aloittaa pilotointivaihe. Pilotointivaiheen kesto vaihtelee suuresti eri yrityksissä, mutta on yleensä kestoaltaan 1-3 kuukautta. Pilotointi suoritetaan yleensä oikeassa toimintaympäristössä. Pilotti kannattaa pitää mahdollisimman yksinkertaisena, eikä testata liian monta asiaa samalla kertaa. Projektin kannalta olisi parasta, jos testattaisiin ainoastaan yhtä tai kahta prosessia kerralla. (Nurminen, Kalliokoski 2007, 7-9)

Onnistumisen kannalta on erittäin tärkeää löytää oikea yhteistyökumppani, jonka kanssa projektia lähdetään viemään läpi. Hyvällä kumppanilla tulisi olla kokemusta yrityksen toimialalta, kilpailukykyinen hintataso, vapaana olevia resursseja ja yhteyksiä useampiin laitetoimittajiin. Alalla on nopean kasvun myötä yrityksiä joiden edellytykset ja osaaminen eivät ole riittävät projektin toteuttamiseen. Vain yhden valmistajan tuotteita tarjoavat toimijat eivät välttämättä ole hyväksi itse projektille, koska täysin puolueeton taho pystyy tarjoamaan parhaan ja edullisimman laitteiston juuri oman yrityksen tarpeisiin. (Nurminen, Kalliokoski 2007, 7-9) Kumppania valittaessa kannattaa myös tutustua eri toimittajien case pankkeihin, koska onnistuneet toimitukset muihin yrityksiin takaavat onnistuneen projektin myös omassa yrityksessä.

Testausvaiheessa olisi suositeltavaa testata ainakin kahden eri toimittajan tageja ja lukulaitteita. Niissä on eroavaisuuksia, kuin missä tahansa elektroniikka tuotteissa. Nurminen ja Kalliokosken raportin mukaan käytännön kokemus on osoittanut, että tuloksissa saattaa olla huomattaviakin eroavaisuuksia, vaikka testattavat tuotteet ja prosessi ovat samoja, mutta käytössä on eri valmistajien laitteistot. RFID-pilottia ei kannata myöskään integroida yrityksessä käytössä olevaan järjestelmään, koska se voi sekoittaa järjestelmän. Tällöin vältetään myös turhilta kustannuksilta joita integrointi aiheuttaisi. (Nurminen, Kalliokoski 2007, 7-9) Turhia riskejä olisi syytä muutoinkin välttää pilotointivaiheessa. Se takaa nopean ja onnistuneen pilotin.

Pilottivaihe pitää sisällään joitakin harhakäsityksiä. Jotkut luulevat, että jo pilotointivaihe aiheuttaa kustannussäästöjä ja maksaa itseään takaisin. Pilotille on turha



laskea takaisinmaksuaikaa, koska se on aina kustannuserä. Ainut ”takaisinmaksu” tulee kokemuksena tekniikan toimivuudesta yrityksen toimintaympäristössä. Mieli-kuva täydellisestä lukuvarmuudesta osuu myös yleensä harhaan. Lukuvarmuus on RFID-tekniikan olennaisin kompastuskivi. Joissakin tapauksissa on päästy lähelle 100% lukuvarmuutta, mutta jo 98-99% lukuvarmuudella toimivaa järjestelmää voidaan pitää onnistuneena ja sillä saavutetaan tarvittavat edut. (Nurminen, Kalliokoski 2007, 7-9)

### 5.3 Takaisinmaksu

RFID-investoinneille on hankala laskea aukottomasti takaisinmaksuaikaa, koska mitään selkeää kaavaa siihen ei ole ja jokainen toteutettu projekti on hieman erilainen. Takaisinmaksukriteerit vaihtelevat yleensä yrityskohtaisesti.

Lähdemateriaalissa on listattu konkreettisia asioita mihin RFID-tekniikalla on saatu parannuksia ja toiminnot ovat tuottaneet takaisinmaksua. Alla lista muutamasta parannuksesta, jotka voisivat toteutua myös Tiivi OY:llä, mikäli pakkauspäähän investoitaisiin RFID- tai viivakooditekniikkaa.

Reaaliaikainen seuranta: RFID-porttilukijat/käsiopäätteet asennetaan logistiikan solmukohtiin, jonka jälkeen voidaan seurata materiaalivirtaa lähes reaaliajassa. Hyödyt löytyvät nopeasta reagoinnista poikkeustilanteisiin ja toimitusketjun läpinäkyvyyden lisääntymisenä. Voidaan tehdä myös tietoisempia päätöksiä ja vastata paremmin asiakkaiden tarpeisiin. (Nurminen, Kalliokoski 2007, 13)

Tuotannonohjaus: RFID:n klassinen sovelluskohde on tuotantoprosessin automatisointi ja tuotannon ohjaaminen. Tunnisteella varustetut tuotteet tai alustat laukaisevat tuotantoon liittyviä tapahtumia. (Nurminen, Kalliokoski 2007, 13)

Toimitusketjun hallinta: RFID-teknologiaa käytetään myös alihankkijaverkoston hallintaan. Alihankkijat varustavat lähetykset RFID-tunnisteella ja niiden kulkua seurataan aina tavarantoimitukseen asti. (Nurminen, Kalliokoski 2007, 13)

## **6 RFID-TESTAUS TIIVILLÄ**

### **6.1 Nykytilan kartoitus**

Nykytilan kartoitus on laadittu Tiivillä käytyjen keskusteluiden ja vierailujen pohjalta. Kartoituksessa on pyritty selvittämään pakkauspään nykyistä toimintatapaa mahdollisimman tarkasti sekä kartoittamaan suurimmat ongelmat.

Esiselvitysten perusteella ensiarvoisen tärkeitä kehityskohteita olivat mm. lähtevien tuotteiden käsittelyyn kuluvan työajan vähentäminen, prosessin selkeyttäminen ja manuaalisten paperitöiden vähentäminen. Manuaalisista paperitöistä esille nousivat aluemapeissa säilytettävät keräilylistat, joita käsitellään mm. pakkauksessa, alihankkijatilausten vastaanotossa sekä kuljetusten suunnittelussa. Ongelmana on myös jatkuva varmistelun tarve alihankkijalta saapuvien tuotteiden kanssa.

#### **6.1.1 Tuotanto yleisellä tasolla ja tuotteen valmistuminen**

Tuotanto etenee seuraavien vaiheiden mukaisesti:

1. Myyntiedustajat syöttävät tilaukset WinPlaniin tai lomakkeelle, jonka myyntisihteeri kirjaa järjestelmään
2. Samalla myyntisihteeri tekee asennuksen karkean työsuunnittelun, jota myöhemmin tarkennetaan asentajien esimiesten toimesta
3. Tuotannonsuunnittelussa tilataan lisäksi asiakaskohtainen lisämateriaali, esim. sälekaihtimet. Lisämateriaalien tilaus voidaan välittää alihankkijoille ns. konelinkkien avulla sähköisesti
4. Tuotannon työjono suunnitellaan viikoksi eteenpäin
5. Tuotantoa ajetaan sarjoittain (= 80 - 100 yksikköä)
6. Yhden asiakkaan tilaus pyritään sijoittamaan samaan sarjaan, jos se on pienempi kuin sarjakoko

7. Tuotannossa on erilaisia puuntyöstö- ja kokoamisvaiheita: mm. sahaus, höyläys, maalaus, lasinleikkaus, sälekaihtimien kiinnitys, viimeistely ja pakkaus
8. Tuotannon viimeisessä työvaiheessa ikkunoihin kiinnitetään sarjanumerotarrat ja merkitään pakkausjärjestys karmiin pakkaajaa varten. Tuotannon työntekijä suunnittelee lavajärjestyksen
9. Pakkausjärjestyksen suunnittelussa huomioidaan mm. lavalle pakattavien ikkunoiden määrä ja asiakkaan vaihtuminen
10. Yhden asiakkaan tilauksen ikkunat valmistuvat peräkkäin tuotantolinjalta

### **6.1.2 Valmiin tuotteen lavoitus ja lavan lähetys**

Ikkunoiden valmistuttua liukuhihnalta ne nostetaan lavalle ja kiinnitetään toisiinsa tukilautoilla. Lavoituksen jälkeen trukkikuljettaja nostaa lavan kelmukoneelle, vetää lavan päälle hupun ja kelmuttaa sen. Samalla keltuun kirjoitetaan tussilla: sarjanumero, asiakkaan nimi, suunta (Turku, Helsinki, Jyväskylä, itä, länsi, pohjoinen) ja kpl-määrä. Trukkikuljettaja merkitsee keruulistaan (löytyy sarja- ja tilausnumeroiden perusteella) pakattujen ikkunoiden mitat, lavalle pakatun määrän ja jäljellä olevan kokonaismäärän. Samassa yhteydessä tehdään valmistumiskirjaus (pakkauskuittaus, työjonon valmistumiskuitaus) WinPlaniin. Kun lava on kelmutettu ja merkitty, se viedään pihalle ja lavat paikoitetaan suunnittain.

### **6.1.3 Kuljetusten suunnittelu**

Ensimmäiseksi kootaan tuotteet, jotka voidaan viikon aikana viedä asiakkaille. Tämän jälkeen suunnitellaan optimaalinen kuljetuserä koko ja karsitaan ylimääräiset tuotteet pois (ne, jotka voidaan viedä myös seuraavalla kuljetuksella ilman myöhästymisen vaaraa). Kuljetuksen suunnittelun jälkeen keräilylistat laitetaan kuorman purkujärjestyksessä mappiin suunnittain. Seuraavaksi kuormalistat viedään henkilölle, joka vastaa alihankkijoilta kotiinkutsuttavista tavaroista. Kotiinkutsuttavat tavarat syötetään Kuljetuskuorma-järjestelmään ja tiedot välitetään alihankkijoille päivittäin, vasteaikavaatimus on neljä tuntia. Osa alihankkijoista toimit-

tavat tuotteet tehtaalle, osan kuljettaja noutaa suoraan alihankkijalta. Vastaanotettavat alihankkijoilta tuodut tuotteet kirjataan WinPlaniin samalla tavalla kuin oman tuotannon valmistumiset keräilylistaan ja WinPlaniin. Kun keräilylistat ovat valmiit, annetaan ne trukkikuljettajalle, joka auttaa kuljettajaa lastauksessa. Keräyslistat kuitataan järjestelmään, minkä jälkeen tulostuu lähete. Keräilylistat arkistoidaan mahdollisia myöhempiä selvittelytilanteita varten.

## **6.2 Testisuunnitelma**

Testisuunnitelmassa on esitelty kirjallinen suunnitelma, siitä mitä testataan ja kuinka testaus suoritetaan.

### **6.2.1 Testattavat asiat**

Tässä työssä on tarkoituksena testata RFID-tekniikan soveltuvuutta ikkunalavojen tunnistamisessa. Testausympäristönä ovat Tiivituote Oy:n tuotantotilat sekä mahdollisesti piha-alue.

Tässä tapauksessa tagin kirjaus ja lukeminen suoritetaan kämmenpäänteen avulla, joten sen toimivuutta testataan. Tarkoituksena on simuloida rajapinta, josta tarvittavat tiedot luetaan ja johon ne kerätään. Testisuunnitelma sisältää myös viivakoodin ja RFID-tekniikan yhdistämistä. Tagityyppi ja sen oikeanlainen sijoittelu on myös tarkoitus testata.

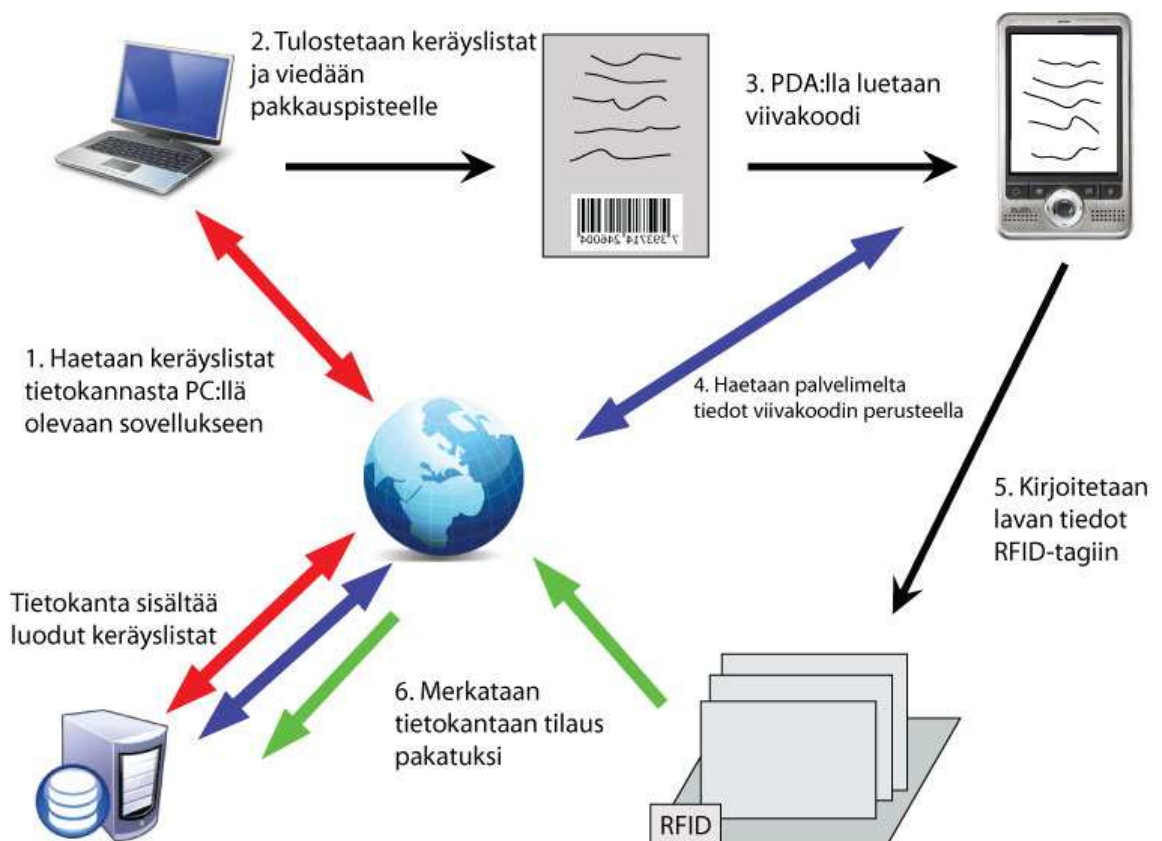
Nykyisessä toimintatavassa tietoja kirjataan käsin keräilylistaan ja valmiiksi pakattuun lavaan. Testauksessa pyritään selvittämään tietojen kirjaamisen toimivuutta RFID-tekniikan ja viivakoodin yhdistämisellä. Samalla testataan laitteiden käyttömukavuutta.

Tämänhetkisessä prosessissa on paljon paperipohjaista työtä ja sitä pyritään muuttamaan sähköiseen muotoon. Tällöin työ olisi jouhevampaa sekä virheistä tai

puuttuvista tiedoista aiheutuneet sekaannukset poistuisivat. Tiivituote Oy:n tavoitteena on paperiton tuotanto.

### 6.2.2 Testaustapa

Simuloituun keräyslistaan on tulostettu viivakoodi, joka sisältää keräilylistassa olevat asiakkaan tiedot. Tiedot luetaan kämmenpääteellä, joka sisältää viivakoodin lukijan ja RFID-ominaisuudet. Kämmenpääteeseen ladattu tieto kirjoitetaan tagiin, joka on kiinnitetty valmiiksi pakattuun lavaan. Kämmenpääteen tiedot kirjautuvat simuloituun toiminnanohjausjärjestelmään automaattisesti palvelimen välityksellä, joko telakoimalla kämmenpääte- tai langattomasti WLAN:in avulla. Tämän jälkeen lava siirretään pihalle odottamaan kuljetusta, jolloin voidaan myös testata eri tagien toimivuutta ulkotiloissa.



KUVA 3. Järjestelmän toiminta

### 6.2.3 Aikataulu

Testaukseen varattiin aikaa yksi päivä. Testaukset suoritettiin huhtikuussa 2010. Testaustoimenpiteet eivät vaatineet tuotannon keskeyttämistä.

### 6.3 Testilaitteisto

Testauksessa käytettyjä laitteita olivat Nordic ID PL3000 UHF RFID 200mW kämmenpääte, kannettava tietokone sekä pari erilaista tagia (KUVA 4).



KUVA 4. Testilaitteisto

### 6.3.1 Kämmenlukija

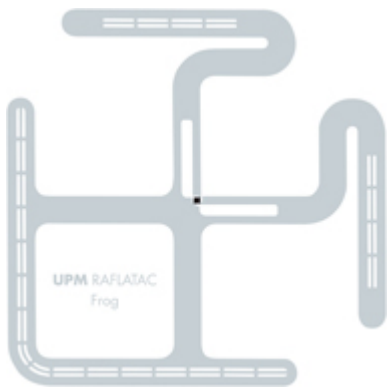
Testaukset suoritettiin lukijan osalta Nordic ID PL3000 UHF RFID kämmenpääteellä (KUVA 5). Laitteella voidaan sekä lukea, että kirjoittaa tageja. Laitteeseen on myös integroitu viivakoodin lukija, joten laite sopii erinomaisesti ympäristöön, jossa käytetään viivakoodia ja RFID tekniikkaa yhdessä. Laite soveltuu lähes kaikkiin teollisuuden, logistiikan ja kaupanalan sovelluksiin. Kämmenpääte pitää sisällään WLAN, Bluetooth, GPRS, Edge ja 3G yhteydet. Lukuetäisyys ulottuu 1,6m saakka. Käyttöjärjestelmänä on WIN CE 6.0. (NordicID 2010) Laitteen ergonomia on hyvin suunniteltua ja myös aloittelijan on helppo käyttää laitetta.



KUVA 5. Nordic ID PL3000 UHF lukija (NordicID 2010)

### 6.3.2 Tagi

Testauksessa käytettiin UPM Rafsecin valmistamaa tarrapintaista ANT ID 154\_2 tagia (KUVA 6). Tagin taajuusalue on 860-960MHz. Kokoa tagilla on 7.6cm x 7,6cm. Se soveltuu erinomaisesti logistiikan sovelluksiin ja kämmenpäätteellä luettavaksi, koska se on helppo havaita. Tagi on myös helppo ja nopea kiinnittää kohteeseen. Tagille on myönnetty EPC Class 1 Gen 2 ja ISO 18000-6C standardit. Muistia tagissa on 96Bittiä.



KUVA 6. ANT ID 154\_2 tagi. (UPM Raflatac 2010)

### 6.4 Testauksen kulku

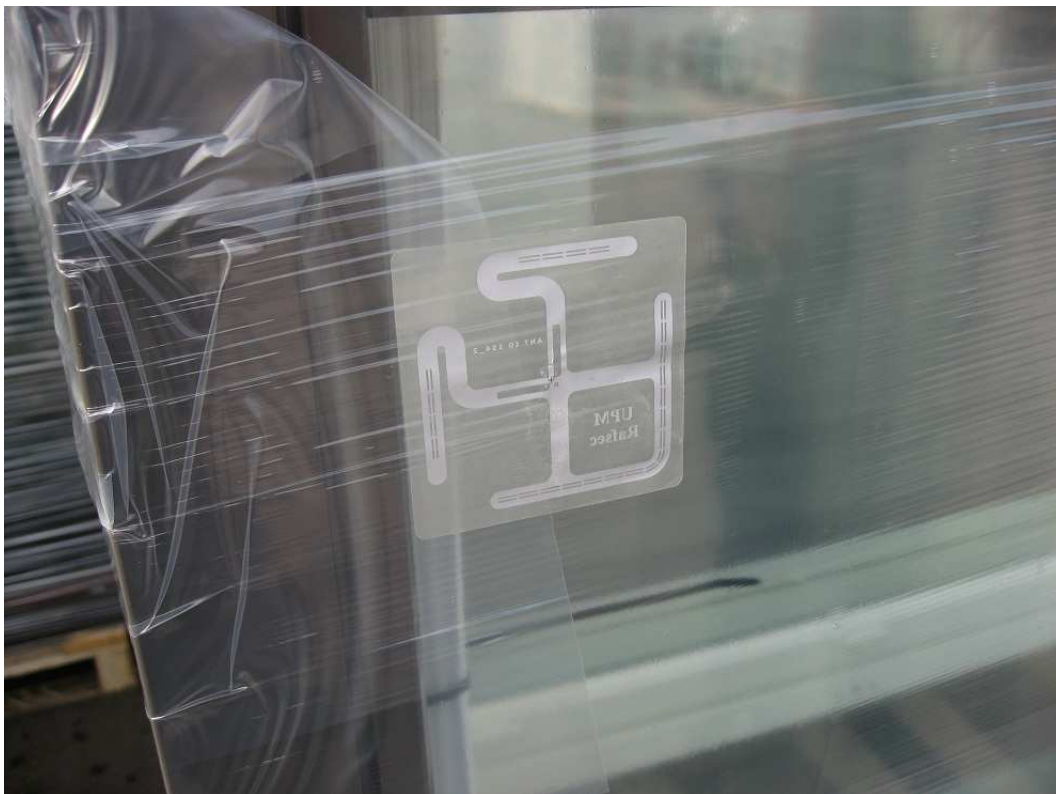
Testaus suoritettiin päivän aikana Tiivi Oy:n Haapajärven tehtaalla. Testaukset suoritettiin pakkauslinjalla sekä ulkotiloissa. Testauksen tarkoituksena oli saada tietoa tagien ja lukijan toimivuudesta tehdasympäristössä.

Testi aloitettiin pakkauskoneelta (KUVA 7), missä pakkaaja kelmuttaa ikkunalavan ja merkitsee siihen tarvittavat tiedot. Tussilla merkityt tiedot on tarkoitus korvata RFID- ja viivakooditekniikan avulla. Kiinnitimme tagin valmiiksi pakattuun ikkunalavaan (KUVA 8) ja kirjasimme siihen asiakkaan tiedot, jotka oli luettu keräyslistaan tulostetusta viivakoodista (KUVA 9). Lisäksi testasimme tagin toimintaa ulko-olosuhteissa.





KUVA 7. Pakkauspiste



KUVA 8. Pakkaukseen kiinnitetty tunniste

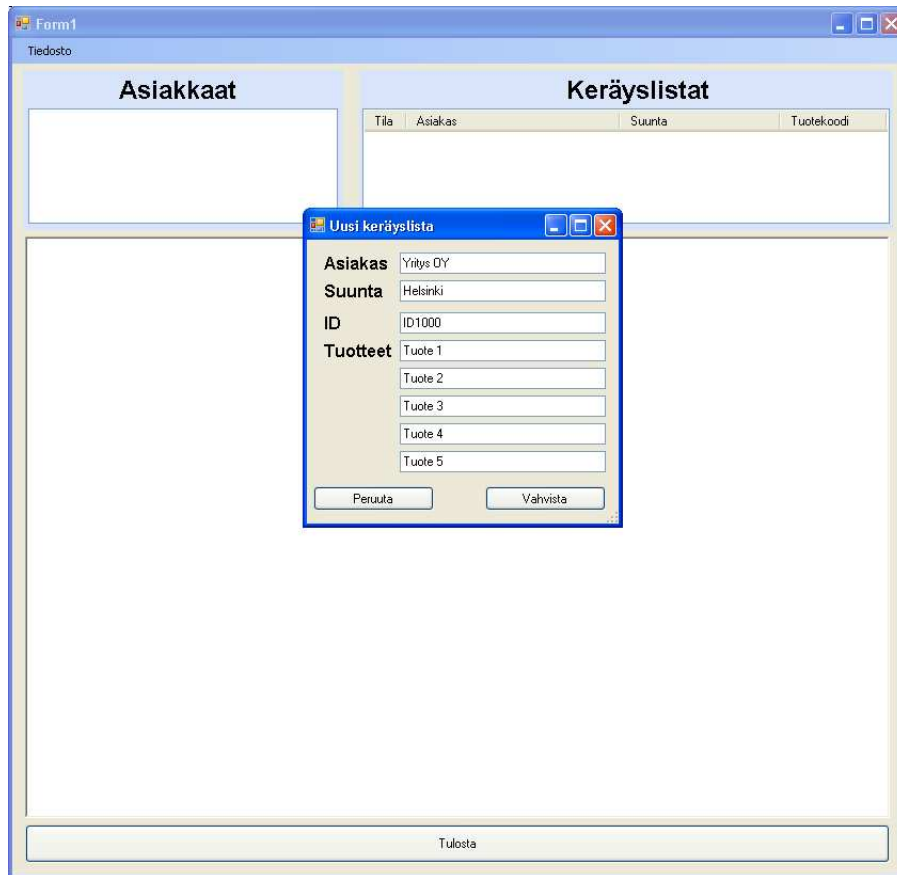


KUVA 9. Keräyslistaan tulostettu viivakoodi, joka sisältää asiakkaan tiedot.

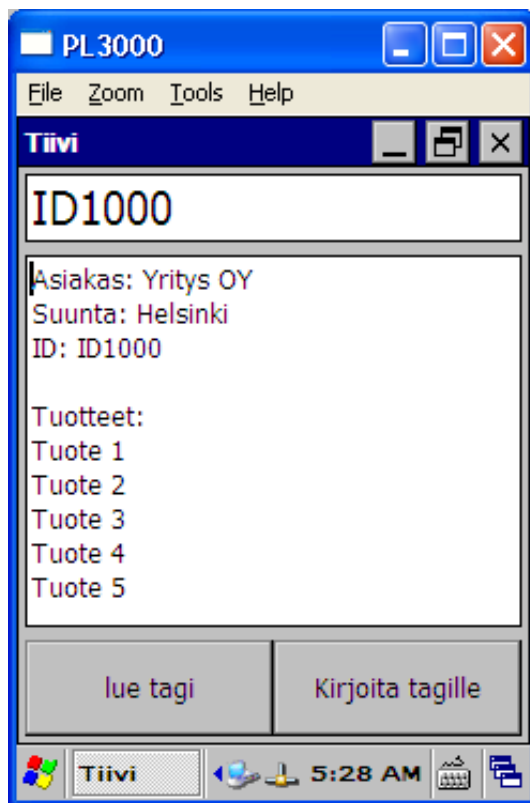
## 6.5 Tunnistustapahtuma

Testausta varten oli valmisteltu ohjelma, jonka avulla voitiin simuloida toiminnanohjausjärjestelmää.

Tilauksen saavuttua tiedot kirjataan ohjelmaan (KUVA 10). Tämän jälkeen tulostettiin asiakkaan tiedot sekä viivakoodin sisältävä keräyslista (KUVA 9). Keräyslistasta käy ilmi kaikki tarvittavat tilausta ja asiakasta koskevat tiedot. Seuraavaksi keräyslistan tiedot kirjattiin kämmenpääteeseen viivakoodista. (KUVA 11).



KUVA 10. Asiakkaan tiedot syötetään ohjelmaan.



KUVA 11. Tiedot luettuna kämmenpääteeseen.

Tässä vaiheessa tiedot ovat keräyslistassa sekä kämmenpäätteessä. Seuraavaksi kiinnitettiin tagi valmiiksi pakattuun lavaan ja kirjattiin kämmenpäätteessä olevat tiedot tagiin (KUVA 12). Tieto tilauksen valmistumisesta kirjautui ohjelmistoon, kun tiedot oli kirjattu tagiin (KUVA 13).

Edellisen tapahtumaketjun jälkeen asiakkaan tilaus on valmis varastoitavaksi tai kuljetettavaksi ja siitä on välittynyt tieto toiminnanohjausjärjestelmään. Asiakkaan tiedot ovat luettavissa milloin vain lavaan jätettävästä tagista.



KUVA 12. Tietojen kirjoitus tagiin.

The screenshot shows a software window titled "Form1" with a menu bar containing "Tiedosto". The window is divided into two main sections: "Asiakkaat" (Customers) and "Keräyslistat" (Collection Lists).

**Asiakkaat** section contains a text field with the value "Yritys OY".

**Keräyslistat** section contains a table with the following data:

Tila	Asiakas	Suunta	Tuotekoodi
	Yritys OY	Helsinki	ID1000

Below the table, the following information is displayed:

Asiakas: Yritys OY  
 Suunta: Helsinki  
 ID: ID1000

Tuotteet:  
 Tuote 1  
 Tuote 2  
 Tuote 3  
 Tuote 4  
 Tuote 5

A barcode is located at the bottom left of the form. At the bottom center, there is a "Tulosta" (Print) button.

KUVA 13. Valmistumiskirjaus havainnollistetaan vihreällä värillä.

## 6.6 Tulokset

Testauksen tavoitteena oli saada tietoa laitteiden toimivuudesta yrityksen tehdasympäristössä sekä viitteitä tekniikan soveltuvuudesta osana pakkausprosessia. Testaukseen oli varattu aikaa aamupäivän verran ja kaikki suunnitellut testaukset saatiin suoritettua aikataulussa. Testaus keskittyi lähinnä kämmenpäänteen toimivuuden ja lukuvarmuuden testaukseen ja tämän osalta ei ilmennyt mitään ongelmia. Tagin kirjoitus ja lukeminen sekä viivakoodin lukeminen sujui ilman ongelmia. Tieto kämmenpäänteeltä simuloituun toiminnanohjausjärjestelmään kulki myös ilman minkäänlaisia ongelmia, joten tässä suhteessa testaus oli onnistunut ja antoi yritykselle hyvän kuvan kämmenpäänteen luotettavuudesta. Ulko-olosuhteissa olisi

haluttu testata kelivaikutuksia etenkin lumen osalta, mutta lämpimän kevätkelin vuoksi siitä ei saatu testaustuloksia.

Yksi suurimmista tutkimusongelmista oli paperityöhön kuluva aika ja sen vähentäminen pakkausprosessissa. Halusin selvittää kuinka suuri osa pakkausprosessin kokonaisajasta kuluu paperien käsittelyyn, ilman että pakkaaminen edistyy. Sain kellotuksen avulla tuloksia, jotka käyvät ilmi seuraavasta taulukosta (TAULUKKO 2).

TAULUKKO 2. Paperityön osuus pakkaustapahtuman kokonaisajasta.

Pakkaus aika (min)	Paperityön osuus (min)	Paperityön osuus (%) kokonaisajasta
3,5		
3,83		
3,78		
3,33	1,13	34
5,08	1,14	28
2,65	1,16	44
2,8	0,58	21
6,48	4,41	68
3,63	2,01	55
4,35	1,65	38
Keskiarvo 3,94 (3min 56s)	Keskiarvo 1,76 (1min 46s)	Keskiarvo ≈ 41%

Taulukosta (TAULUKKO 2) voidaan havaita, että hyvin useassa pakkaustapahtumassa lähes puolet tai jopa yli puolet ajasta kuluu paperien selvittelyyn. Keskimäärin paperityöhön käytettävää aikaa kului noin 41 prosenttia kokonaisajasta. Ajan otossa on laskettu vain aikaa, joka kului paperityöhön silloin kun kone ei tehnyt työtä, eli aikaa joka viivyttää itse pakkausprosessia.

Pakkausaikaan vaikuttivat pakattavien ikkunoiden koko. Pienemmät tilaukset etenivät nopeampaa kuin suuret.

## 7 INVESTOINTI

RFID-investointiin on kehitelty joitakin työkaluja, joilla voidaan puntaroida investoinnin kustannuksia ja hyötyjä. RFID-investoinneille on hankala laskea yksiselitteistä takaisinmaksuaikaa millään yleisillä kaavoilla, koska jokainen yritysympäristö tai toimitusketju on yksilöllinen kokonaisuus. Niiden yksityiskohtia on mahdotonta tuntea ilman tarkempaa paneutumista. (VTT 2007)

Käyttöönoton kustannukset riippuvat toteutuksen hankintatavasta. Käytännössä RFID-käyttöönoton voi tehdä, joko omana investointina tai ostopalveluna. Ulkopuolinen palveluntarjoaja voi tarjota valmista avaimet käteen pakettia, jonka jälkeen yritys itse vastaa järjestelmän aiheuttamista huolto- ja käyttökustannuksista. Hankinnan voi toteuttaa myös siten, että palvelu perustuu käyttöön liittyviin maksuihin. Palveluntarjoaja vastaa järjestelmän toimituksesta, ylläpidosta ja toimivuudesta niin kuin sopimukseen on kirjattu. Tällöin myös veloitus tapahtuu todellisen käytön perusteella. (VTT 2007)

Aiheeseen liittyvää materiaalia ja investointilaskureita löytyy mm. seuraavista osoitteista:

MIT

<http://ocw.mit.edu/index.html> , hakusanalla "rfid calculator"

IBM ja GS1

<http://www-935.ibm.com/services/de/index.wss/ibvstudy/bcs/a1011206>

Aberdeen Group

<http://www.aberdeen.com/> (VTT 2007)



## 7.1 Kustannusarvio

Ennen tarkkaa kustannusarviota tulisi olla tiedossa mihin kohteisiin esimerkiksi lukijalaitteita hankitaan. Toiminnanohjausjärjestelmään integroidun ohjelmiston kehityskustannuksia on myös hankala arvioida ennen kuin tarkka kokonaiskuva investoinnin laajuudesta on selvillä.

Mikäli Tiivituote päättäisi investoida pienessä mittakaavassa vain pakkauspään RFID-tekniikkaan ja laitteisiin, kustannukset pysyisivät kohtuullisen pieninä. RFID- ja viivakoodiominaisuuksilla varustettujen kämmenpäätteiden tarve olisi vähintään kaksi kappaletta. Lisäksi tarvitaan tageja ja ohjelmisto, joka kommunikoi toiminnanohjausjärjestelmän kanssa. Lisäksi on otettava huomioon asennustöistä aiheutuvat kustannukset. Seuraavan taulukon hinta-arviot ovat vain suuntaa antavia, koska laitteiden hinnat vaihtelevat eri toimittajien välillä ja tarkkoja tietoja ohjelmisto- ja asennuskustannuksista ei ole tässä vaiheessa saatavilla.

Taulukko 3. Kustannusarvio

Tuote	Yhteensä (€)	Kpl	á-hinta (€)
Kämmenpääte	5000	2	2500
Tagit	100-500	1000	0,1-0,5
Ohjelmisto (suunnittelu, toteutus)	5000	1	5000
Asennustyöt	1000	1	1000
<b>SUMMA</b>	<b>11 100-11 500</b>		

## 8 POHDINTA

Työn tavoitteena oli tutkia RFID-tekniikan soveltuvuutta Haapajärven tehtaan pakkaamon tarpeisiin. Työssä pohdittiin tekniikan käyttöönoton kannattavuutta ja soveltuvuutta yrityksen tarpeisiin. Työssä tuodaan esille tietoa RFID-tekniikasta sekä esitellään testauksesta saatuja tuloksia. Tämän pohjalta yrityksen on helpompi tutustua vaadittavaan tekniikkaan, sekä pohtia RFID-tekniikan käyttöönottoa.

Yrityksen tavoitteena on siirtyä askel kerrallaan kohti paperitonta tuotantoa. Pakkausprosessiin liittyvien keräyslistojen ja paperityön määrä on suuri, joten tämä oli yksi keskeisimmistä tutkimusongelmista tässä työssä. RFID-tekniikkaa ja viivakoodia yhdistelemällä paperin käsittely on mahdollista saada erittäin vähäiseksi. Paperien selaaminen ja jatkuva varmistelu myös poistuisivat. Testauksesta kävi ilmi, että tekniikan käytölle tai toteutukselle ei käytännössä ole mitään esteitä. Testaamamme laitteet soveltuivat hyvin tehdasympäristöön ja toimivat testauksen aikana moitteettomasti. On kuitenkin huomioitavaa, että muutosprosessi valmiiksi toimivaan ja totuttuun järjestelmään voi aiheuttaa alkuvaiheessa ongelmia uuden tekniikan, ohjelmistojen sekä laitteiden vuoksi.

Tällä hetkellä pakkauspää ei ole Tiivituotteella pullonkaula, joten se ei varsinaisesti hidasta lähtevien yksiköiden määrää. Tutkimuksista kävi kuitenkin ilmi, että koko pakkausprosessia olisi mahdollista nopeuttaa RFID-tekniikan avulla. Kellotuksista saatujen tietojen perusteella keskimäärin lähes puolet pakkausprosessiin käytettävästä ajasta kuluu papereiden pyörittelyyn. Tässä vaiheessa on mahdotonta tietää kuinka nopeasti sama pakkaustapahtuma olisi mahdollista suorittaa RFID-tekniikan avulla. Voidaan kuitenkin olettaa, että pakkausaikaa saataisiin vähennettyä huomattavasti nykyisestä, mikäli käytössä olisi toimiva RFID-järjestelmä. Tästä olisi hyötyä etenkin jos tuotantomäärät ja nopeudet kasvavat.

Tarkkoja kustannuksia ja takaisinmaksuaikaa tekniikan käyttöönotolle on vaikea määrittellä tässä vaiheessa. On mahdollista, että rahallista hyötyä tekniikan käyttöönotossa ei saavuteta pelkästään pakkauspäähän investoimalla. RFID-investointi on kuitenkin hyvä aloittaa pienessä mittakaavassa ja pakkauspiste on

siihen hyvä vaihtoehto. Tulevaisuudessa on kuitenkin mahdollista saada merkittäviäkin hyötyjä RFID-tekniikasta, mikäli se leviää laajemmin tuotannon eri vaiheisiin.

## LÄHTEET

Aino. Logistiikan RFID-Teknologia katsaus. Www-dokumentti. Saatavissa:

[http://www.aino.info/julkaisut/2\\_kuljinfo/aino\\_30B\\_2006\\_liiteraportti.pdf](http://www.aino.info/julkaisut/2_kuljinfo/aino_30B_2006_liiteraportti.pdf) Luettu 23.2.2010 ja 23.3.2010

Granlund, K. 2001. Langaton tiedonsiirto. Porvoo: Ws Bookwell.

Kalliokoski, S. & Nurminen, T. 2007. RFID-tunnistuksen parhaat käytännöt, kuinka toteutan onnistuneen RFID-projektin. RFID Lab Finland. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/?file=62> Luettu 30.8.2010

Nordic ID. Nordic ID PL3000 - powerful and versatile. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.nordicid.com/en/products/nordic-id-pl3000.html> Luettu 1.9.2010

RFID Finland. Taajuusalueet. Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.rfidfinland.com/drupal-6.12/taajuusalueet.html> Luettu 23.2.2010

RFID Journal. The History of RFID Technology. Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1338/1/129/> Luettu 1.2.2010

RFID Journal. The History of RFID Technology. Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.rfidjournal.com/article/view/1338/2> Luettu 3.2.2010

RFID Journal. What is RFID. Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1339/1/129/> Luettu 1.2.2010

RFID Lab. Nokia DND RFID. Www-dokumentti. Saatavissa:

[http://www.rfidlab.fi/sites/rfidlab.fi/files/NokiaCase\\_0\\_0.pdf](http://www.rfidlab.fi/sites/rfidlab.fi/files/NokiaCase_0_0.pdf) Luettu 14.4.2010

RFID Lab. RFID-tekniikan historia. Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.rfidlab.fi/rfid-tekniikan-historia> Luettu 2.2.2010

RFID Lab. RFID-tekniikan käyttämät taajuusalueet. Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.rfidlab.fi/rfid-tekniikan-k%C3%A4ytt%C3%A4m%C3%A4t-taajuusalueet> Luettu 19.2.2010

RFID Lab. RFTUNLOG RFID-tunnistus logistiikan kehittämisessä. Www-dokumentti. Saatavissa:

([http://www.rfidlab.fi/sites/rfidlab.fi/files/RFTUNLOG\\_Tutkimusraportti\\_Final%2012.2.2007.pdf](http://www.rfidlab.fi/sites/rfidlab.fi/files/RFTUNLOG_Tutkimusraportti_Final%2012.2.2007.pdf)) Luettu 12.10.2010

RFID Lab. Uusi RFID-tekniikan sovelluskohde ABB:llä. Www-dokumentti. Saatavissa:

[http://www.rfidlab.fi/sites/rfidlab.fi/files/ABB\\_outbound\\_RFID\\_press\\_FI\\_090417.pdf](http://www.rfidlab.fi/sites/rfidlab.fi/files/ABB_outbound_RFID_press_FI_090417.pdf)

Luettu 14.4.2010

Sareskoski, S. Yleistä tietoa RFID:stä. Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.sareskoski.fi/rfid.htm> Luettu 8.2.2010

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2010. SFS-käsikirja 301-1. RFID. Osa 1: Opas. Johdatus tekniikkaan. Helsinki: SFS.

Upm RFID. Product info. Www-dokumentti. Saatavissa:

(<http://www.upmrfid.com/rfid/rfid.nsf/sp?open&cid=ProductInfo&salescode=3001348>) Luettu 1.9.2010

VTT. RFID-tekniikan hyödyntäminen asiakkuuden hallinnassa. Www-dokumentti.

Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2004/rfid-raportti.pdf> Luettu 9.3.2010

Yli-Hemminki, J. 2010. Konsultointi. Centria. Ylivieska.