

2012•2013
FACULTEIT BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN
*master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur: operationeel management en logistiek*

Masterproef

RFID als hulpmiddel voor de verbetering van voorraadbeheer in een keten

Promotor :
Prof. dr. Gerrit JANSSENS

Daan Joosten

*Masterproef voorgedragen tot het bekomen van de graad van master in de toegepaste
economische wetenschappen: handelsingenieur, afstudeerrichting operationeel management
en logistiek*

2012•2013

FACULTEIT BEDRIJFSECONOMISCHE
WETENSCHAPPEN

*master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur: operationeel management en logistiek*

Masterproef

RFID als hulpmiddel voor de verbetering van
voorraadbeheer in een keten

Promotor :
Prof. dr. Gerrit JANSSENS

Daan Joosten

*Masterproef voorgedragen tot het bekomen van de graad van master in de toegepaste
economische wetenschappen: handelsingenieur, afstudeerrichting operationeel management
en logistiek*

Woord vooraf

Deze masterproef is geschreven met het oog op het behalen van het diploma Handelsingenieur, afstudeerrichting Operationeel Management en Logistiek. Graag zou ik met deze masterproef mijn opleiding aan de Universiteit Hasselt met succes afronden.

Deze eindverhandeling heeft als onderwerp RFID (Radio Frequentie Identificatie) als hulpmiddel voor de verbetering van voorraadbeheer in een keten en sluit bijgevolg goed aan bij mijn afstudeerrichting. Het leek me erg interessant om onderzoek te doen naar dit hedendaagse onderwerp en de verworven kennis kan mij bovendien mogelijk goed van pas komen in mijn toekomstige loopbaan.

Verschillende personen hebben mij geholpen en/of bijgestaan tijdens het maken van dit werk. Ik wil hen dan ook mijn oprechte dank betuigen. Om te beginnen wil ik hierbij mijn promotor, Prof. dr. Gerrit Janssens, bedanken voor zijn deskundige raad, tips en opbouwende kritiek die hij mij heeft gegeven, alsook voor de kostbare tijd die hij hiervoor heeft vrijgemaakt.

Verder bedank ik ook het bedrijf Weidenhammer, gelegen te Mechelen, dat mij de mogelijkheid heeft geboden om een case study uit te werken, voor haar medewerking en nuttige informatie. In het bijzonder dank ik de heer Marc De Volder die mij erg goed ontvangen heeft op Weidenhammer en mij naar zijn beste vermogen geholpen heeft om mij de nodige informatie te verschaffen.

Ten slotte wil ik nog mijn ouders, familie, vrienden en vriendin bedanken voor hun steun, raad en het feit dat ze altijd voor me klaar stonden.

Samenvatting

Radio Frequentie Identificatie (RFID) is een techniek die gebruikt wordt om objecten te identificeren en te volgen binnen een supply chain met behulp van radiogolven. Deze technologie maakt het mogelijk om producten te scannen zonder dat hiervoor menselijke inspanningen vereist zijn. Aan de hand van een unieke productcode beschikt de gebruiker over alle nodige informatie omtrent dat product en kan men deze informatie gebruiken om beslissingen te nemen. Bovendien worden de producten voortdurend gescand en beschikt men bijgevolg op elk tijdstip over alle nauwkeurige gegevens.

Deze masterproef heeft als doel om na te gaan hoe RFID kan bijdragen tot een verbetering van het voorraadbeheer binnen een bedrijf, en bij uitbreiding binnen een supply chain. Hierbij wordt onderzocht wat de mogelijke voordelen en nadelen van het implementeren van een RFID-systeem zijn en worden deze tegen elkaar afgewogen.

De masterproef bestaat uit twee grote onderdelen, namelijk een literatuurstudie en een praktijkstudie. In de literatuurstudie wordt gezocht naar een antwoord op de centrale onderzoeksvraag: *'Hoe kan RFID-technologie bijdragen tot de verbetering van het voorraadbeheer in een keten?'* Dit wordt gedaan aan de hand van de studie van wetenschappelijke artikels. In de praktijkstudie wordt onderzocht of de theorie bevestigd wordt door wat we in de praktijk waarnemen. Hiervoor werd een case study uitgevoerd bij het bedrijf Weidenhammer in Mechelen.

In het eerste hoofdstuk van het theoretische gedeelte wordt de ontwikkeling van de technologie besproken, hoe deze in het verleden werd gebruikt en hoe ze vorm heeft gekregen. De technische specificaties van de verschillende componenten (hardware, software en middleware) worden eveneens in dit hoofdstuk toegelicht. Wat betreft de hardware wordt het hoofdstuk nog verder onderverdeeld in de tags en de lezers. Hierbij worden verschillende types van tags en lezers besproken en onder welke omstandigheden deze het best functioneren.

In het tweede hoofdstuk wordt gekeken naar de verschillende toepassingen die tegenwoordig mogelijk zijn op basis van RFID. Deze toepassingen zijn namelijk enorm uitgebreid en worden in erg veel verschillende industrieën toegepast. Er worden voorbeelden gegeven van RFID-toepassingen in onder meer de gezondheidszorg, defensie, toerisme, logistiek en nog veel meer. Op deze manier wordt al een indicatie gegeven over de verschillende mogelijkheden die RFID kan bieden.

Vervolgens worden de toepassingen en de voor- en nadelen in voorraadbeheer besproken. Het implementeren van RFID-technologie binnen een bedrijf zorgt namelijk voor een verhoging van de nauwkeurigheid van de informatie, een betere zichtbaarheid van de informatie en een daling in diefstal en misplaatsing. Verder kan de technologie ook gebruikt worden voor kwaliteitscontrole en voor het tracken en traceren van producten. Ook de nadelen (technologische beperkingen, milieu,...) worden hierbij nader toegelicht.

Om te weten of het al dan niet voordeliger is om RFID binnen een bedrijf in te voeren, moeten alle verschillende kosten en baten worden afgewogen en deze afweging gebeurt in hoofdstuk 4. Alle kosten die hiermee verbonden zijn worden nagegaan en toegelicht, alsook de baten. Het is weliswaar erg moeilijk om deze baten duidelijk te stellen door de verschillen tussen bedrijven. Sommige bedrijven voeren de technologie in over heel het bedrijf, sommige op een klein gedeelte van de organisatie, dus zijn de kosten en baten die daarmee verbonden zijn voor elk bedrijf verschillend.

Tot slot is er nog de praktijkstudie, een case study bij het bedrijf Weidenhammer in Mechelen. Weidenhammer is een bedrijf dat verpakkingen produceert en zij hebben niet lang geleden besloten om RFID-technologie te gaan implementeren in hun bedrijfsvoering om zo de kosten te doen dalen. Hierbij werd gekeken naar hun motieven voor deze verandering, of ze erin geslaagd zijn om meer winst te maken of andere voordelen te creëren hierdoor en of ze bepaalde moeilijkheden hebben ondervonden tijdens de implementatie.

Hieruit blijkt dat het voor het bedrijf een groot voordeel was om de technologie in te voeren, omdat zij er op verschillende manieren voordeel uit konden putten. Ze gebruiken de technologie voor kwaliteitscontrole, voorraadbeheer, distributie,... Ook het feit dat ze slechts voor één klant produceren helpt hierbij, omdat ze samen met deze klant het systeem hebben geïntroduceerd en ze dus volledig op elkaar afgestemd zijn wat betreft de RFID-technologie. Als laatste worden ook voor dit bedrijf de voor- en nadelen, de kosten en baten tegen elkaar afgewogen en blijkt dat in dit geval de baten veel groter zijn dan de kosten en het een goede beslissing was om te kiezen voor een systeem dat ondersteund wordt door RFID-technologie.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	I
Samenvatting.....	III
Inhoudsopgave	V
Hoofdstuk 1: De RFID-technologie	1
1.1. Definitie RFID	1
1.2. Evolutie van RFID	2
1.2.1. Het ontstaan van de technologie (voor 1950)	2
1.2.2. De onderzoeksjaren (1950-1980).....	3
1.2.3. De implementatieperiode (1980-2000).....	3
1.2.4. De recente ontwikkelingen (2000-heden)	4
1.3. De componenten: hardware	4
1.3.1. Tags.....	4
1.3.1.1. Algemeen.....	4
1.3.1.2. Indeling op basis van gegevensopslag.....	5
1.3.1.3. Indeling op basis van energievoorziening	5
1.3.2. Lezers.....	6
1.3.3. Overige componenten	8
1.4. De componenten: middleware	9
1.5. De componenten: software	10
1.6. Frequenties.....	10
Hoofdstuk 2: RFID toegepast in verschillende industrieën	13
2.1. Kleinhandel.....	13
2.2. Restaurants en voedingsindustrie.....	14
2.3. Gezondheidszorg.....	14
2.4. Logistiek.....	15
2.5. Toerisme en reisindustrie	16
2.5.1. Biometrisch paspoort	16
2.5.2. Skiliften	16
2.6. Bibliotheken.....	17
2.7. Defensie	18
2.8. Luchtvaart industrie	18
Hoofdstuk 3: RFID in voorraadbeheer.....	21

3.1. Probleemstelling	21
3.2. Voordelen van RFID in voorraadbeheer	22
3.2.1. Verhoging van de nauwkeurigheid van de informatie	23
3.2.1.1. Algemeen.....	23
3.2.1.2. Concrete voordelen.....	23
3.2.2. Betere zichtbaarheid van de informatie	24
3.2.2.1. Producten bijbestellen	25
3.2.2.2. Ontvangst en opslag van producten	25
3.2.2.3. Producten hertellen	25
3.2.2.4. Aanvullen van schappen.....	26
3.2.2.5. Reverse logistics.....	27
3.2.3. Daling van de inkrimping van de voorraad	27
3.2.3.1. Misplaatsing.....	27
3.2.3.2. Diefstal.....	27
3.2.4. Voorkomen van stockouts en excessieve voorraden	28
3.3. Voordelen van RFID in productie	29
3.4. Voordelen van RFID in distributie	30
3.4.1. Tracking en tracing van producten	30
3.4.2. AS/RS systemen.....	30
3.4.3. Beheer van activa	31
3.5. Nadelen van RFID.....	31
3.5.1. Technologische beperkingen	31
3.5.2. Beperkingen i.v.m. privacy.....	32
3.5.3. Nadelen ten gevolge van eigendomsrechten	32
3.5.4. Nadelen voor het milieu	33
3.5.5. Nadelen voor de gezondheid	33
Hoofdstuk 4: Kosten-baten analyse	35
4.1. Kosten.....	35
4.1.1. Kosten verbonden aan de investering.....	35
4.1.1.1. Aankoop van tags, lezers en software.....	36
4.1.1.2. Installatie van de verschillende onderdelen.....	36
4.1.1.3. Systeemintegratie	37
4.1.1.4. Training en communicatie	37
4.1.1.5. Algemene projectkosten	37

4.1.2. Exploitatiekosten.....	38
4.1.2.1. Jaarlijkse beheerskosten	38
4.1.2.2. Jaarlijkse gebruikskosten.....	38
4.1.3. Kosten van innovatie en uitbreiding.....	38
4.2. Baten	39
4.2.1. Verhoging van de opbrengsten	39
4.2.2. Verlaging van de operationele kosten.....	40
4.2.3. Optimalisatie van het activa management.....	40
4.2.4. Verbetering van de veiligheid en kwaliteitscontroles	41
4.3. Kosten vs baten.....	41
Hoofdstuk 5: Case study: Weidenhammer Packaging Group	43
5.1. Over Weidenhammer Packaging Group	43
5.1.1. Algemene info	43
5.1.2. Producten.....	43
5.1.3. Klanten.....	44
5.1.4. Markten	45
5.2. Motieven van Weidenhammer voor verandering naar RFID-technologie	46
5.3. Implementatie van de RFID-technologie binnen Weidenhammer	47
5.3.1. Leverancier.....	47
5.3.2. Technische specificaties.....	48
5.3.2.1. Type tags.....	48
5.3.2.2. Type lezers	48
5.3.2.3. Software	49
5.3.3. Problemen tijdens de implementatie.....	50
5.3.4. Trainingen voor de werknemers	51
5.3.5. Implementatiekosten	51
5.4. Gebruik van de RFID-technologie binnen Weidenhammer	53
5.4.1. Toegangspoort voor inkomende pallets.....	53
5.4.2. Pallets-ontstapelaar.....	54
5.4.3. Laden van de pallets	55
5.4.4. Plaatsing in het magazijn	55
5.4.5. Pallets klaar zetten voor verzending	56
5.4.6. Laden van de vrachtwagens.....	57
5.4.7. Distributie	58

5.5. Voordelen voor Weidenhammer ten gevolge van de RFID-technologie.....	58
5.5.1. Verlaging van het aantal fouten	58
5.5.2. Vermindering personeel	59
5.5.3. Verlaging kosten	60
5.5.4. Verbetering voorraadbeheer	60
5.6. Nadelen voor Weidenhammer ten gevolge van de RFID-technologie.....	61
5.6.1. Hoge investeringskost	61
5.6.2. Sociale kosten	62
5.6.3. Kosten m.b.t. milieu en gezondheid	62
Conclusie.....	63
Lijst van de geraadpleegde werken	65
Artikels	65
Boeken.....	68
Figuren.....	69
Bijlagen	71
Bijlage A: Lijst van figuren en tabellen	71
Bijlage B: RFID-gegevens programma Weidenhammer.....	72
Bijlage C: informatie omtrent RFID-systeem Weidenhammer	73

Hoofdstuk 1: De RFID-technologie

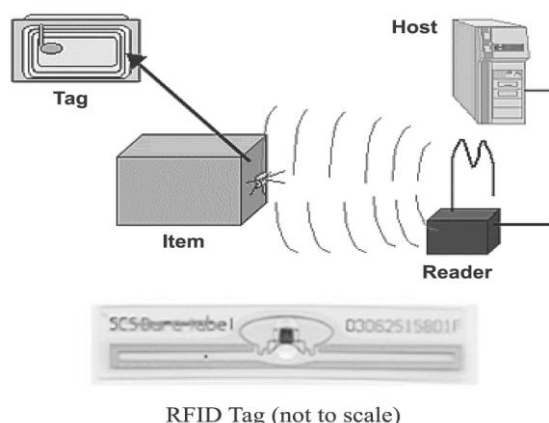
1.1. Definitie RFID

RFID staat voor Radio Frequency Identification en is een methode om producten of andere objecten te identificeren en te volgen met behulp van radiogolven. De objecten worden gescand door middel van readers (of lezers), zonder dat hiervoor mankracht nodig is. Deze lezers versturen immers een signaal dat wordt opgevangen door een plaatje, ofwel tag, dat aanwezig is op de objecten. Deze tag stuurt dan een signaal terug dat wordt opgevangen door de lezer. De lezer kan zo de fysieke beweging van de tag – en dus het object – volgen. De lezer zet deze informatie om in digitale informatie en stuurt deze door naar een computersysteem, waarna op een computer de gegevens kunnen worden bekeken en gebruikt (Zhu et al., 2012).

Omdat personeel niet langer nodig is voor de scanning, wordt het ook mogelijk om de objecten vaker te scannen. Zo wordt een beter beeld verkregen van de exacte locaties van de objecten en de veranderingen in deze locaties. Op deze manier kan efficiënter worden gewerkt, wat kostenbesparing oplevert en ook lagere voorraden mogelijk maakt. Daarnaast ontstaat een stockbreuk minder vaak en kan diefstal in de keten worden voorkomen alsook de namaak van producten (Palmans, 2007).

Een RFID-systeem (figuur 1) bestaat in het algemeen uit drie verschillende hoofdcomponenten:

- RFID-tags (aanwezig op de producten)
- RFID-lezers (aanwezig op verschillende locaties zoals magazijn, productievloer,...)
- Software die het mogelijk maakt om de gegevens te verwerken



RFID Tag (not to scale)
Figuur 1: RFID-systeem

In de volgende paragrafen zal eerst de evolutie van de technologie besproken worden en nadien zullen de verschillende onderdelen van de technologie uitgebreider toegelicht worden.

1.2. Evolutie van RFID

RFID is geen fenomeen van de laatste decennia, maar bestaat reeds langer dan algemeen bekend. Sinds de Tweede Wereldoorlog werden al bepaalde toepassingen op basis van radiogolven toegepast. Een kort overzicht van de geschiedenis van RFID is hier dan ook relevant.

1.2.1. Het ontstaan van de technologie (voor 1950)

Tegen het einde van de 19^e eeuw begonnen wetenschappers met onderzoek naar elektromagnetische velden en golven. In 1896 zorgde Guglielmo Marconi voor een eerste opmerkelijke prestatie, namelijk de eerste succesvolle overdracht van radiotelegrafie over de Atlantische Oceaan. Ernst F.W. Alexanderson ging nog wat verder en demonstreerde in 1906 de overdracht van een continue radiogolf. Dit wordt beschouwd als het begin van de moderne radiocommunicatie, waarbij alle aspecten van de radiogolven gecontroleerd worden (Landt, 2001).

Tijdens WO II beschikten de vliegtuigen van de verschillende landen over een radarsysteem om zo andere vliegtuigen te detecteren over een grote afstand met behulp van radiogolven. Het was echter onmogelijk om te weten of het dan ging om een bondgenoot of een vijandig vliegtuig. De Duitsers ontdekten echter dat wanneer de piloot het vliegtuig deed omwentelen, de radiogolven veranderden. Door dit toe te passen konden zij te weten komen of het om een eigen vliegtuig ging of een vliegtuig van de geallieerden. De Britten ontwikkelden hun eigen systeem dat vermeld wordt door Domdouzis, Kumar en Anumba (2006), op basis van transponders die op de vliegtuigen geïnstalleerd werden. Wanneer de transponders signalen ontvingen van grondbasis, konden zij hiermee een signaal terugsturen, zodat de basis wist of dit een Brits vliegtuig was of niet. Dit IFF (Identify Friend or Foe) wordt beschouwd als het eerste actieve RFID-systeem.

1.2.2. De onderzoeksjaren (1950-1980)

In de jaren 1950 werd veel onderzoek verricht naar de mogelijkheden van de RFID-techniek met verschillende wetenschappelijke publicaties als gevolg. In de jaren 1960 begonnen onderzoekers vervolgens met het ontwerpen van verschillende prototype-systemen. Enkele bedrijven (bv. Sensormatic, Checkpoint) ontwikkelden systemen voor commerciële toepassingen, namelijk anti-diefstal systemen. Hierbij waren 1-bit-tags vastgemaakt aan dure spullen (juwelen, dure kledij,...) en kon men aan de hand van het systeem te weten komen of deze producten nog aanwezig waren of niet. De tag was namelijk 'aan' of 'uit' en kon enkel uitgezet worden door scannen aan de kassa. Wanneer iemand dus iets meenam zonder te betalen, werd dit product gescand aan de deur en ging een alarm af (Roberts, 2006).

In het daaropvolgende decennium, de jaren 1970, begonnen ook universiteiten zoals de Northwestern University en grote onderzoekslaboratoria meer en meer onderzoek te doen naar RFID. Het Los Alamos National Laboratory werd bijvoorbeeld door de Amerikaanse regering gevraagd om een systeem te ontwikkelen dat nucleaire materialen kon detecteren. Ook het gebruik van tags bij dieren werd verder ontwikkeld en zelfs toegepast (Landt, 2001).

1.2.3. De implementatieperiode (1980-2000)

Hierna begon de volledige implementatie van RFID-systemen in het dagelijks leven. Het traceren van dieren met behulp van tags werd in bijna heel Europa toegepast en ook de tolwegen in Italië, Frankrijk, Spanje, Portugal en Noorwegen werden voorzien van RFID-technologie (Roberts, 2006). In de Verenigde Staten werden vooral toepassingen ontworpen voor de transportsector. Een voorbeeld hiervan is de Dallas North Tollway, die in 1989 de eerste snelweg in de V.S. werd waarbij de tolheffing elektronisch gebeurde. Ook de havens van New York en New Jersey gebruikten RFID-technologie om de bussen die door de Lincoln tunnel kwamen tol te laten betalen (Landt, 2001).

In de jaren 1990 raakte de elektronische tolheffing wereldwijd verspreid, net als het gebruik van RFID bij spoorwegtransport. Daarnaast werden in het begin van dit decennium door IBM-ingenieurs de eerste RFID-systemen met ultrahoge frequentie ontwikkeld. Deze boden een grotere leesafstand en een snelle informatieoverdracht. Landt (2001) wijst er eveneens op dat tags ontwikkeld werden die voor verschillende doeleinden gebruikt konden worden, m.a.w. één tag die gebruikt kon worden voor bijvoorbeeld tolheffing en (op een ander moment) voor toegang tot een parkeerplaats. Ook deze multifunctionele tags werden voor het eerst gebruikt in de Verenigde Staten.

1.2.4. De recente ontwikkelingen (2000-heden)

In 1999 werd het auto-ID centrum opgericht aan het technologie-instituut in Massachusetts (MIT). Twee professoren, David Brock en Sanjay Sarma, deden er onderzoek naar de mogelijkheid om RFID te gebruiken in de supply chain en tags aan te brengen op alle soorten producten om ze te kunnen traceren doorheen de volledige supply chain. Hun idee was om enkel een serienummer op de producten aan te brengen waardoor een kleine – en dus relatief goedkope – microchip voldoende zou zijn.

Dit centrum kreeg in het begin van de jaren 2000 veel steun van verschillende mogelijke eindgebruikers, het Amerikaanse departement van Defensie en RFID-verkopers. Er werden onderzoekslaboratoria geopend in Australië, Japan, China, Zwitserland en het Verenigd Koninkrijk. In 2003 werd het centrum gesloten en werden de verantwoordelijkheden voor het onderzoek doorgegeven aan de verschillende auto-ID laboratoria over de hele wereld.¹

1.3. De componenten: hardware

1.3.1. Tags

1.3.1.1. Algemeen

De tag heeft als doel om gegevens aan een product te hechten. Via deze tag kan op elk moment de informatie over een bepaald product opgevraagd worden. Deze informatie betreft zowel de algemene gegevens betreffend het product (bijvoorbeeld de naam, de beschrijving en een unieke code) als de veranderende locatiegegevens.

Een tag (figuur 2) bestaat meestal uit twee componenten. De eerste is een microchip, waar de gegevens op opgeslagen zijn. Deze chip is verbonden met de tweede component, de antenne, die de radiogolven, die door de lezers verstuurd worden, kan ontvangen en in sommige gevallen ook zelf radiogolven kan versturen. De gehele tag zit ingepakt in een omhulsel (van plastic, papier of metaal) om het geheel te beschermen. Zo zorgen omhulsels van kunststof of metaal ervoor dat de tags beschermd zijn tegen water en dergelijke, en bovendien dat de chips niet beschadigd geraken bij opslag of transport van goederen met RFID-tags (Van den Broeck, 2006).



Figuur 2: RFID-tag

¹ Bron: www.rfidjournal.com/articles/view?1338

Aangezien tags in enorm veel verschillende soorten bestaan, kunnen we ze ook op verschillende manieren opdelen. In de volgende paragrafen wordt een onderscheid gemaakt enerzijds op basis van de manier waarop de gegevens opgeslagen worden en anderzijds de manier waarop ze voorzien worden van energie.

1.3.1.2. Indeling op basis van gegevensopslag

Op basis van de verschillende wijzen van gegevensopslag op een tag zijn er drie types van RFID-tags te onderscheiden: read-only tags (RO), write-once read-many tags (WORM) en read-write tags (RW). Het verschil in deze vormen komt tot uiting in het aantal keren dat een tag kan beschreven of gelezen worden.

De **read-only tags** krijgen door de fabrikant van de tags een code. Deze code kan nadien niet meer gewijzigd worden en er kan geen extra informatie aan de tag toegevoegd worden. Op dit soort tag kan 32 tot 64 bits aan informatie worden opgeslagen. Deze tags worden vooral gebruikt voor kleine toepassingen.

De **write-once read-many tags** kunnen eenmalig door de gebruiker met informatie beschreven worden. Naast het serienummer op de tag kan er bijvoorbeeld ook een beschrijving van het product of iets dergelijks aan toegevoegd worden. Nadat de tag beschreven is door de gebruiker kunnen de gegevens enkel nog gelezen worden, maar niet meer worden gewijzigd. Op deze tags kunnen 128 to 256 bits aan informatie worden opgeslagen. Het grootste voordeel van dit type tag is dat de gebruiker zelf eenmalig gegevens kan toevoegen naast het reeds door de leverancier ingevoerde serienummer.

De **read-write tags** bevatten gegevens die door iedere lezer gewijzigd of overschreven kunnen worden. Op elk ogenblik kan de gebruiker nieuwe data op de tag plaatsen of oude data verwijderen en overschrijven. Op een read-write tag kan tot 512 kb aan informatie opgeslagen worden. Doordat deze tags meer mogelijkheden bevatten dan de andere types, zijn de read-write tags duurder dan de andere types (Van den Broeck, 2006).

1.3.1.3. Indeling op basis van energievoorziening

Op basis van de manier waarop de tags zich van energie voorzien, kunnen we ze in drie groepen indelen, namelijk de actieve tags, de passieve tags en de semipassieve tags. De verschillen tussen deze types van tags worden hieronder kort toegelicht.

Actieve tags hebben een eigen energiebron (batterij), waarmee ze signalen kunnen genereren die ze naar de lezers sturen. De voordelen van een actieve tag zijn dat ze meestal een groter geheugen en een groter bereik hebben dan de andere types van tags. Zij kunnen op grotere afstanden (>100m) gelezen worden. Een bijkomend voordeel is dat ze kunnen uitgebreid worden met ander sensoren zoals temperatuursensoren, lichtsensoren,... Een nadeel is dat de batterij de omvang van de tag aanzienlijk vergroot. Ook de batterij gaat natuurlijk niet eeuwig mee; deze gaat maximum 10 jaar mee. De gegevens gaan dan echter niet verloren. Zij worden behouden, maar de tag wordt nu een passieve tag (Hodges & McFarlane, 2005).

Passieve tags hebben geen batterij, maar gebruiken de radiogolven die uitgestuurd worden door de lezer als energiebron. Wanneer ze deze golven opvangen, kunnen ze zelf de informatie die aanwezig is op de tags terugsturen. Deze tags kunnen niet zelf een signaal versturen voordat ze er één hebben opgevangen. De voordelen zijn de beperkte grootte van de tags door de afwezigheid van een batterij, de onbeperkte levensduur en een lagere prijs. De nadelen zijn een beperkte leesafstand en een veel kleiner geheugen dan de actieve tags (Hodges & McFarlane, 2005).

Semi-passieve tags (of semi-actieve tags) zijn tags die de eigenschappen van zowel de actieve als de passieve tags bevatten. Ze beschikken over een batterij die de tag van energie kan voorzien om signalen uit te sturen, maar zij maken hiervan geen gebruik. Ze wachten met het verzenden van informatie tot ze een signaal opvangen dat afkomstig is van de lezer, zoals de passieve tags. Doordat een energiebron toch aanwezig is, gebruikt men deze ook om het signaal terug te sturen. Bijgevolg is de leesafstand van een semi-passieve tag gevoelig groter dan die van een passieve tag. Verder zorgt de batterij ervoor dat de semi-passieve tag over een groter geheugen beschikt dan de passieve tag.

1.3.2. Lezers

RFID-lezers (figuur 3, 4 en 5) zorgen voor het ontvangen en versturen van radiogolven tegen een bepaalde frequentie om de aanwezigheid van nabije RFID-tags op te sporen. Met behulp van één of meerdere antennes – een bespreking van antennes volgt in het volgende deel – worden de golven uitgezonden, waarna ze door de tags worden opgevangen en er een signaal wordt teruggestuurd. Dit signaal wordt dan opnieuw opgevangen door de lezers, versterkt en omgezet naar een veel lagere frequentie. Zo beschikken de lezers over de informatie die doorgegeven wordt door de tags en kunnen ze deze informatie op hun beurt doorsturen naar een besturingssysteem op een computer.



Figuur 3: verstelbare RFID-lezer



Figuur 4: RFID-lezer met kabel



Figuur 5: lange-afstands UHF RFID-lezer

Een lezer bestaat uit verschillende onderdelen, namelijk een real-time processor, een besturingssysteem, een virtueel draagbaar geheugen en een zender/ontvanger in een kleine zelfstandige module. Het geheel kan gemakkelijk in het plafond of op een andere geschikte plaats geïnstalleerd worden, zodat het nergens in de weg staat voor de normale bedrijfsvoering, maar toch alle producten zonder problemen kan scannen.

De keuze van de lezer hangt uiteraard ook af van de fysieke omgeving waar de lezer zich in bevindt. De lezer moet mogelijk bestand zijn tegen bepaalde temperaturen, stofdeeltjes en vochtigheid. De keuze van de soort lezers hangt meestal samen met de keuze van de soort van tags. Bovendien moet de lezer compatibel zijn met de IT-infrastructuur die het bedrijf gebruikt.

Er bestaan verschillende soorten lezers afhankelijk van de wijze waarop de producten gescand worden. Hieronder volgen enkele voorbeelden, aangehaald door Lahiri (2005).

- *Portal readers*: dit zijn lezers die bij de ingang, uitgang of doorgang van een fabriek of opslagplaats staan en die de tags scannen bij het binnenkomen en/of verlaten van een bepaalde ruimte. Deze soort lezers worden meestal gebruikt door warenhuizen en laad- en losplaatsen.

- *Tunnels*: dit zijn lezers in de vorm van een tunnel. Zij worden vaak gebruikt bij een lopende band, waarbij ze een tunnel vormen over deze band en op die manier de signalen versturen en ontvangen en dus de objecten scannen. Meestal zijn deze tunnels beschermd met een behuizing die externe storingen zoveel mogelijk uitsluit. Dit soort lezer wordt het vaakst gebruikt binnen een assemblagelijijn.

- *Smart shelves*: Dit zijn rekken die uitgerust zijn met RFID-lezers, waardoor het mogelijk is om exact te weten te komen wanneer een bepaald product uit de rekken is genomen of erin is geplaatst. Dit systeem maakt het mogelijk om een real-time inventory bij te houden en producten die vervallen zijn en nog steeds in de rekken staan aan te duiden. Ook hierrond zit meestal een bescherming zodat storingen van buitenaf geminimaliseerd worden. Het grote nadeel aan smart shelves is de kostprijs. In theorie moet elk rek van het magazijn voorzien worden met een lezer en dat kan in vele gevallen leiden tot een olopend kostenplaatje.

1.3.3. Overige componenten

Buiten de tags en de lezers zijn er nog andere onderdelen van belang voor een optimale werking van het RFID-systeem. Eén van deze onderdelen is de antenne, die zorgt voor de communicatie tussen de lezers en de tags. Ze zorgt voor het opvangen van de radiogolven, wat een erg belangrijke functie is door de beperkte leesafstand van de meeste tags. Antennes bestaan in verschillende vormen en groottes, afhankelijk van de omgeving waarin ze werkzaam moeten zijn. Bij het ontwerpen van een antenne wordt rekening gehouden met de leesafstand, het producttype, de oriëntatie, de polarisatie, de specifieke werkomstandigheden en de snelheid waarmee de objecten passeren (Yüksel & Yüksel, 2011).

Verder dient ook een controle-apparaat aanwezig te zijn. Dit controle-apparaat betreft in de meeste gevallen een computer waarop alle gegevens opgeslagen zijn in verschillende databases en waarop de nodige software functioneert. In grote omgevingen kan het gaan om een netwerk dat bestaat uit een algemene server en verschillende computers die in verbinding staan met elkaar. Dit controle-apparaat dient voor de algemene controle van het systeem, het beheren van de gegevens en de analyse van de voorraden op een continue basis (Yüksel & Yüksel, 2011).

Ten slotte zijn nog verschillende sensoren aanwezig om bijvoorbeeld de beweging van objecten vast te stellen en de infrastructuur die er voor moet zorgen dat de algemene communicatie binnen het systeem correct verloopt.

1.4. De componenten: middleware

Enkel de hardware is niet voldoende voor de werking van RFID, ook middleware moet aanwezig zijn om ervoor te zorgen dat alle gegevens beschikbaar zijn op een computersysteem en van daaruit verder geanalyseerd en geïmplementeerd kunnen worden met behulp van de juiste software applicaties.

De middleware vormt als het ware de brug tussen het RFID-systeem en het IT-systeem dat aanwezig is binnen een bedrijf. Zij zorgt voor de transformatie van de gegevens die verkregen zijn via de lezers. Zo wordt de informatie gefilterd, geformatteerd en geordend tot ze bruikbaar is voor de gebruikers.

Volgens Yüksel en Yüksel (2011) zijn er in feite vier hoofdfuncties voor RFID-middleware met betrekking tot het managen van gegevens.

1. Gegevens verzamelen: Middleware is verantwoordelijk voor de extractie, het bijeenbrengen en het filteren van gegevens afkomstig van verschillende RFID-lezers in een RFID-netwerk. De middleware dient als een buffer tussen de grote hoeveelheden ruwe gegevens die worden verzameld door RFID-lezers en de relatief kleine hoeveelheid gegevens die voor IT-systemen nodig zijn in het besluitvormingsproces. Zonder deze buffer, kan een IT-systeem snel worden overweldigd door de grote stroom aan gegevens.

2. Data management: Middleware vergemakkelijkt de integratie van RFID-netwerken met bedrijfssystemen. Het bepaalt welke gegevens waarheen moeten worden verstuurd. Het doet dit door het begeleiden van gegevens naar de gepaste bedrijfssystemen binnen een organisatie.

3. Proces management: RFID-middleware is een toepassing van kennis, vaardigheden, tools, technieken en systemen voor het definiëren, visualiseren, meten, controleren, rapporteren en verbeteren van supply chain processen met als doel op een winstgevende manier te voldoen aan de eisen van de klant. Het betreft het geheel van planningsactiviteiten en de controle op de performantie van een bedrijfsproces. Middleware kan bovendien worden gebruikt als trigger voor bepaalde gebeurtenissen. Bijvoorbeeld: een order wordt aangemaakt op de website van een bedrijf en een pallet ligt op een dok ergens in een magazijn te wachten om verzonden te worden. Het IT-systeem dat verantwoordelijk is voor het uitvoeren van deze zending geeft de bestelling door aan het middleware-systeem. De middleware lokaliseert vervolgens het specifieke dok waar de pallet opgeslagen ligt en schrijft de leveringsinformatie over op de tag van de pallet. Zo kan de verzending sneller gebeuren en ontstaat een verbetering van de efficiëntie van het bedrijfsproces.

4. *Apparaatbeheer*: Middleware moet bepaalde technologieën, protocollen en standaarden bevatten die gebruikt worden om het beheer op afstand van de RFID-apparaten mogelijk te maken, en updates van software of middleware via de ether uit te voeren. Op die wijze kan de werkgever of de eindgebruiker gebruik maken van middleware via een webportal om de firmware te updaten, om middleware-toepassingen te installeren en bepaalde bugs te herstellen. Zo kan een groot aantal RFID-apparaten worden beheerd met middleware, waardoor de eindgebruiker wordt bevrijd van de technische vereiste om het RFID-systeem te updaten. Voor supply chain management en zakelijke toepassingen, zorgt een goed apparaatbeheer voor een betere controle, meer updates, een verhoogde veiligheid en beter beheer evenals een toename van de efficiëntie en een vermindering van de kans dat het apparaat uitvalt.

1.5. De componenten: software

De software ontvangt de verwerkte gegevens afkomstig van de lezers via de middleware. Deze gegevens zijn reeds omgezet in het juiste formaat en onnodige informatie is al verwijderd. Zo worden bijvoorbeeld sommige tags dubbel gelezen waardoor er ook dubbele informatie aanwezig is. Deze dubbele info wordt na filtering verwijderd zodat de software niet overladen wordt met een te grote hoeveelheid gegevens.

Afhankelijk van de afdeling moeten vaak nog extra pakketten software aangekocht worden of zelf geschreven worden om de nodige acties te kunnen uitvoeren. Ook kan het zijn dat de reeds aanwezige software moet aangepast worden en extra functies geïmplementeerd moeten worden om optimaal gebruik te maken van het RFID-systeem. Deze aanpassingen zijn nodig om de verdere verwerking van de gegevens zo goed mogelijk te laten verlopen.

1.6. Frequenties

De RFID-tags en -lezers communiceren met elkaar aan de hand van radiogolven. Er zijn echter verschillende frequenties waarin ze met elkaar communiceren. Zo wordt onderscheid gemaakt tussen de lage frequentie (LF), de hoge frequentie (HF), de ultrahoge frequentie (UHF) en de microgolffrequentie (μ W). Deze frequenties hebben allemaal enkele voor- en nadelen aangezien de radiogolven zich anders gedragen naargelang de frequentie. Het is dus belangrijk de juiste frequentie te gebruiken met het oog op de functies die verricht moeten worden. Hieronder volgt een overzicht (Yüksel & Yüksel, 2011).

De *lage frequentie* (125 en 134 kHz) is wereldwijd aanvaard en wordt vaak gebruikt in de praktijk. Deze frequentie werkt bovendien goed in de buurt van metaal of vloeistof. Een eerste nadeel is dat de tags redelijk duur zijn. Verder is de leesafstand beperkt ($<0,5\text{m}$) en is de overdracht van gegevens redelijk traag. Ten slotte heeft deze geen anti-collisie functie, wat wil zeggen dat de lezers niet in staat zijn meerdere tags tegelijk te lezen. Dit vertraagt uiteraard het verwerkingsproces.

De *hoge frequentie* (13,56 MHz) is eveneens wereldwijd aanvaard. Ook deze systemen werken goed in de buurt van metalen en vloeistoffen, maar iets minder goed dan de lage frequenties. Hier is de anti-collisie functie wel aanwezig, wat de lezer ertoe in staat stelt om 10-40 tags per seconde te scannen. De communicatie verloopt bijgevolg ook sneller dan die bij de lage frequenties. Een nadeel is dat de leesafstand nog steeds relatief kort is ($<1,5\text{m}$).

Bij de *ultrahoge frequenties* (868-950 MHz) kan de leesafstand verhoogd worden tot vier meter. Een lezer kan aan deze frequenties 50 tags per seconde scannen en heeft een hogere communicatiesnelheid dan de systemen met een lagere frequentie. Een nadeel is wel dat de tags moeilijk leesbaar zijn in de nabijheid van metalen of vloeistoffen. Verder komen de frequenties in Europa en Amerika niet overeen, omdat de frequenties die in Europa gebruikt worden overlappen met de frequenties die in Amerika gebruikt worden voor gsm toestellen.

De *microgolffrequenties* (2,45-5,8 GHz) hebben als voordeel op de voorgaande drie dat deze een hogere communicatiesnelheid hebben. De gegevens zijn dus sneller beschikbaar dan bij de andere frequenties. De tags zijn wel slechts leesbaar binnen een afstand van 2 meter en zijn bovendien moeilijk leesbaar wanneer ze zich dichtbij metalen of vloeistoffen bevinden. Deze microgolven worden meestal gebruikt voor specifieke doeleinden en voor het identificeren van voorwerpen met hoge snelheden.

In het algemeen kunnen we stellen dat hoe hoger de frequentie van het systeem is, hoe sneller de communicatie zal verlopen, hoe groter de tags zijn en hoe moeilijker de leesbaarheid in de buurt van vloeistoffen of metalen is. Ook hier moet dus overal rekening mee gehouden worden, zodat het juiste systeem gekozen wordt voor de specifieke omgevingsomstandigheden en doeleinden van het systeem.

Hoofdstuk 2: RFID toegepast in verschillende industrieën

De toepassingen van RFID zijn erg divers en bijgevolg kan de technologie gebruikt worden binnen verschillende industrieën met een zeer uitgebreid aanbod aan mogelijkheden. Hieronder volgen enkele voorbeelden van toepassingen op verschillende vlakken.

2.1. Kleinhandel

Een zeer populair systeem voor voorraadbeheer en voorraadaanvulling dat op grote schaal gebruikt wordt in de kleinhandel is het 'quick response' systeem. De effectieve implementatie van zulk een systeem vereist een efficiënt systeem voor voorraadbeheer en is afhankelijk van de consolidatie, integratie en analyse van de verzamelde gegevens uit verschillende bronnen binnen de supply chain zoals leveranciers, fabrikanten, distributeurs, groothandelaars, verladers en kleinhandelaars.

Traditioneel werden de opslagmethoden en het voorraadbeheer door mensen uitgevoerd, wat erg arbeidsintensief, tijdrovend en foutgevoelig is. RFID kan hierbij van immense hulp zijn om dit werk te vergemakkelijken. Een product met een RFID-tag kan onmiddellijk worden gevolgd nadat het is afgeleverd bij de winkel. Met deze informatie kan de voorraad in het magazijn worden geminimaliseerd en tegelijkertijd kunnen de rekken gevuld blijven (Gaukler et al., 2007). Dit verbetert ook de winkelbeveiliging en zorgt voor een betere analyse van de verkoopgegevens. Zo verplichtte Wal-Mart bijvoorbeeld zijn 100 belangrijkste leveranciers (o.a. Procter & Gamble) om allemaal RFID-tags op alle paletten en kisten te plaatsen tegen eind 2005 (Zhu et al., 2012).

Een andere belangrijke toepassing in deze industrie, die al even werd aangehaald in sectie 1.3.2, is het gebruik van zogenaamde smart shelves. Deze rekken hebben RFID-lezers ingebouwd waardoor ze tags kunnen lezen die vastgemaakt zijn aan individuele producten. Op die manier is altijd geweten hoeveel producten nog aanwezig zijn op de rekken en moet dit aantal niet meer door een werknemer gecontroleerd worden. Bovendien kan ervoor gezorgd worden dat er een melding gegenereerd wordt wanneer een rek bijna of helemaal leeg is, zodat het bijgevoerd kan worden vanuit het magazijn. Producenten profiteren hier ook van aangezien de smart shelves ervoor zorgen dat er continu producten in de rekken liggen, waardoor ze op elk moment zichtbaar zijn voor de klanten en verkocht kunnen worden (Zhu et al., 2012).

2.2. Restaurants en voedingsindustrie

In de restaurant-industrie is één van de grootste problemen de beperkte houdbaarheid van bepaalde voedingsproducten. Wanneer deze producten niet in de juiste omstandigheden getransporteerd worden, zijn ze niet langer bruikbaar of van lagere kwaliteit. Dit heeft enkele belangrijke gevolgen. Ten eerste mist een restaurant een bepaalde omzet als het sommige producten niet kan verkopen. Ten tweede, en veel erger, kan een vervallen product dat toch gebruikt wordt leiden tot voedselvergiftiging van een klant. Dit leidt dan weer tot verlies aan klanten door de slechte naam en dus een veel groter verlies van de omzet. Door de steeds toenemende wetgeving rond voedsel waarbij steeds meer informatie beschikbaar moet zijn, zijn producenten en consumenten ook meer en meer geneigd om producten met een RFID-tag te gebruiken.

Door RFID te gebruiken kan men op elk moment weten welke producten nog aanwezig zijn in de voorraad en hoe lang deze producten nog bruikbaar zijn, zonder dat iemand daarvoor alles handmatig moet gaan controleren. Bovendien kan men ook in deze toepassing ervoor zorgen dat meldingen gegenereerd worden wanneer bepaalde producten op het punt staan om te vervallen, zodat ook deze producten niet verloren gaan. Daarnaast wordt ook gebruik gemaakt van RFID met temperatuursensoren om de temperatuur van voedingsstoffen te controleren tijdens de distributie en zo verspillingen en bederving tegen te gaan (Estrada-Flores & Tanner, 2008).

Ook in de vleesproductie wordt door sommige bedrijven gebruik gemaakt van RFID-toepassingen. Hierbij gaat het vooral om de herkomst van het vlees te kunnen achterhalen en er zeker van te zijn dat een stuk vlees het juiste is en van de correcte plaats afkomstig is. Op die manier kunnen ook agrarische bedrijven ingeschakeld worden in de supply chain (Zhu et al., 2012).

2.3. Gezondheidszorg

Een aantal toepassingen van RFID hebben reeds hun weg gevonden richting de gezondheidszorg. Hier worden ze gebruikt om de controle en de veiligheid van de patiënten te verbeteren en het gebruik van activa (medische apparatuur) te optimaliseren. Verder wordt de technologie ook gebruikt om de correcte locatie van medische apparatuur te achterhalen om zo medische fouten te verminderen (Weis, 2007).

De markt om RFID in de gezondheidszorg te gaan toepassen zou bovendien erg snel stijgen tot een waarde van 2.1 miljard dollar (1.6 miljard euro) in 2016. Deze groei zou vooral veroorzaakt worden door het individueel taggen van geneesmiddelen en door 'real time locating systems' (RTLS) voor personeel, patiënten en materiaal. Dit zou op zijn beurt de efficiëntie, veiligheid en beschikbaarheid moeten verhogen en verliezen reduceren (Zhu et al., 2012).

Tegenwoordig wordt RFID in de gezondheidszorg eerder ter preventie van fouten gebruikt, maar in de toekomst zijn de doelstellingen ook nog een snelle, nauwkeurige voorraad beheren, diefstal voorkomen en controle van de kosten. Ook het tracken en traceren van medicijnen of het terugvinden van bezoekers in een groot ziekenhuis horen waarschijnlijk tot de mogelijkheden voor de toekomst.

2.4. Logistiek

Ook in de logistiek zijn belangrijke voordelen te halen door het gebruik van RFID, zoals hiervoor reeds kort werd aangehaald. Zo kan bepaalde logistieke informatie gedeeld worden via een EPC-netwerk. EPC is de afkorting van electronic product code en is een eenvoudige en compacte code, aanwezig op de RFID-tag, die objecten eenduidig identificeert binnen een logistieke keten. Dit netwerk verbetert het verscheppen, ontvangen en opslaan van producten en zorgt voor een hogere automatisering van bepaalde bedrijfsprocessen. Door deze toepassing wordt er meer informatie gedeeld tussen de verschillende spelers in de supply chain en wordt die informatie ook beter op elkaar afgestemd.

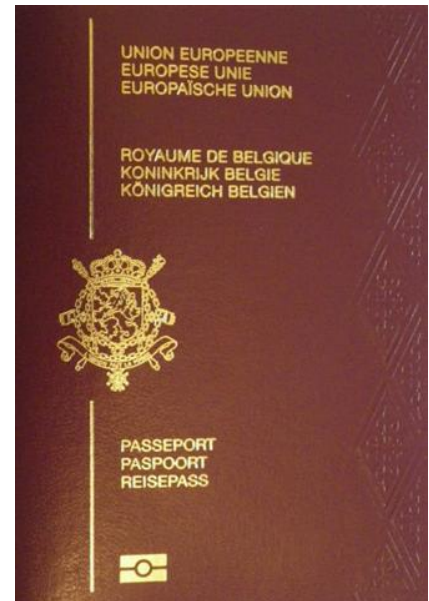
Verder kan men binnen deze sector ook gebruik maken van real-time location systems (RTLS) op basis van RFID. Dit zijn systemen waardoor de exacte locatie van een object binnen een keten achterhaald kan worden. Er is onderzoek verricht naar de waarde van RTLS informatie over de precieze locaties van fysieke objecten in een productiesysteem en hieruit bleek dat dit de zichtbaarheid en controle van processen verhoogt t.o.v. de oudere systemen. Bovendien neemt de efficiëntie van de logistieke processen toe.

Daarnaast werd door Wang et al. (2008) onderzoek verricht naar real-time beheersystemen voor voertuigen, waarbij gebruik werd gemaakt van RFID, geografische informatie systemen (GIS) en GPS om de optimale routes voor transportvoertuigen te plannen, gebruik makende van real-time logistieke informatie. Hierbij werd een bepaalde heuristiek gebruikt om de planning voor een voertuig te formuleren en de optimale oplossing voor deze planning te vinden. Of dit financieel volledig haalbaar is met de huidige technologische middelen moet nog onderzocht worden (Zhu et al., 2012).

2.5. Toerisme en reisindustrie

2.5.1. Biometrisch paspoort

Een grootschalige toepassing van RFID ontstond toen de Amerikaanse regering besloot om RFID-chips te verwerken in de Amerikaanse paspoorten in 2006. Dit nieuw type van paspoort wordt het biometrisch paspoort genoemd. In 2005 werden al 10 miljoen van dit type paspoorten besteld en in 2006 kwamen daar nog eens 13 miljoen bij. Tegenwoordig worden deze paspoorten over bijna heel de wereld gebruikt, met uitzondering van enkele landen in Latijns-Amerika (bv. Mexico, Peru, Bolivia) en het grootste deel van Afrika. Op de chips staat dezelfde informatie die normaal gezien ook op het paspoort zelf staat, zoals de naam, het geslacht, geboorteplaats en geboortedatum en een digitale foto van de persoon zelf. In de toekomst is het ook de bedoeling om hier de vingerafdrukken, een irisherkenning en de visa voor verschillende landen aan toe te voegen (Zhu et al., 2012). Hiernaast staat een Belgisch biometrisch paspoort weergegeven. Let hierbij op het symbool onderaan, dat aangeeft dat het om een paspoort met een RFID-chip gaat.



Figuur 6: biometrisch paspoort

Dit type paspoort wordt al veel gebruikt en bevat ook verschillende beschermingsmechanismes om onrechtmatige overdracht van informatie tegen te gaan. Sinds de aanslagen op de WTC-torens is een groeiende argwaan ontstaan wat betreft mensen die met het vliegtuig reizen en dit zou een oplossing zijn om groeperingen van terroristen te beletten aanslagen te plegen. De keerzijde van de medaille is wel dat de privacy sterk vermindert, wat dan weer felle tegenstand uit bepaalde hoeken veroorzaakt. Er zijn dus zowel voor- als tegenstanders, zoals bij elke nieuwe technologische ontwikkeling waarbij gegevens wijdverspreid gedeeld kunnen worden.

2.5.2. Skiliften

In verschillende grote skigebieden wordt RFID gebruikt om de skiërs toegang te geven tot skiliften zonder dat ze hiervoor hun skipas telkens moeten bovenhalen. Hier wordt gewerkt met RFID-lezers bij de toegang tot skiliften. Dit vergemakkelijkt het gebruik van de skiliften aanzienlijk en zorgt bovendien voor een groter gemak voor de skiërs en snowboarders, zodat ook de kwaliteit van de dienstverlening hiermee verhoogd wordt.²

² Bron: www.mountain-pass-systems.com

2.6. Bibliotheken

RFID kent ook toepassingen die gebruikt worden in bibliotheken. Ayre (2012) beschrijft de toepassingen en voordelen van RFID in een bibliotheek. RFID kan in deze 'industrie' van groot nut zijn omdat de bibliotheken de uitdaging ondervinden van het beheer van een steeds groter wordende verzameling boeken, Dvd's en tijdschriften, terwijl ze hun werkingsbudget laag proberen te houden. RFID kan hierbij gebruikt worden om alle relevante informatie van een boek of tijdschrift op te slaan op de chip.

De voordelen van deze toepassingen in bibliotheken zijn divers. Om te beginnen kunnen uitleners verschillende boeken zelf uitchecken met één enkele scan en is hierbij geen personeel meer vereist. Daarnaast wordt het proces van gegevensbeheer versneld door de betere zichtbaarheid van de informatie, aangezien een heel schap binnen enkele seconden geteld en geïdentificeerd kan worden. Ten slotte kan men ook in bibliotheken gebruik maken van smart shelves zodat de exacte locatie van bepaalde boeken vastgesteld kan worden en dit de hoge kost van verkeerd geplaatste of verloren boeken volledig wegwerkt. De grootste implementatie van RFID in een bibliotheek zou de academische bibliotheek van de universiteit van Hong Kong zijn waar maar liefst 1,8 miljoen items een RFID-tag bevatten in oktober 2011 (Zhu et al., 2012).



Figuur 7: een RFID-systeem in een bibliotheek

2.7. Defensie

Er zijn ook verschillende handige toepassingen van RFID die gebruikt kunnen worden voor militaire doeleinden. Om te beginnen wil men RFID gebruiken voor het beheer van de voorraden van het geschut in verschillende landen. De regering heeft namelijk een kritische nood aan een hoge nauwkeurigheid en zichtbaarheid van de voorraad om:

- de exacte hoeveelheid, locatie, toestand en waarde te weten van de activa die het bezit,
- zijn activa te beschermen tegen fysieke achteruitgang, diefstal, verlies of wanbeheer,
- onnodig opslaan te voorkomen, alsook onderhoudskosten en aankoop van activa die het al bezit,
- de volledige kost te bepalen van overheidsprogramma's die gebruik maken van deze activa.

Een nadeel is het feit dat bepaalde (goedkopere) tags minder goed werken in de buurt van metaal. Aangezien het overgrote deel van de wapens van metaal gemaakt zijn, is men genoodzaakt iets duurdere tags te gebruiken om de voorraden te beheren.³

Daarnaast had het Amerikaanse leger ook plannen om in de toekomst bij alle soldaten een microchip op basis van RFID in te planten, zodat men steeds informatie kreeg over de locatie waar de soldaat zich bevond en de toestand waarin hij verkeerde. Zo zou men via deze chip de gezondheid van de militairen in het oog kunnen houden en veel sneller hulp sturen naar soldaten die gewond geraken of in andere fysieke moeilijkheden komen. Deze toepassing is echter nog niet goedgekeurd wegens privacyproblemen.

2.8. Luchtvaart industrie

Uiteraard wordt RFID-technologie ook in de luchtvaart industrie toegepast voor voorraadbeheer, controle voor onderhoud en kwaliteitscontrole, maar er is nog een andere toepassing die minder bekend is en toch voor een enorme kostenbesparing kan zorgen. Het gaat hier om het ontdekken van vreemde voorwerpen in een vliegtuig.

³ Bron: Xerafy White Paper: military use of RFID

Een goed onderhouden vliegtuig is uitermate belangrijk voor de veiligheid van iedereen die ermee reist. Wanneer er namelijk bepaalde vreemde materialen of voorwerpen terechtkomen op kritieke plaatsen in een vliegtuig, kan dit ervoor zorgen dat het vliegtuig niet meer naar behoren functioneert en dit zorgt voor een enorm verlies voor de vliegtuigmaatschappij. De gehele luchtvaartindustrie spendeert in totaal meer dan vier miljard dollar (3.05 miljard euro) per jaar om de schade te herstellen die deze vreemde objecten veroorzaken.⁴

Deze enorme kost kan significant verminderd worden door het gebruik van RFID-tags op verschillende onderdelen, die met behulp van sensoren de objecten die er niet thuishoren kunnen ontdekken en dit kunnen melden aan de onderhoudsploeg. Gebruik maken van RFID-technologie kan deze erg hoge kost sterk reduceren waardoor men ook in deze industrie efficiënter kan werken.

⁴ Bron: Xerafy white paper: intelligent foreign object prevention

Hoofdstuk 3: RFID in voorraadbeheer

3.1. Probleemstelling

Doorheen de geschiedenis hebben bedrijven altijd één doelstelling gemeenschappelijk gehad: het maximaliseren van de winst en dus het minimaliseren van hun kosten. Door de toenemende technologische ontwikkelingen en globalisatie van verschillende markten ontstaat steeds meer competitie binnen een bepaalde markt. Er is dus nog meer de nood voor bedrijven om hun kosten te drukken en zo een competitief voordeel te creëren ten opzichte van de concurrentie.

Eén van die kosten die nog steeds erg hoog liggen voor de meeste bedrijven zijn de voorraadkosten. Deze voorraadkosten bestaan hoofdzakelijk uit drie bestanddelen: de bestelkosten, de opslagkosten en de kosten van tekorten (Sharma, 2010).

1. *Bestelkosten*: dit zijn de kosten die ontstaan door het verkrijgen van de voorraad. Dit behelst onder meer de transportkosten, de invoerrechten en de verzekering. Deze kosten hangen vooral af van de frequentie waarmee besteld wordt. Een hogere bestelfrequentie zal meestal leiden tot hogere kosten.
2. *Opslagkosten*: dit zijn de kosten die ontstaan door het aanhouden van een bepaalde voorraad. Deze kosten omvatten de kosten van bewaking, taksen, huur van een opslagloods, de intrestkosten van het geïnvesteerde kapitaal in de voorraad en kosten van warmte, licht en onderhoud. Deze kosten zijn direct afhankelijk van de hoeveelheid voorraad die aangehouden wordt en zullen dus lager zijn bij een lage gemiddelde voorraad.
3. *Kosten van tekorten*: deze kosten houden vooral de kosten in die ontstaan door een voorraadtekort. Zo'n voorraadtekort zorgt ervoor dat er niet op tijd kan geleverd worden bij de klanten. In zo'n geval moeten er extra producten besteld worden of moet de productieafdeling overuren maken. Dit brengt niet alleen een extra kost met zich mee maar ook de onvrede van de klant die zijn producten niet tijdig geleverd krijgt. Er is dus duidelijk een dubbel nadeel aanwezig bij een voorraadtekort.

Verder kan een bedrijf ook te maken hebben met een inkrimping van de voorraad. Dit is gedefinieerd als het verlies van een product door beschadiging, misplaatsing of diefstal op eender welke plaats in de supply chain (Sharma, 2010). Deze producten zijn een rechtstreeks verlies van de voorraad en brengen bijgevolg ook een grote kost met zich mee, aangezien zij niet meer verkocht kunnen worden en dus een rechtstreeks verlies van opbrengsten betekenen voor het bedrijf.

Een van de belangrijkste oorzaken van deze kosten is het ontbreken van voldoende informatie over de producten die binnen het bedrijf aanwezig zijn. Wanneer men steeds over de exacte gegevens beschikt van de voorraden kan men de optimale bestelhoeveelheid en –frequentie bepalen en worden de kosten geminimaliseerd. Het is echter moeilijk voor de meeste bedrijven om met hun huidige systemen altijd de juiste informatie tot hun beschikking te hebben. Dit wordt verklaard door het feit dat het voorraadbeheer vaak door werknemers gebeurt. Dit brengt menselijke fouten met zich mee. Daarnaast beschikt men niet altijd over de informatie van het moment zelf, maar mogelijk van enkele uren geleden. Hierdoor is de informatie niet correct.

Deze informatie-opaciteit kan significant verminderd worden door het implementeren van een RFID-systeem. En dit is slechts het eerste van de vele voordelen die een RFID-systeem kan bieden aan een bedrijf – en bij uitbreiding een supply chain. In de volgende paragrafen, secties 3.2. tot en met 3.4., zullen de voordelen van zulk een systeem verder toegelicht en uitgediept worden.

3.2. Voordelen van RFID in voorraadbeheer

RFID heeft verschillende functies binnen een voorraadsysteem. Vooreerst wordt de nauwkeurigheid van de gegevens gevoelig verhoogd doordat men elk individueel product kan lokaliseren en is deze informatie beter zichtbaar voor degenen die deze informatie nodig hebben. Deze verhoogde zichtbaarheid van de juiste gegevens maakt dat het voorraadbeheer op een snellere en efficiëntere manier kan verlopen.

Verder zorgt de implementatie van een RFID-systeem voor een daling van de inkrimping van de voorraad door beschadiging en diefstal door enerzijds een beter gebruik van de opslagruimtes en anderzijds de beveiligende functie die de RFID-technologie biedt. Ten slotte zorgt het ook voor het voorkomen van stockouts en excessieve voorraden, omdat men over meer en – nog belangrijker – juistere informatie beschikt.

3.2.1. Verhoging van de nauwkeurigheid van de informatie

3.2.1.1. Algemeen

Ondanks het uitgebreide gebruik van nieuwe technologieën voor het vastleggen en de transmissie van gegevens is de kwaliteit van gegevens in de kleinhandel nog steeds verre van perfect. Sommige van deze problemen hebben te maken met een gebrek aan integratie van de virtuele met de fysieke wereld (Telkamp et al., 2005). Kleinhandelaars hebben vaak te maken met een groot verschil tussen de hoeveelheid producten weergegeven door het systeem en de hoeveelheid die werkelijk beschikbaar is voor verkoop aan de klanten. Dit zadelt hen op met serieuze problemen, bijvoorbeeld wanneer ze denken nog producten op voorraad te hebben en dus kunnen verkopen, terwijl de voorraad in werkelijkheid uitgeput is.

Met de implementatie van een RFID-systeem wordt de kloof tussen de virtuele en fysieke wereld weer een stukje verkleind. Door het scansysteem met lezers en tags weet men voortdurend welke hoeveelheden van welke producten op welke plaatsen binnen een bedrijf (of supply chain) aanwezig zijn. Ook is er geen vertraging meer van de informatie. Hiermee wordt bedoeld dat de gebruiker wanneer de producten de lezer passeren direct over alle informatie van deze producten beschikt en niet langer moet wachten tot een werknemer deze informatie verwerkt heeft en beschikbaar stelt.

3.2.1.2. Concrete voordelen

Een groot voordeel van een RFID-systeem t.o.v. een systeem met barcodescanning is dat men bij gebruik van RFID geen personeel meer nodig heeft om alle codes te scannen en dus ook deze menselijke fouten geëlimineerd worden. Bijvoorbeeld bij een gemengd pallet met verschillende hoeveelheden van verschillende soorten producten kan het wel eens gebeuren dat men vergeet enkele barcodes te scannen, waardoor verkeerde informatie wordt doorgegeven. Dit wordt verholpen door het RFID-systeem, waarbij het in principe onmogelijk is dat dergelijke fouten gemaakt worden.

Doordat de producten onmiddellijk gescand worden bij het binnenkomen van een magazijn en de informatie onmiddellijk wordt doorgegeven aan een informatiesysteem is er ook minder tijd en werk nodig om de inventaris te beheren. Ook hier kan men dus besparen op personeelskosten omdat deze werklast significant verminderd wordt.

Ten slotte is men met een RFID-systeem beter op de hoogte van het verval van de producten in voorraad. Zo weet men welke producten verkocht zouden moeten worden voor een bepaalde datum (vervaldatum bij voedingsproducten) of wanneer een product zo erg in kwaliteit verslechterd is dat het niet meer voldoet aan de eisen van de klant en dus niet verkocht kan worden. Ook dit moet niet langer door personeel gecontroleerd worden. Doordat men over deze informatie beschikt, is het percentage van de producten dat weggegooid moet worden veel lager en kan bijgevolg een betere kwaliteit gegarandeerd worden aan de klanten.

Al deze voordelen zijn het gevolg van een hogere nauwkeurigheid van de informatie. Om een voorbeeld te geven van hoe fel de nauwkeurigheid verbeterd kan worden: een studie in 2009 door het RFID Research Center toonde aan dat door implementatie van een RFID-systeem de nauwkeurigheid van de voorraad van Bloomingdale's (een chique Amerikaanse warenhuisketen) verhoogd werd met maar liefst 27% in een periode van 13 weken (Zhu et al., 2012).

3.2.2. Betere zichtbaarheid van de informatie

RFID zorgt voor een verbeterde zichtbaarheid van de informatie van alle producten doorheen de hele supply chain. Zo komt het in verschillende ondernemingen voor dat producten uit de voorraad worden gehaald zonder dat de voorraadgegevens aangepast worden of dat een bestelling als ontvangen wordt geregistreerd voordat de levering effectief heeft plaatsgevonden. Deze problemen kunnen worden verholpen door het invoeren van een RFID-systeem.

Doordat de juiste informatie m.b.v. RFID-technologie makkelijk opvraagbaar is uit het systeem, kan men de planning van de productie, van de bestellingen, van de logistieke diensten enzovoort hieraan aanpassen. We kunnen de voordelen i.v.m. zichtbaarheid beter onderzoeken door een voorbeeld te bekijken van een supermarkt. De voordelen situeren zich op de volgende niveaus (Morán et al., 2004).

- Producten bijbestellen
- Ontvangst en stockeren van producten
- Producten hertellen
- Aanvullen van schappen
- Reverse logistics

3.2.2.1. Producten bijbestellen

Wanneer de supermarkt producten moet bijbestellen bij een distributiecentrum of rechtstreeks bij de leveranciers, wordt dit met behulp van de RFID-technologie automatisch uitgevoerd. Men kan deze bestelling programmeren zodat dit wekelijks, dagelijks of zelfs meerdere malen per dag uitgevoerd wordt, afhankelijk van de noodzaak. De hoeveelheid wordt gebaseerd op verschillende gegevens, waaronder het niveau van de voorraad, de snelheid van de verkopen en de voorspelling van de toekomstige verkopen. Ook moet er natuurlijk rekening gehouden worden met de levertijd, de betrouwbaarheid van de leverancier en de verwachte levensduur van het product. Een voordeel is dat de leverancier via het systeem de informatie onmiddellijk krijgt en dus ook sneller zal kunnen leveren.

3.2.2.2. Ontvangst en opslag van producten

Bij het ontvangen van de producten is een inspectie van het aantal producten niet langer nodig, want dit gebeurt automatisch. Enkel wanneer er zichtbare schade is aan de producten of een duidelijke afwijking van de bestelde hoeveelheid, voert men een inspectie uit van de geleverde producten.

Ook de opslag van goederen kan op een efficiëntere manier plaatsvinden, aangezien men van tevoren perfect weet welke hoeveelheden van welke producten zullen aankomen. Elke soort van producten wordt dan naar de hiervoor bestemde plaats getransporteerd, zodat alles makkelijk teruggevonden kan worden. De producten zullen dus (bijna) altijd op de juiste plaats staan, waardoor de ruimte die beschikbaar is op een efficiëntere manier ingevuld kan worden. Hierdoor is er minder magazijnruimte nodig en kan men misschien zelfs overschakelen naar een magazijn met een kleinere oppervlakte.

3.2.2.3. Producten hertellen

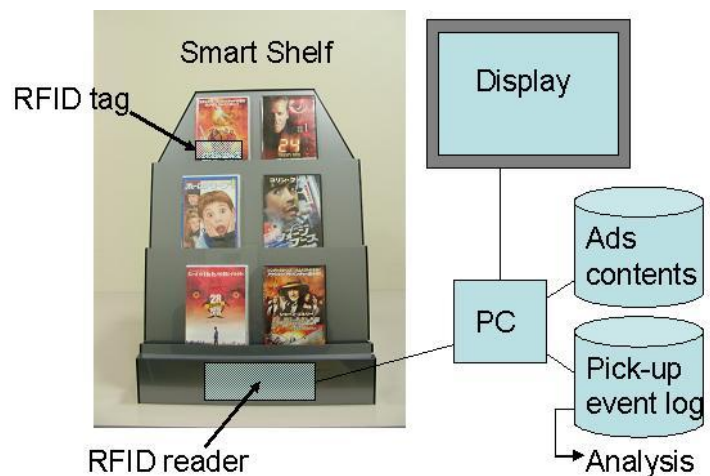
Wanneer de producten eenmaal opgeslagen zijn, kan de status van een product onverwachts veranderen (beschadiging,...) of kan het product verdwijnen, waardoor een verschil ontstaat tussen de gegevens die beschikbaar zijn en de realiteit. Hierdoor is een hertelling van de producten nodig om het informatiesysteem de realiteit zo goed mogelijk te laten benaderen. Deze hertelling gebeurt veel sneller en bovendien veel minder arbeidsintensief door gebruik te maken van RFID-technologie.

3.2.2.4. Aanvullen van schappen

Er is voortdurend transport van goederen van het magazijn naar de schappen nodig. Het is erg belangrijk dat deze schappen – zowel in het magazijn als in de winkel zelf – niet leeg geraken. In het magazijn is dit nodig om stockouts te voorkomen en in de winkel omdat dit belangrijk is voor marketing redenen. Klanten zijn niet geneigd om winkels te bezoeken waar de rekken regelmatig leeg zijn.

Maar het vervoeren van deze producten van het magazijn naar de schappen bestaat uit enkele stappen. Allereerst moeten de aanwezige producten op de schappen en in de voorraad geteld worden. Daarna moeten de producten die bijgevuld moeten worden op de schappen gezocht worden in de voorraad. Ten slotte moeten de producten die teveel werden meegenomen naar de schappen – door foute telling of vergissing van een werknemer – terug in voorraad geplaatst worden.

RFID-technologie kan ervoor zorgen dat het aanvullen van de rekken in de winkel veel sneller kan verlopen. Om te beginnen is het tellen van de producten op de schappen niet langer nodig wanneer men gebruik maakt van smart shelves (zie figuur 8). Deze smart shelves werken op basis van RFID en 'weten' dus voortdurend hoeveel producten aanwezig zijn. Bij een (nakend) tekort, wordt een signaal gestuurd richting het magazijn, zodat men daar weet hoeveel producten precies nodig zijn om de schappen terug te vullen. Men zal dus ook niet langer een teveel aan producten meenemen, aangezien men niet langer moet schatten maar precies weet hoeveel producten nodig zijn om de rekken weer te vullen (O'Connor, 2012).



Figuur 8: smart shelf systeem

3.2.2.5. Reverse logistics

Om verschillende redenen leggen producten soms de omgekeerde weg af binnen een supply chain. Deze tegengestelde stroom kan voorkomen doordat klanten hun aangekochte producten terugsturen, doordat producten defect of vervallen zijn geleverd of doordat leveranciers geleverde producten terugroepen vanwege bijvoorbeeld een productiefout. Het is echter belangrijk dat deze producten op hun terugweg niet verwisseld worden met andere producten en later opnieuw verkocht worden. De informatie die men op de RFID-tags kan aanbrengen brengt hier de oplossing. Doordat de informatie steeds zichtbaar is, weet men welke producten teruggestuurd moeten worden, waardoor in dit proces niet langer fouten gemaakt kunnen worden.

3.2.3. Daling van de inkrimping van de voorraad

3.2.3.1. Misplaatsing

Het gebeurt al eens dat een product op de verkeerde plaats in het magazijn gestockeerd wordt of per ongeluk mee verzonden wordt met een bestelling. Zulke fouten kunnen best vermeden worden omdat ze vervelende problemen met zich meebrengen. Deze misplaatsing kan ook vermeden worden m.b.v. RFID omdat men steeds de producten weet terug te vinden wanneer ze zich binnen de leesafstand van een lezer bevinden. Deze kan namelijk steeds alle producten exact lokaliseren waardoor zulk een misplaatsing gemakkelijk verholpen kan worden. Zo kan men gemakkelijk achterhalen wat de precieze oorzaak is van de inkrimping van de voorraad. Wanneer men de oorzaak weet, kan men het proces van het wegleggen aanpassen of de verantwoordelijke personen hierover aanspreken en hen bijsturen.

3.2.3.2. Diefstal

Ook diefstal is een vorm van inkrimping van de voorraad. Dit is een groot probleem, want dit betekent een groot verlies aan opbrengsten voor een bedrijf. Ook hiervoor zijn echter oplossingen op basis van RFID-technologie. Zo kan men bijvoorbeeld een alarm laten afgaan wanneer bepaalde dure producten verder dan een bepaalde afstand verwijderd zijn van de rekken (m.b.v. smart shelves). Ook kan men gewoon achterhalen wanneer een product de winkel of het magazijn verlaat (en de lezer passeert) zonder dat hiervoor betaald is. In Amerika (vb. Walmart) is al bewezen dat dit een effectieve manier is om diefstal tegen te gaan.

In bibliotheken is het antidiefstal systeem dat men toepast vaak op basis van RFID-technologie. De boeken kunnen namelijk snel gescand worden door een medewerker of door de klant zelf (afhankelijk van het systeem), voordat ze meegenomen worden. Bij de uitgang staan vervolgens lezers die een alarm laten afgaan wanneer niet-gescande boeken de bibliotheek verlaten. Deze toepassing van RFID wordt erg vaak gebruikt in bibliotheken, omdat men in het verleden heel vaak met diefstal geconfronteerd werd en het onmogelijk was om personeel aan te nemen voor deze controle. Dit werd ook reeds besproken in sectie 2.6. De ontwikkeling van betaalbare RFID-toepassingen was dan ook zeer welkom in deze sector en wordt veelvuldig gebruikt.

3.2.4. Voorkomen van stockouts en excessieve voorraden

Zoals eerder vermeld in sectie 3.2.1. zorgt de RFID-technologie ervoor dat men continu op de hoogte is van de exacte hoeveelheden van producten die aanwezig zijn op verschillende plaatsen in een bedrijf (magazijn, winkelrekken, productie,...). Door deze verhoogde nauwkeurigheid van de informatie kan men mits een goede voorspelling van de vraag beter beslissen hoeveel bijbesteld moet worden om de productie probleemloos verder te laten verlopen en niet met een te grote voorraad te zitten. Er zullen dus minder schommelingen plaatsvinden in de voorraad, wat leidt tot minder stockouts en minder excessieve voorraden. Het feit dat dit mogelijk is, heeft ook een daling van de kosten tot gevolg.

Vooraf bij een stockout heeft men verschillende kosten die men in rekening moet brengen. Zo zijn er de kosten van het bijbestellen van de producten en het mogelijke verlies aan klanten, die niet graag wachten op hun bestelling. De klantentevredenheid daalt in ieder geval, wat ook de reden is waarom dit ten allen tijde voorkomen moet worden. Ook een excessieve voorraad brengt kosten met zich mee, al beperken deze zich tot een verhoging van de opslagkosten. Een groot deel van deze kosten kunnen dus vermeden worden door de invoering van een RFID-systeem.

3.3. Voordelen van RFID in productie

Ook binnen een productiesysteem zijn er verschillende voordelen verbonden aan het implementeren van een RFID-systeem. Een eerste voordeel is dat een aantal fysieke beperkingen niet langer van toepassing zijn. Bij een systeem dat gebruik maakt van barcodes was het belangrijk dat bij opslag deze codes steeds gescand konden worden en de producten dus op een bepaalde manier op een transportband dienden te liggen of op een bepaalde manier opgeslagen dienden te worden. Dit probleem is van de baan wanneer de radiogolven van het RFID-systeem gebruikt worden, aangezien zij deze scanproblemen niet ondervinden.

Bijgevolg zal de algemene arbeidsproductiviteit ook verhogen door de toegenomen automatisering na de implementatie van een RFID-systeem. Werknemers moeten namelijk minder activiteiten met de hand uitvoeren, met als gevolg een sneller en efficiënter productieproces. De productiecellen worden veel flexibeler, aangezien ze zichzelf automatisch kunnen programmeren om producten met een bepaalde grootte, dikte,... te verwerken.

Verder wordt ook de kwaliteitscontrole binnen een bedrijf gevoelig verhoogd, aangezien nu minder fouten gemaakt worden. En als er toch nog fouten gemaakt worden, kunnen ze veel sneller gedetecteerd worden. Hierdoor kan het bedrijf een betere kwaliteit garanderen aan de klanten. Tags zouden bijvoorbeeld geplaatst kunnen worden op containers met materiaal en lezers kunnen geplaatst worden op de mechanismen die de containers ledigen in de mengapparatuur. Als materialen met foute specificaties toegevoegd zullen worden, waarschuwt een alarm de operator, zodat deze de 'slechte' toevoeging kan verhinderen en de slechte materialen verwijderen. Zo wordt de kwaliteit van de geproduceerde eenheden gevoelig verhoogd (Chappel et al., 2003).

Ten slotte zorgt een RFID-systeem ervoor dat de interne bedrijfsprocessen veel beter op elkaar afgestemd kunnen worden. Wanneer een bepaalde productiecel materialen nodig heeft uit een andere cel, wordt dit gedetecteerd door de lezers (lage voorraad) en kan een signaal gegeven worden naar een AGV (automated guided vehicle) dat zorgt voor de verplaatsing van de nodige materialen naar de juiste productiecel. Deze verhoogde automatisering zorgt voor een verhoogde arbeidsefficiëntie en -productiviteit. Dit geldt niet alleen voor de interne bedrijfsprocessen maar ook voor de contacten en activiteiten tussen een bedrijf en zijn klanten en leveranciers.

3.4. Voordelen van RFID in distributie

3.4.1. Tracking en tracing van producten

Aan de hand van de tags die op producten aanwezig zijn is het mogelijk om te allen tijde te weten waar deze producten zich bevinden. Men weet dus perfect welke route wordt afgelegd van de leverancier naar de onderneming of van de onderneming naar de klant toe. Hierdoor kan de ontvanger ook beter inschatten wanneer de producten zullen aankomen, zodat hij zich hier perfect op kan instellen. Ook bij de distributie naar de klant, kan men achterhalen of deze distributie verloopt zoals afgesproken en of de klant zijn goederen tijdig heeft ontvangen of niet. Dit levert weer een hoop extra informatie op die men kan gebruiken bij bijvoorbeeld de keuze van een leverancier en voor het verhogen van de klantenservice.

Ook voor het terugroepen van producten is de mogelijkheid tot tracken en tracen een groot voordeel. Wanneer er bijvoorbeeld een productiefout heeft plaatsgevonden, maar de producten zijn al verzonden, kan zeer snel achterhaald worden waar deze producten zich precies bevinden en kunnen ze teruggeroepen worden vooraleer verdere schade aangericht wordt (Chappel et al., 2003).

3.4.2. AS/RS systemen

De RFID-technologie kan eveneens worden gebruikt voor het verbeteren van de kwaliteit van de reeds aanwezige AS/RS systemen (Automated Storage and Retrieval System). Deze AS/RS systemen worden voornamelijk gebruikt in bedrijven die met grote volumes werken die vaak vervoerd moeten worden. Deze systemen zorgen ervoor dat de voorraden die binnenkomen op de juiste plaats gestockeerd worden om zo plaats te besparen in het magazijn. Ze kunnen eveneens de producten terug uit voorraad halen en naar een andere plaats vervoeren. Dit proces is volledig computergestuurd en kan werken zonder dat personeel vereist is. Het systeem wordt echter ook in sommige bedrijven toegepast met een werknemer die het geheel controleert (Wang et al., 2010).

RFID kan gebruikt worden om deze systemen te verbeteren, omdat er nog steeds foutjes gemaakt worden bij het stockeren of terughalen van bepaalde goederen. Dit was meestal te wijten aan menselijke fouten. Bovendien dienden de barcodes steeds op een exacte plaats aanwezig te zijn om gescand te kunnen worden. Deze problemen zijn met de toepassing van RFID van de baan, aangezien men nu automatisch zal weten wanneer een verkeerde pallet vervoerd wordt en de tags niet meer op een exacte plaats aanwezig moeten zijn om gescand te kunnen worden door de lezer.

3.4.3. Beheer van activa

De RFID-technologie kan binnen een bedrijf ook gebruikt worden voor producten die men niet verkoopt, zoals transportmiddelen. Doordat de tags tot op een bepaalde afstand gelezen kunnen worden, kan men de technologie gebruiken om bepaalde activa op te sporen. Dit kan toegepast worden om te ontdekken waar een bepaald vervoersmiddel zich bevindt (heftrucks, transpalletten,...).

Er zijn ook andere toepassingen van activabeheer mogelijk. Zo kan men bijvoorbeeld een systeem implementeren zodat men enkel kan tanken met een voertuig waarop een tag aanwezig is. Ook zijn er systemen waarin bepaalde producten of activa geen toegang hebben tot bepaalde delen van een bedrijf. Dit brengt enkele voordelen met zich mee (Lahiri, 2005):

- Verkorting van de wachttijden
- Beter onderhoud van transportmiddelen
- Verbeterde beveiliging
- Meer informatie en zichtbaarheid van deze informatie

3.5. Nadelen van RFID

Er zijn echter ook nadelen of beperkingen verbonden aan de implementatie van RFID-technologie binnen een onderneming. We zullen hierbij achtereenvolgens enkele technologische beperkingen bespreken, beperkingen i.v.m. privacy, nadelen i.v.m. eigendomsrechten, mogelijke nadelen voor het milieu en ten slotte mogelijke nadelen voor de gezondheid.

3.5.1. Technologische beperkingen

De RFID-lezers slagen er meestal niet in om een volledige 100% nauwkeurigheid te bekomen. Dit komt doordat deze nauwkeurigheid beïnvloed wordt wanneer er vloeistoffen of metalen zich in de nabijheid van de lezer bevinden. Dit kan echter verholpen worden door een andere type frequentie te gebruiken. Hoe lager de frequentie, hoe beter de leesbaarheid in de nabijheid van metalen en vloeistoffen.

Ook het aantal tags dat tegelijkertijd gelezen kan worden, is niet steeds even groot maar afhankelijk van het systeem dat gebruikt wordt. Ook hier zorgt de nabijheid van metalen of vloeistoffen voor een lichte verstoring van het systeem. Bovendien wordt ook de nauwkeurigheid van de lezers verlaagd wanneer er veel tags op hetzelfde moment gelezen dienen te worden ten opzichte van een situatie waarin deze in kleinere hoeveelheden de lezers passeren. Wanneer alle verschillende signalen namelijk tegelijk aankomen bij de lezer, kan dit voor verwarring zorgen, waardoor de betrouwbaarheid daalt.

3.5.2. Beperkingen i.v.m. privacy

De problemen met privacy zijn niet direct van toepassing op het voorraadbeheer binnen een onderneming. Het gaat dan eerder om het steeds kunnen volgen van consumentengoederen. Klanten zouden kunnen denken dat door een bepaald product met een RFID-tag te kopen, hun exacte locatie overal gevolgd zou kunnen worden. Dit is echter alleen mogelijk wanneer gps-systemen en satellieten gekoppeld zijn aan de tag. In de realiteit is dit dus in het overgrote deel van de gevallen niet zo.

Er zijn echter ook tags waarbij het wel mogelijk is om de locatie van het product te volgen. Maar ook hier dient de koper niet bang te moeten zijn dat zijn privacy geschonden wordt. Consumenten krijgen namelijk de optie om op het moment van verkoop de tag te laten vernietigen, zodat anonimiteit betreffende de reeds verzamelde gegevens gegarandeerd wordt (Hodges & McFarlane, 2005). De angst voor de schending van hun privacy-rechten die sommige mensen hebben, is dus niet gegrond.

3.5.3. Nadelen ten gevolge van eigendomsrechten

Wanneer we terug kijken naar mogelijke problemen die kunnen ontstaan bij het voorraadbeheer, komen we bij het probleem van de eigendomsrechten uit. RFID-technologie genereert een hoeveelheid aan gegevens voor de verschillende partijen binnen een supply chain, maar van wie is deze informatie nu? Iedereen binnen de keten kan namelijk de gegevens lezen en ze gebruiken. Het kan dus voorkomen dat bedrijven zullen claimen dat zij eigenaar zijn van bepaalde informatie en dat andere bedrijven hiervan geen gebruik mogen maken.

Bedrijven die het hiermee moeilijk hebben en deze informatie niet verspreid willen zien onder hun klanten en leveranciers, zullen ofwel geen gebruik maken van de technologie, ofwel deze enkel gebruiken binnen de bedrijfsmuren, in hun eigen gesloten systeem. De meeste bedrijven die wel gebruik maken van de technologie, zullen echter niet claimen dat de informatie enkel aan hen toebehoort. Zij zullen eerder geneigd zijn om de informatie te delen met de andere partners in het systeem, zodat iedereen van de voordelen kan profiteren.

3.5.4. Nadelen voor het milieu

Het gebruik van RFID kan ook negatieve gevolgen hebben voor het milieu. Omdat de meeste RFID-tags opgebouwd zijn uit silicium, zullen deze tags wanneer ze uiteindelijk bij het afval terecht geraken, zorgen voor een hoop chemisch afval. Wanneer de technologie wijdverspreid wordt, zal deze hoeveelheid aan afval enkel toenemen, zodat dit zeker een impact heeft op het milieu. Dit kan enkel vermeden worden wanneer de tags uit andere, beter afbreekbare materialen zullen worden opgebouwd.

Langs de andere kant zijn RFID-tags vrij duurzaam. Ze kunnen lange tijd gebruikt worden zonder stuk te gaan. De toekomst zal uitwijzen of er effectief een grote externe sociale kost ontstaat door de negatieve impact van de implementatie van meer en meer RFID-systemen op de omgeving.

3.5.5. Nadelen voor de gezondheid

Ten slotte is het mogelijk dat de radiogolven die gebruikt worden een negatief effect hebben op de gezondheid van de mens. Mensen die voortdurend werken in een omgeving waarin voortdurend radiogolven verstuurd en ontvangen worden, worden bijgevolg zelf continu blootgesteld aan deze golven. Ook het implementeren van tags onder de huid van mensen of dieren wordt onderzocht met het oog op de gezondheid van de persoon of het dier waar de tag wordt ingebracht. Dit laatste heeft namelijk op veel protest gestoten in verschillende landen, waarin ze het onverantwoord vonden om tags bij mensen in te planten (CoreRFID, 2010).

De USFDA (United States Food & Drugs Administration) heeft ook aangetoond dat er een risico bestaat dat de radiogolven een storend effect zouden hebben op implanteerbare pacemakers en defibrillators. Desondanks is er nog geen geval bekend waarbij een storing effectief heeft plaatsgevonden (CoreRFID, 2010).

Het is echter nog onduidelijk of deze radiogolven effectief schadelijk zijn voor de gezondheid, aangezien verschillende onderzoeken ook verschillende resultaten hebben opgeleverd. Deze discussie is dezelfde als degene die niet lang geleden gevoerd werd over de radiogolven die gsm's uitsturen, maar net zoals daar is er ook hier nog geen sluitend antwoord op gevonden.

Hoofdstuk 4: Kosten-baten analyse

Uit het voorgaande hoofdstuk is duidelijk dat verschillende voordelen verbonden zijn aan de implementatie van RFID-technologie binnen een supply chain. Vele bedrijven zijn zich hier reeds van bewust; voor hen hangt de beslissing enkel af van de vraag of de baten van RFID de kosten overtreffen of niet. Hieronder volgt een kosten-baten analyse van het invoeren van een RFID-systeem binnen een bedrijfsomgeving. Eerst worden de kosten ervan overlopen, daarna de baten en ten slotte wordt een afweging van het geheel gemaakt.

4.1. Kosten

De totale kosten van de implementatie van een RFID-systeem binnen een supply chain kunnen we opsplitsen in drie belangrijke categorieën (Van Trier & Rietdijk, 2004):

1. Kosten verbonden aan de investering
2. Exploitatiekosten
3. Kosten voor innovatie en uitbreiding

4.1.1. Kosten verbonden aan de investering

Wanneer we de investeringskosten bekijken, kunnen we deze kosten nog verder opdelen in verschillende componenten.

- Aankoop van tags, lezers en software
- Installatie van de verschillende onderdelen
- Systeemintegratie
- Training en communicatie
- Algemene projectkosten

4.1.1.1. Aankoop van tags, lezers en software

Het aantal aan te kopen tags is afhankelijk van de keuze of men de RFID-technologie wil toepassen op productniveau of op palletniveau. Vanzelfsprekend moeten er veel meer tags worden aangekocht wanneer men op productniveau over alle gegevens wil/moet beschikken. De kostprijs van de tag hangt af van het type tag (actief/passief, RO/WORM/RW zoals besproken in paragraaf 1.3.1.2.). Een passieve tag is over het algemeen een stuk goedkoper dan een actieve tag. De prijs van een passieve tag ligt namelijk tussen de 0,10 en 0,15 euro. Bij de actieve tags is er een groot verschil, afhankelijk van welke extra functies de tags bezitten en varieert de prijs over het algemeen tussen 5 en 70 euro. De prijs van deze tags zal in de toekomst waarschijnlijk nog dalen, omdat de vraag ernaar zal stijgen en de ontwikkelingskosten zullen dalen.

Buiten de tags moet het bedrijf natuurlijk ook lezers aankopen om de tags te kunnen lezen. Het aantal lezers dat moet aangekocht worden, hangt af van het RFID-systeem. Sommige bedrijven hebben met enkele lezers voldoende, terwijl andere honderden lezers nodig hebben doorheen het hele bedrijf. De kostprijs van een lezer ligt tussen 100 en 2000 euro, afhankelijk van het soort lezer (frequentie, leesafstand,...).

Ten slotte moet ook nog de software aangekocht worden zodat alle gegevens verwerkt en gebruikt kunnen worden. Men kan hierbij opteren voor een standaard softwarepakket of de software op maat van het bedrijf laten ontwikkelen. Deze laatste optie is natuurlijk duurder. Het is moeilijk om een exacte kostprijs op deze software te plakken, omdat de verschillen tussen een standaardpakket en een pakket dat op maat gemaakt is, alsook de verschillen tussen verschillende op maat gemaakte pakketten steeds anders zijn.

4.1.1.2. Installatie van de verschillende onderdelen

De aangekochte tags, lezers en de aangekochte software moeten vervolgens in het bedrijf geïnstalleerd worden. Deze installatie moet worden uitgevoerd door een bedrijf dat hierin gespecialiseerd is, zodat alle componenten correct geïnstalleerd worden. De kosten vertegenwoordigen de uurlonen van de arbeiders en zijn afhankelijk van de installatietijd en het aantal te installeren onderdelen. Omdat de tags meestal door de werknemers zelf op de producten worden aangebracht, dient ook het uurloon van de interne werknemers die hiervoor verantwoordelijk zijn, opgenomen te worden binnen de installatiekosten.

4.1.1.3. *Systeemintegratie*

Om alle gegevens te kunnen toepassen in de reeds bestaande systemen en het geheel aan gegevens met elkaar te linken is een netwerk nodig waarlangs dit mogelijk is. Aangezien de informatie op verschillende plaatsen in het bedrijf beschikbaar moet zijn voor management en werknemers, dient een intern netwerk te worden aangelegd, zodat alle computers met elkaar verbonden zijn. Ook moet een interface gecreëerd worden voor een duidelijke communicatie met het personeel, zodat alle gegevens makkelijk beschikbaar en begrijpbaar zijn voor het personeel. Het aanleggen van dit netwerk en het ontwerpen van de interface behoort eveneens tot de investeringskosten.

4.1.1.4. *Training en communicatie*

Om het RFID-systeem optimaal te kunnen gebruiken is het erg belangrijk dat alle werknemers op de hoogte zijn hoe het systeem precies werkt. Hiervoor dienen trainingen ingelast te worden waarin het personeel kennis kan maken met het systeem en kan leren hoe ermee om te gaan en hoe ze de informatie die beschikbaar wordt gesteld, efficiënt kunnen gebruiken. Een duidelijke communicatie naar het personeel toe is hierbij van cruciaal belang. De kosten die dit met zich meebrengt zijn de opleidingskosten per persoon, afhankelijk van het aantal werknemers dat deze opleiding dient te volgen.

4.1.1.5. *Algemene projectkosten*

Het invoeren van een RFID-systeem bestaat uit verschillende stappen. Verschillende experts zijn tijdens de implementatie dagelijks bezig met deze stappen en het controleren ervan. Bij de beoordeling van het systeem dient dan ook rekening gehouden te worden met deze diverse kosten. Hieronder geven we nog een korte samenvatting van alle investeringsuitgaven (Van Trier & Rietdijk, 2004).

Tabel 1: Investeringsuitgaven voor een RFID-systeem

Investeringsuitgaven	Berekening
Aanschafkosten	Prijs per component * aantal componenten
Installatiekosten	Uurloon * installatietijd * aantal componenten
Systeemintegratie	Uurloon * aantal uren + kostprijs interface
Training en communicatie	Trainingskosten * cursustijd * aantal werknemers
Algemene projectkosten	Uurloon * aantal uren

4.1.2. Exploitatiekosten

De exploitatiekosten kunnen we nog verder opsplitsen in de jaarlijkse beheerskosten en de jaarlijkse gebruikskosten. Wat onder deze beide componenten verstaan wordt, zal in volgende paragrafen besproken worden.

4.1.2.1. Jaarlijkse beheerskosten

De jaarlijkse beheerskosten bestaan uit verschillende onderdelen. Enerzijds zijn er de onderhoudskosten van de hardware. De lezers en tags moeten steeds correct functioneren en moeten daarom goed onderhouden worden. Anderzijds zijn er de opleidingskosten voor nieuwe werknemers. Mensen die nieuw worden aangenomen bij het bedrijf, zijn nog niet op de hoogte van de wijze van werken en zijn nog niet vertrouwd met de RFID-technologie. Dit moet verholpen worden voor een optimale werking en deze opleidingskosten maken bijgevolg ook deel uit van de jaarlijkse beheerskosten.

4.1.2.2. Jaarlijkse gebruikskosten

De software is van groot belang om het systeem correct te laten functioneren. Daarom moet elk jaar een licentie worden aangekocht van de producenten van de software om deze te kunnen gebruiken. Daarnaast is er ook elektriciteit nodig om de systemen (hardware, middleware) draaiende te houden. Deze energiekost wordt opgenomen in de operationele kosten, net als de transactiekosten voor het uitwisselen van gegevens, en maakt dus ook deel uit van de jaarlijkse gebruikskosten. Ten slotte bevatten deze jaarlijkse gebruikskosten nog de herstellkosten die ontstaan wanneer er tags of lezers beschadigd worden en ze vervangen moeten worden.

4.1.3. Kosten van innovatie en uitbreiding

De implementatie van een RFID-systeem is niet beëindigd van zodra alles geïnstalleerd is. Om steeds op een zo goed mogelijke wijze alle mogelijkheden van het systeem te benutten, dienen de prestaties van het huidige systeem na een bepaalde tijd geëvalueerd te worden en moet onderzocht worden waar verbeteringen mogelijk zijn. Zo kan het bedrijf zichzelf en zijn processen continu blijven verbeteren en competitief blijven binnen de markt. Ook de kosten van innovatie en uitbreiding in de toekomst moeten dus in rekening worden gebracht bij de kosten van een RFID-systeem.

4.2. Baten

Naast de kosten brengt de implementatie van een RFID-systeem binnen een supply chain ook verschillende baten met zich mee. Deze baten zijn afhankelijk van de wijze waarop het RFID-systeem binnen de onderneming ingebouwd is. Wanneer dit op productniveau is zijn de voordelen namelijk groter dan op kist- of palletniveau. In het algemeen zijn de baten op te delen in vier categorieën (Van den Broeck, 2006):

1. Verhoging van de opbrengsten
2. Verlaging van de operationele kosten
3. Optimalisatie van het asset management
4. Verbetering van veiligheid en kwaliteitscontroles

4.2.1. Verhoging van de opbrengsten

Zoals reeds werd aangehaald in sectie 3.2.2. zorgt het gebruik van RFID-technologie voor een verhoging van de zichtbaarheid van de informatie binnen een keten en dus voor betere voorspellingen en planningen. Zo doen zich bijvoorbeeld geen situaties meer voor waarbij het bedrijf denkt bepaalde goederen nog in voorraad te hebben en deze ook verkoopt, terwijl die goederen niet langer in voorraad zijn. Deze kosten van tekorten spaart de onderneming uit door de invoering van een effectief RFID-systeem.

Eveneens wordt de doorlooptijd van goederen doorheen een productieafdeling sterk verlaagd, omdat niet langer alles gecontroleerd moet worden door daarvoor bevoegde werknemers, maar het grootste deel automatisch gebeurt. Hierdoor kan men sneller een bestelling van een bepaalde klant afwerken en zorgt dit bovendien voor een hogere klanttevredenheid. Dit kan tot gevolg hebben dat deze klanten in de toekomst meer producten bij het bedrijf zal bestellen en via mond-tot-mondreclame andere mogelijke klanten overtuigen om bepaalde goederen bij het bedrijf aan te kopen.

4.2.2. Verlaging van de operationele kosten

Ook de operationele kosten worden verlaagd met behulp van RFID. Allereerst zorgt het systeem voor een betere en grotendeels automatische ontvangst van materialen en andere producten. Verder raken er ook minder grondstoffen of afgewerkte producten verloren omdat deze nu beter teruggevonden kunnen worden binnen het magazijn. Ook de behandelingskosten van de goederen dalen door de snellere doorstroming van de goederen binnen de productieafdeling. Dit alles zorgt voor een verlaging van de kosten van de verkochte goederen.

Doordat men een beter zicht heeft op de exacte voorraadgegevens dienen er ook minder tellingen of controles van deze voorraad te gebeuren. Hieruit volgt een besparing op werkkrachten en bijgevolg heeft deze daling aan controles een verlaging van de loonkosten tot gevolg. Bovendien kan ook de veiligheidsvoorraad verlaagd worden, wat dan weer leidt tot een verlaging van het benodigde werkkapitaal.

4.2.3. Optimalisatie van het activa management

RFID biedt de mogelijkheid om bepaalde activa (gebruiksvoertuigen,...) op te sporen op het moment dat iemand ze nodig heeft. Het is dus makkelijker om bepaalde activa (bv een heftruck) terug te vinden en te gebruiken. Zo kan met RFID achterhaald worden waar deze heftruck zich bevindt op de productievloer.

Verder krijgt men een beter zicht op de hoeveelheden die precies in voorraad zijn door de verhoogde nauwkeurigheid van informatie die RFID met zich meebrengt. Deze voorraden moeten bijgevolg niet langer handmatig geteld worden, dus op die manier kan de onderneming besparen op loonkosten. Daarnaast kan de veiligheidsvoorraad voor wanneer iets fout zou lopen, verlaagd worden omdat de kans dat een bepaalde hoeveelheid materialen of afgewerkte producten verloren gaat veel kleiner is met RFID-technologie. Doordat het bedrijf minder voorraden heeft en een betere manier kan toepassen om goederen te stapelen (geen rekening meer houden met barcodes), kan men de ruimte die vrij komt in het magazijn voor een ander doeleinde gebruiken.

4.2.4. Verbetering van de veiligheid en kwaliteitscontroles

Zoals eerder al aangehaald bij de voordelen van de RFID-technologie, kan de beveiliging van bepaalde waardevolle producten sterk verhoogd worden. Zo kan men voor duurdere elektronica (tv's, stereo's,...) tags plaatsen op alle producten en kan men een alarm laten afgaan wanneer deze de lezer aan de uitgang passeren zonder eerst gescand te zijn geweest aan de kassa. Op die manier kan diefstal van hoogtechnologische goederen sterk gereduceerd worden (Roberts, 2006).

Daarnaast draagt RFID ook bij tot een verhoging van de kwaliteitscontroles. Zo kan men onmiddellijk natrekken of de juiste hoeveelheden materialen geleverd zijn door een leverancier en kan men sneller beschadigde of defecte goederen tussen de goede uithalen. Bovendien kan de technologie gekoppeld worden aan bepaalde sensoren voor vochtigheid en temperatuur, zodat ook gecontroleerd kan worden of de producten zich in optimale omstandigheden bevinden (Estrada-Flores & Tanner, 2008).

4.3. Kosten vs baten

Wanneer we alle kosten van het invoeren van RFID-technologie binnen een bedrijfsomgeving afwegen tegen alle baten die de invoering van de technologie met zich meebrengt, kunnen we stellen dat de meeste bedrijven afgeschrikt worden door de hoge investering die nodig is. De tags zijn nog steeds vrij duur en alle apparatuur (lezers, software,...) is ook niet goedkoop, zeker niet voor kleine bedrijven.

Ondanks dit alles zijn er vele voordelen aan verbonden waar bedrijven maar al te graag van gebruik zouden willen maken. Velen zijn echter bang omdat de technologie nog niet algemeen toegepast wordt en ze twijfelen of ze wel een positieve ROI (return on investment) kunnen behalen door RFID te gaan gebruiken. Dit wordt nog eens versterkt doordat RFID nog steeds als een nieuwe technologie wordt beschouwd en men er eenvoudigweg niet voldoende over weet.

Wanneer echter meer en meer bedrijven van de technologie gebruik gaan maken, zal de prijs van de tags verder dalen en zullen andere ondernemingen meer geneigd zijn om ervan gebruik te maken, omdat de drempel dan lager is. Het is dus een proces dat gevolgd zal moeten worden en dat in de toekomst waarschijnlijk zal leiden tot de situatie waarin het overgrote deel van de bedrijven RFID dagdagelijks zal gebruiken.

Hoofdstuk 5: Case study: Weidenhammer Packaging Group

5.1. Over Weidenhammer Packaging Group⁵

5.1.1. Algemene info

Weidenhammer Belgium, een bedrijf gelegen te Mechelen, maakt deel uit van de verpakingssector.



Figuur 9: logo Weidenhammer Packaging Group

Deze BVBA vervaardigt gegolfd papier en golfkarton alsook verpakkingsmateriaal van papier en karton. Weidenhammer Belgium werd opgericht in 1999 en behoort tot de overkoepelende Weidenhammer Packaging Group.

Weidenhammer Packaging Group is een middelgroot familiebedrijf met de hoofdzetel in Hockenheim, Duitsland. Het is een van de grootste producenten van plastic en kartonnen verpakkingsdozen wereldwijd. De verpakkingen worden gebruikt voor het verpakken van voedsel, voedsel voor huisdieren, cosmetica, huishoudelijke producten, speelgoed, tuinartikelen en tabaksproducten.

Het bedrijf werd opgericht in 1955 door Arthur Weidenhammer met een eerste bestelling van 10.000 samengestelde blikken voor herbiciden en meststoffen. Het bedrijf kende de daaropvolgende decennia een stelselmatige groei en omvat momenteel 12 internationale productie-sites en stelt daarin ongeveer 1000 werknemers te werk die er mede voor zorgen dat er 5 miljoen verpakkingseenheden per dag worden geproduceerd.

5.1.2. Producten

Weidenhammer Packaging Group vervaardigt verschillende types van verpakkingen. Hieronder volgt een overzicht van de verschillende verpakkingen en waar die verpakkingen voor gebruikt worden.

Ten eerste zijn er de samengestelde blikken, die kunnen dienen als een veelzijdige oplossing voor gemakkelijke verpakkingen. Aan de hand van de keuze van de klant is er flexibiliteit mogelijk wat betreft ontwerp en lay-out. Dit soort verpakkingen wordt voornamelijk gebruikt voor vochtgevoelige droge bulkgoederen.



Figuur 10: samengestelde blikken

⁵ Bron: www.weidenhammer.de



Figuur 11: samengestelde bussen

Vervolgens zijn er de samengestelde bussen. Deze verpakking is ontworpen om hoogvolume capaciteiten te vervoeren. Deze bussen kunnen ook voor allerlei toepassingen worden gebruikt, onder meer voor snacks, detergents en voedsel voor huisdieren. Het voordeel van zowel de samengestelde blikken als de bussen is dat ze goed in het oog springen van de klant en perfect hersluitbaar zijn.

Verder fabriceert Weidenhammer ook opvouwbare bussen, een erg innovatief verpakkingssysteem. De componenten worden verstuurd naar de klant, waar ze ter plekke worden geassembleerd. Weidenhammer levert de machines die hiervoor nodig zijn op lease- of aankoopbasis. Het voordeel van deze verpakkingen is dat men ze beter kan stapelen en dat ze geen metaal bevatten, wat dus geen problemen oplevert bij metaaldetectoren.



Figuur 12: opvouwbare bussen



Figuur 13: luxe buizen

Daarnaast worden ook luxe buizen gemaakt. Deze buizen zijn van hoge kwaliteit en worden gebruikt om exclusieve producten te doen opvallen. Deze buizen worden vooral gebruikt voor exclusieve dranken zoals champagne en gerijpte whisky, maar ook voor sommige cosmeticaproducten.

Ten slotte maakt Weidenhammer ook plastic bakjes die gebruikt worden voor bijvoorbeeld ijsdozen of andere diepvriesverpakkingen. Ze worden gefabriceerd door een spuitgietmachine aanwezig binnen de fabriek. Dit soort verpakking heeft de laatste jaren erg aan populariteit gewonnen.



Figuur 14: plastic bakjes

5.1.3. Klanten

Weidenhammer Packaging Group levert zijn producten aan verschillende vooraanstaande klanten zoals Unilever, Procter & Gamble, Kellogg's en Nestlé. Onder andere de verpakkingen van Nesquik, Persil en Pringles worden gefabriceerd door de verschillende fabrieken van Weidenhammer.

De fabriek in Mechelen staat volledig in voor de productie van de Pringles doosjes. Zij hebben dus slechts één grote klant, namelijk Kellogg's, die de Pringles produceren. Oorspronkelijk was Pringles onderdeel uit het gamma van Procter & Gamble, maar wegens afslanking van de productlijn, werd het begin 2012 verkocht aan de Kellogg Company.

Het feit dat Weidenhammer slechts één klant heeft, is een groot voordeel voor de fabriek in Mechelen. Zo moeten ze slechts afspraken maken met één bedrijf betreffende specificaties, voorwaarden voor distributie en verkoop. Bovendien hebben ze samen met de klant de nieuwe technologie, RFID, kunnen implementeren waar ze beiden verschillende voordelen uit halen. De locatie waar de Pringles geproduceerd wordt, ligt bovendien ook in Mechelen, dus het transport van Weidenhammer naar de Pringles fabriek verloopt slechts over een geringe afstand.

5.1.4. Markten

Weidenhammer begeeft zich met zijn producten op verschillende markten. Met hun gemakkelijk bruikbare verpakkingen van hoge kwaliteit en hun unieke verpakkingsvormen proberen ze een competitief voordeel te creëren ten opzichte van de concurrentie. De markten waarop Weidenhammer zich bevindt zijn die van de oplosbare dranken, etenswaren (worst, ijs, babyvoedsel,...), snacks, tabak en lichaamsverzorging.

Wat betreft de oplosbare dranken, worden vooral de verpakkingen van koffie, cappuccino en chocomelk in poedervorm gefabriceerd. De mogelijkheid tot hersluiten van de verpakkingen speelt hierin natuurlijk een belangrijke rol, omdat men op die manier een grotere hoeveelheid kan verpakken zonder dat de producten zullen bederven of op een andere manier onbruikbaar worden. Voor de etenswaren en de snacks geldt dit eveneens.

De verpakkingen voor producten voor lichaamsverzorging hebben een tweezijdig doel. Enerzijds beschermt de verpakking de gevoelige inhoud van de producten tegen schadelijke invloeden zoals stof of vocht. Anderzijds accentueert de verpakking het product of de geur met een aantrekkelijk design. Zo creëert Weidenhammer verpakkingen voor stijlvolle en goed verkopende merken in parfumerieën en apotheken.

5.2. Motieven van Weidenhammer voor verandering naar RFID-technologie

Weidenhammer heeft in het verleden steeds gebruik gemaakt van barcodes die langs twee zijden aangebracht werden op de pallets om ze vervolgens te versturen naar de klant. Deze barcode diende gescand te worden om over de juiste informatie te beschikken wat betreft het product, de hoeveelheid, de productspecificaties, het identificatienummer,... Dit werd binnen het bedrijf ervaren als een gemakkelijk systeem omdat het zeer duidelijk is en het een methode betreft die algemeen gekend is en over de hele wereld het meest wordt gebruikt om producten te scannen.

Het gebruik van barcodescanning bracht echter ook enkele problemen met zich mee. Vroeger werkte men met slechts één barcode aan een bepaalde kant van een pallet, maar het kwam voor dat het label met de code eraf scheurde door het feit dat de pallets tegen elkaar geschoven werden. Dit gaf als probleem dat de klant in zulke gevallen niet langer over de vereiste gegevens beschikte om de producten op een juiste manier te gebruiken. De klant wist met andere woorden niet welke pallet hij ontvangen had. Dit is dan ook de reden dat de klant vroeg om aan beide zijden van de pallets een barcode te plaatsen, zodat wanneer iets zou gebeuren met een barcode aan een zijde, nog steeds de andere aanwezig zou zijn waarop de informatie afleesbaar is.

Door het feit dat twee barcodes op elke pallet geplaatst moesten worden, bracht dit natuurlijk extra kosten met zich mee. Voor elke verstuurde pallet werden er twee bladen papier gebruikt. Op jaarbasis komt dit neer op een enorme hoeveelheid papier dat gebruikt wordt, omdat een barcode niet opnieuw gebruikt kan worden. Wanneer daar de kosten van het printen bijgeteld worden, kwam dit neer op een kost van 20.000 euro per jaar.

Buiten het feit dat het gebruik van barcodes veel kosten met zich meebracht, waren er ook enkele vervelende taken voor de werknemers. Telkens wanneer de barcodes gescand moesten worden, moesten zij bepaalde handelingen uitvoeren. Zo moesten de bestuurders van de vorkliften met hun scantoestel soms ver uit hun lift hangen om de barcode te kunnen scannen, waardoor hun lichaam extra belast werd. Op andere plaatsen binnen de fabriek diende een bepaalde veiligheidsdeur geopend worden om te kunnen scannen en daarna moest deze deur ook weer gesloten worden.

Deze nadelen leidden er toe dat men binnen het bedrijf op zoek ging naar mogelijke verbeteringen voor het systeem. Er werd onderzocht of andere technologieën een betere (en goedkopere) alternatief konden bieden voor het huidige barcodesysteem. In overeenkomst met de klant werd uiteindelijk beslist om over te gaan naar een RFID-systeem dat voor zowel de productie, het voorraadbeheer en de logistieke diensten gebruikt kon worden. Het feit dat Weidenhammer slechts één klant heeft, vergemakkelijkt deze keuze aanzienlijk, aangezien zij samen met de klant de implementatie van deze technologie konden doorvoeren.

5.3. Implementatie van de RFID-technologie binnen

Weidenhammer

In wat volgt wordt beschreven op welke manier Weidenhammer gebruik maakt van RFID om zijn productie, voorraadbeheer en distributie te verbeteren, alsook enkele technische specificaties betreffende welke tags, lezers en software precies gebruikt worden in de huidige situatie binnen het bedrijf. Verder worden zowel de problemen die men ondervond tijdens de implementatie, als de trainingen die georganiseerd werden voor de werknemers besproken.

5.3.1. Leverancier

Weidenhammer heeft voor het invoeren van zijn RFID-systeem verschillende producten (lezers, tags, software, antennes,...) moeten aankopen bij een gespecialiseerd bedrijf. Zij hebben als leverancier van de hardware gekozen voor het bedrijf Siemens NV. Om producten te integreren in de bedrijfsvoering, hebben ze echter nog een ander bedrijf moeten inschakelen dat de installatie en integratie verzorgd heeft.

Het gaat om een internationaal bedrijf, dat bekend staat als een toonaangevende leverancier en integrator van innovatieve oplossingen en diensten voor supply chains, identificatie en mobiliteit. Zij hebben gezorgd voor de selectie van de juiste producten, de installatie ter plekke en de kalibratie van de technologie binnen Weidenhammer. Wegens vertrouwelijkheid van de bedrijfsinformatie wilden zij dat hun naam liever niet vernoemd zou worden binnen deze masterproef, wat ook gerespecteerd wordt.

5.3.2. Technische specificaties

5.3.2.1. Type tags

De tags die Weidenhammer gebruikt voor de pallets zijn tags met weerhaakjes langs beide kanten, die speciaal gemaakt zijn voor de identificatie van houten pallets. Ze worden in zijn geheel in de voet in de hoek van de pallets gestoken, in een gat dat speciaal hiervoor in de voet aangebracht is. Door de weerhaakjes (zichtbaar op figuur 15) blijft de tag zitten in de voet en kan de tag er niet uitvallen. Meer informatie over hoe dit precies gebeurt is te vinden in bijlage C.



Figuur 15: gebruikte tags Weidenhammer

Per pallet worden twee tags geplaatst, waarbij elke tag een verschillend uniek identificatienummer bezit. Dit wordt gedaan zodat wanneer een van de twee tags zou falen, het systeem nog steeds kan functioneren door de informatie die gelezen kan worden op de andere tag. De gegevens worden op beide tags apart geschreven en gelezen, zodat in principe niet dezelfde fout gemaakt kan worden op twee tags binnen eenzelfde pallet.

De tags worden, zoals reeds gezegd geplaatst in de voet in de hoek van elke pallet, schuin tegenover elkaar, zoals weergegeven in figuur 16. Ze worden niet recht in de voet geplaatst, maar in een hoek van 45°, zodat ze langs alle kanten (links, rechts, voorkant, achterkant) gelezen kunnen worden. Dit is nodig omdat



binnen het bedrijf sommige lezers langs de voorkant staan en sommigen langs de zijkant. Op die manier kan elke pallet in alle omstandigheden zonder problemen gelezen worden.

Figuur 16: positie van de tags in een pallet

5.3.2.2. Type lezers

Er worden drie verschillende soorten lezers gebruikt binnen Weidenhammer. Eén type lezer wordt gebruikt op de vorkliften en heeft geen externe antenne die kan aangesloten worden op een ander systeem. De andere twee lezers hebben enerzijds twee en anderzijds vier externe antennes. Er wordt zowel gebruik gemaakt van lineaire als circulaire antennes. Het verschil zit in de polarisatie (de richting van het uigestraalde en ontvangen elektrisch veld) van de antennes.

5.3.2.3. Software

Het programma dat gebruikt wordt om de informatie op de tags te lezen en te schrijven is een Duits softwareprogramma. Hieronder wordt alle informatie overlopen die geschreven kan worden op de tags, wat deze informatie precies voorstelt en hoe deze gebruikt kan worden. De namen van de gegevensbronnen worden weergegeven zoals ze beschreven staan in het programma. De tabel van deze gegevens wordt weergegeven in bijlage B.

- Unique ID Code: elke tag krijgt een unieke product code, ook wel eens EPC (electronic product code) genoemd, zodat de tags afzonderlijk geïdentificeerd kunnen worden aan de hand van deze code.
- # of times written: dit cijfer geeft weer hoeveel keer een tag beschreven is. Zo kan men achterhalen welke pallets veel gebruikt worden en welke minder. Wanneer men er bijvoorbeeld achter komt dat bepaalde pallets slechts 500 keer beschreven zijn en andere 5000 keer, kan dit een reden zijn om het gebruik evenwichtiger te verdelen.
- Pallet QA: dit is de kwaliteitscontrole van de pallet. Hiermee wordt weergegeven of de pallet goed genoeg bevonden wordt voor gebruik, waarbij een 1 staat voor OK en een 0 voor niet OK.
- Can specification: Hierop wordt weergegeven om welke soort producten het gaat die op de pallet geplaatst zullen worden. Het geeft met andere woorden de specificaties van de 'cans', de buisjes, weer.
- Number of layers: dit nummer beschrijft hoeveel lagen producten de pallet zal bevatten, zodat ook dit gecontroleerd kan worden.
- Production timestamp: hier wordt een tijdsindicatie genoteerd in de lokale tijd. Dit doet men om te weten op welk tijdstip een bepaalde pallet de productie binnengaat en men dus de doorlooptijden kan volgen.
- Seal specification: hier worden de specificaties van de afsluiting genoteerd. Deze zijn namelijk niet altijd dezelfde. Ze kunnen aangepast worden voor bepaalde acties of promoties, dus daarom wordt ook deze specifieke informatie genoteerd.
- Line number: dit getal geeft eenvoudigweg weer in welke lijn van productie de pallet geladen zal worden.
- Supply identification: hier wordt de informatie getoond omtrent de levering.

- Loading dock timestamp: hier wordt het tijdstip neergeschreven wanneer de pallet op de ladingskade gezet wordt. Zo kan men dus samen met de 'production timestamp' bekijken hoe lang het duurt voor een pallet van de productie tot op de laadkade geraakt.
- B-number: dit is ook een uniek identificatienummer, maar in dit geval een intern nummer gebruikt door Weidenhammer. Voorgaand aan de implementatie van de nieuwe technologie werd deze nummering reeds gebruikt om de pallets te kunnen identificeren. Omdat het gemakkelijker was om het overzicht te houden binnen het bedrijf werd deze nummering behouden.
- Production QA: ook hier wordt met een 0 of een 1 aangeduid of de pallet goedgekeurd wordt wat betreft kwaliteit of niet.
- Experimental order reference: hier wordt gerefereerd naar de bestelling waar de pallet deel van uitmaakt.
- Counter: number of inbetween sheets or number of toplayers: dit geeft het aantal kartonnen tussenlagen of toplagen weer aanwezig op een pallet.
- Reference for ordering transportation: dit geeft de nodige specificaties weer voor het transport van een bepaalde bestelling.

5.3.3. Problemen tijdens de implementatie

Uiteraard verliep het implementatieproces niet zonder problemen. Omdat de RFID-technologie over de hele fabriek moest worden toegepast en bovendien ook bij de klant, duurde het implementatieproces erg lang. Daarnaast speelt ook nog mee dat een RFID-systeem nog steeds geen kant en klaar systeem is en zomaar geïmplementeerd kan worden binnen elke onderneming. Voor elk bedrijf zijn de stappen en taken die nog moeten gebeuren verschillend en deze taken zijn bovendien niet altijd duidelijk vanaf het begin van het implementatieproces. Ook dit is een van de voornaamste redenen waarom de implementatie zoveel tijd in beslag heeft genomen.

Weidenhammer heeft daarentegen wel het voordeel dat zij met slechts één klant samenwerken. Dit vereenvoudigt de implementatie significant, want bij gebruik met verschillende klanten zullen lichtjes verschillende eisen per klant voorkomen en dit zou voor Weidenhammer betekenen dat voor bestellingen van verschillende klanten de producten ook verschillende processen zouden moeten doorlopen. Wanneer men daar overal mee rekening zou moeten houden, zou dit voor meer complicaties kunnen zorgen dan in de huidige situatie.

Eind maart 2013 werd het volledige implementatieproces ten slotte afgerond, terwijl het reeds opgestart werd in de zomer van 2011. We spreken bijgevolg over een vrij lange implementatieperiode van meer dan anderhalf jaar.

5.3.4. Trainingen voor de werknemers

Om het implementatieproces succesvol te laten verlopen werden trainingen voorzien voor het personeel, zodat iedereen vertrouwd zou raken met het concept RFID en zodat iedereen zou weten hoe de technologie precies in zijn werk gaat. Naast deze algemene informatie was het ook belangrijk om alle werknemers op de hoogte te stellen op welke manier het bedrijf deze technologie zou gaan gebruiken.

Het gehele bedrijf werd betrokken bij deze trainingen, omdat overal in het bedrijf de technologie zou worden toegepast. Voor het personeel van de technische dienst werden echter extra trainingen voorzien, omdat zij moeten kunnen ingrijpen wanneer er iets mis is met een bepaalde toepassing en ze daarvoor de technologie tot in de puntjes moeten begrijpen. Ook de mensen die bijvoorbeeld de vorkheftrucks besturen kregen extra informatie over hoe het gebruik van de heftrucks zou veranderen door het aanbrengen van een lezer op elke heftruck en hoe zij hiervan gebruik zouden moeten maken.

In totaal werden twee trainingsdagen voorzien voor het personeel, wat gezien de volledige implementatietijd vrij weinig is. Eén daarvan ging door op de vestiging van Weidenhammer in Mechelen zelf, de andere werd georganiseerd op het toeleveringsbedrijf Siemens, omdat daar meer uitleg gegeven kon worden omtrent alle technische specificaties.

5.3.5. Implementatiekosten

De totale implementatiekosten van de technologie bestaan, zoals weergegeven in sectie 4.1, uit de investeringskosten, de exploitatiekosten en de kosten voor innovatie en uitbreiding. De investeringskosten kunnen we dan nog verder opdelen in de kosten van de aankoop van tags, andere hardware en software, de installatiekosten van het geheel, de kosten van systeemintegratie, de kosten van training en communicatie en de algemene projectkosten. We beschikken enkel over de gegevens van de investeringskosten en deze worden hieronder besproken aan de hand van de beschikbare cijfers.

Tabel 2: Totale implementatiekosten van het RFID-systeem van Weidenhammer Packaging Group

Totale implementatiekosten	
<i>Total Tags</i>	<i>12.050,00 €</i>
<i>Total Siemens HW (without WLAN)</i>	<i>118.395,80 €</i>
<i>Total IND terminal + voltage stabilizer</i>	<i>17.020,00 €</i>
<i>Total Siemens WLAN</i>	<i>24.881,00 €</i>
<i>Total Mechanical Integration</i>	<i>38.252,00 €</i>
<i>Total Calibration during the project</i>	<i>11.050,00 €</i>
<i>Total IT Integration</i>	<i>32.010,00 €</i>
<i>Project Management</i>	<i>25.000,00 €</i>
<i>Maintenance & Support</i>	<i>15.000,00 €</i>
<i>Manuals & Trainings</i>	<i>6.800,00 €</i>
TOTAL	300.458,80 €

De kosten van de tags lopen in totaal op tot € 12.050. De tags kosten slechts € 0,45 per stuk, maar men heeft natuurlijk een groot aantal tags nodig om alle pallets te voorzien van tags (2 tags per pallet). De tags werden aangekocht voor een totaal aantal pallets van 13.000, dus in totaal heeft men 26.000 tags gekocht. Deze aankoopkost ($26.000 * 0,45 = 11.700$) komt ongeveer overeen met het gebudgetteerde bedrag van € 12.050. Het verschil is waarschijnlijk te verklaren doordat een kleine veiligheidsvoorraad aan tags aangelegd is.

We merken verder bij de kosten van de hardware dat de kosten van de lezers en de overige hardware een aanzienlijk deel uitmaken van de totale kost. Dit bedrag loopt op tot bijna € 120.000. Wanneer we daarbij de kosten van de tags, de terminal en de spanningsstabilisator optellen, wordt een kost bekomen van meer dan € 137.000. We kunnen hieruit concluderen dat de hardwarekosten toch een groot deel uitmaken van de totale implementatiekosten binnen een onderneming.

De kosten van de software en het draadloos netwerk zijn minder groot. Deze bedragen een kleine € 25.000 en vormen maar een fractie van de hardwarekosten. Daarnaast zijn er de integratiekosten – zowel mechanische integratie als integratie met de reeds aanwezige informatietechnologie – en de kalibratiekosten. Deze installatie- en integratiekosten lopen samen op tot iets meer dan € 80.000, wat ook een significant deel van de totale kosten uitmaakt.

Ten slotte zijn er nog de algemene projectkosten ter waarde van € 25.000, de onderhoudskosten die € 15.000 bedroegen en de kosten van handleidingen en trainingen voor de werknemers, zoals reeds besproken werd, die samen opliepen tot € 6.800. Dit levert een totale implementatiekost op van maar liefst €300.458,80. Dit is een vrij hoge kost voor een bedrijf, maar de voordelen zijn dan ook groot. Jammer genoeg konden de cijfergegevens met betrekking tot de voordelen die vooropgesteld werden in de investeringsanalyse niet ter beschikking worden gesteld, zodat geen schatting gemaakt kan worden van de terugverdientijd van deze investering.

5.4. Gebruik van de RFID-technologie binnen Weidenhammer

In wat volgt zal beschreven worden op welke manier Weidenhammer de RFID-technologie gebruikt om de efficiëntie te doen stijgen, bepaalde processen binnen het bedrijf te versnellen, de kosten te doen dalen en het voorraadbeheer te optimaliseren. Stap voor stap zal uitgelegd worden hoe zij gebruik maken van RFID, beginnend bij de terugkeer van de lege pallets van de klant.

5.4.1. Toegangspoort voor inkomende pallets

Wanneer de pallets terugkeren bij het bedrijf worden ze uit de vrachtwagens geladen per stapel van tien pallets. De lezers lezen vervolgens de tags aanwezig in deze pallets, zodat men weet om welke pallets het precies gaat. Zo kan het in principe niet meer dat bepaalde pallets met goederen wel verstuurd worden naar de klant, maar niet terug als lege pallet worden ontvangen. Door het gebruik van RFID is nu geweten welke pallets reeds terug ontvangen zijn en welke nog onderweg zijn of nog steeds bij de klant zijn.



Figuur 17: de RFID-lezers aanwezig bij de toegangspoort, geplaatst op verschillende hoogtes

In figuur 17 is te zien hoe de verschillende lezers (blauwe kleur) geplaatst worden langs de zijkanten van de toegangspoort opdat ze de tags van alle pallets kunnen lezen en bijgevolg identificeren. Deze lezers staan langs beide kanten van de poort zodat de tags aan beide kanten van de pallets gelezen kunnen worden.

Het voordeel van het plaatsen van lezers op deze plaats binnen de onderneming is een grotere zichtbaarheid van informatie, omdat iedereen steeds kan zien welke pallets reeds ontvangen zijn. Dit komt doordat de RFID-software gelinkt is aan het netwerk binnen het bedrijf en deze gegevens gemakkelijk opgevraagd kunnen worden. Daarnaast zorgt dit ook voor een grotere nauwkeurigheid van die gegevens. De informatie die op de tags te lezen is, staat namelijk garant voor het feit dat het om een bepaalde pallet gaat.

5.4.2. Pallets-ontstapelaar

Vervolgens worden de pallets per tien stuks vervoerd naar de ontstapelaar. Bij aankomst aan deze ontstapelaar werden opnieuw lezers geplaatst om nogmaals te controleren om welke pallets het gaat en of deze nog dezelfde pallets zijn als degene die ontvangen werden bij de toegangspoort. Ook wordt op de tags geschreven of de pallet al dan niet in goede staat is voor gebruik, zodat slechte pallets niet in de productie terecht geraken.

De ontstapelaar zorgt er dan vervolgens voor dat aan de hand van een mechanisme steeds de onderste pallet wordt weggevoerd via rollen zodat die pallet verder gecontroleerd kan worden, zoals zichtbaar is in figuur 18. Eerst wordt onderzocht of er schade is aan de pallet (poot afgebroken, plank ertussen uit,...) waardoor deze niet langer gebruikt kan worden. Indien dit wel het geval zou zijn, wordt de desbetreffende pallet weggevoerd via een andere weg dan de voor hergebruik goedgekeurde pallets, zodat de pallets die niet langer geschikt zijn voor gebruik uit de roulatie worden genomen en geen opstoppingen kunnen veroorzaken voor de goede pallets en dus de productie kunnen vertragen.

De tags van de pallets die wel geschikt zijn voor gebruik worden vervolgens gelezen. Er wordt nagegaan of beide tags dezelfde informatie bevatten en wanneer dit het geval is en er dus geen foutmelding plaatsvindt, worden bepaalde stukjes informatie leeg gemaakt. Deze verwijdering is vereist omdat die informatie van toepassing was op de vorige verzending.



Figuur 18: de goede pallets gaan naar links, de slechte gaan naar onder op de tekening

De informatie zal aangepast moeten worden wanneer de pallet opnieuw gebruikt wordt voor een andere verzending. Wanneer de pallets gecontroleerd en goedgekeurd zijn, worden ze per stapels van maximum 14 pallets gebracht naar de productie, waar ze gebruikt zullen worden om de producten op te stapelen.

5.4.3. Laden van de pallets

Wanneer de pallets goedgekeurd zijn voor gebruik, zijn ze klaar om geladen te worden met de Pringles doosjes. Dit gebeurt met behulp van een robot die de juiste lading op de juiste pallet plaatst. Eens de pallet geladen is, schuift deze door naar de volgende positie. Terwijl de pallet daar wacht op een robot om opgepakt te worden, wordt de informatie die van toepassing is op de pallet op de tags geschreven. Vervolgens gaat de pallet door naar de visuele inspectie.

Deze visuele inspectie gebeurt met de hulp van personeel dat nogmaals controleert of de juiste lading op de juiste pallet staat en of er geen beschadigingen opgetreden zijn aan de tussenlagen of bovenlaag die gebruikt worden om de doosjes te beschermen. Vervolgens wordt er een plastic lint langs beide kanten rond de producten gebonden zodat deze niet langer kunnen verschuiven. De pallets worden daarna verder getransporteerd via een band en worden met een lift naar een verdieping hoger gebracht, waar ze klaar zijn om naar de juiste plaats in het magazijn verplaatst te worden.

5.4.4. Plaatsing in het magazijn

De geladen pallets komen daarna aan op een lift (rode kleur op figuur 19) op de eerste verdieping. Deze lift is eveneens uitgerust met lezers en leest de informatie die op de tags staat. Wanneer er reeds pallets aanwezig zijn beladen met dezelfde soort doosjes zullen de lezers dit herkennen en zal de pallet naar dezelfde plaats in het magazijn gestuurd worden. Dit kan zowel boven als beneden zijn.



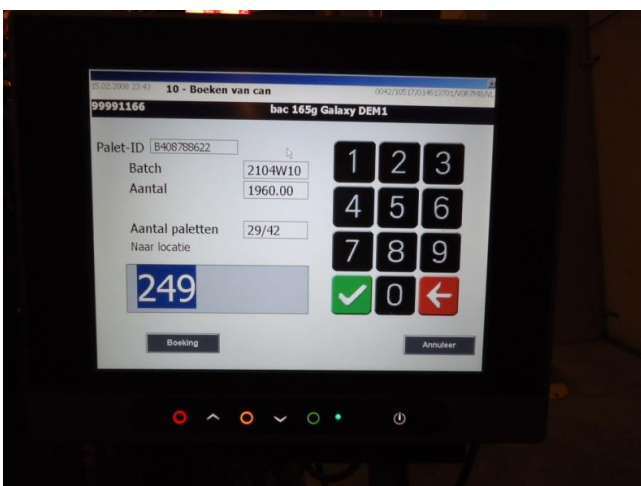
Figuur 19: het liftstelsel dat gebruikt wordt in het magazijn

Wanneer de pallets op de bovenverdieping geplaatst moeten worden, lopen ze verder rechtdoor via transportrollen, waarna ze op de juiste plaats gezet worden. Wanneer ze beneden geplaatst moeten worden, vervoert de lift ze naar beneden en komen ze daar in een wachtrij terecht. De vorkheftrucks zullen daar de pallets ophalen en op de juiste plaats in het magazijn plaatsen.

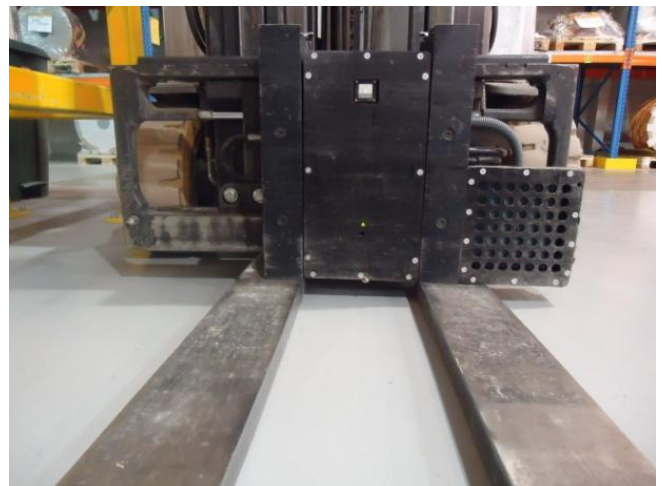
Ook in deze situatie zorgt de RFID-technologie voor een beter zichtbaarheid en een hogere nauwkeurigheid van de informatie. Bovendien wordt het proces van voorraadbeheer gevoelig versneld, aangezien het grootste deel volledig automatisch gebeurt.

5.4.5. Pallets klaar zetten voor verzending

Het personeel dat de vorkheftrucks bedient, krijgt via een computersysteem lijsten aan met de pallets die samen in een vrachtwagen geplaatst moeten worden. Het scant de lijst, zodat die weergegeven wordt op een scherm in de vorkheftruck. De vorkheftrucks zijn zelf ook uitgerust met RFID-lezers (zie figuur 21) en die lezers zijn gelinkt aan het scherm. Zoals zichtbaar op figuur 20 geeft dit scherm, wanneer een pallet opgepakt wordt, weer om welke pallet het gaat, van welke batch deze pallet deel uitmaakt en het aantal producten dat op die pallet staat. Ook wordt aangegeven op welke plaats in het magazijn de pallet zal moeten komen te staan. Op deze manier zal de chauffeur geen fouten kunnen maken bij het stockeren van de pallets.



Figuur 20: scherm op de vorkheftruck met de gegevens van de pallets die geladen moeten worden



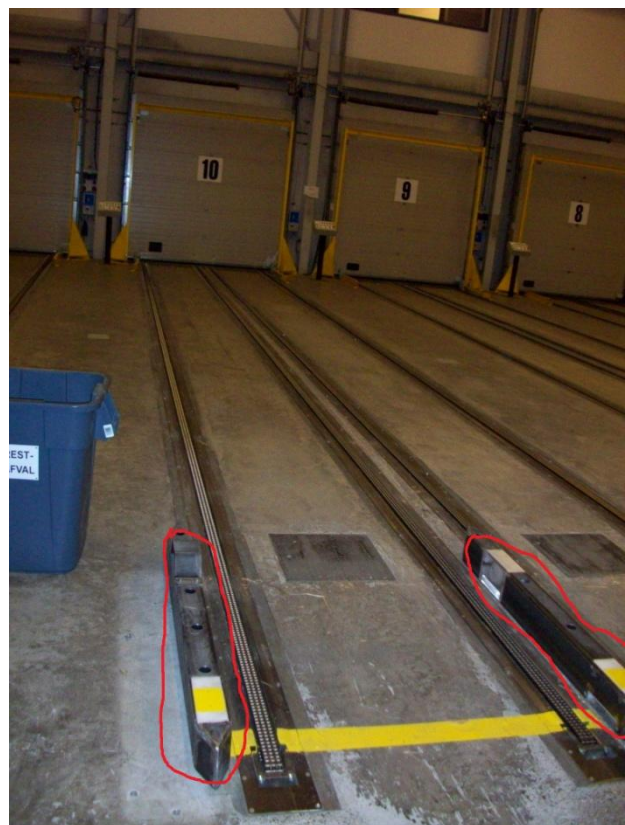
Figuur 21: vorkheftruck, uitgerust met RFID-lezer

Ten slotte wordt weergegeven hoeveel pallets reeds correct gestockeerd zijn. Op die manier kan de chauffeur zien hoeveel pallets hij nog zal moeten laden om de lijst af te werken. Het scherm zorgt ervoor dat wanneer een vorkheftruck een pallet oppakt die niet op de lijst staat, een foutmelding gegenereerd wordt met het bericht dat op dat moment een verkeerde pallet verplaatst wordt. Zo worden fouten vermeden en kan dit laadproces veel sneller verlopen. Wanneer dit niet met RFID zou gebeuren, kan het gebeuren dat de verkeerde pallet voor verzending geplaatst wordt, waardoor de klant niet ontvangt wat hij besteld heeft en er een nieuwe verzending zal moeten plaatsvinden.

Vervolgens plaatsen de chauffeurs één voor één de pallets naar de laadplaats. Wanneer ze daar een pallet hebben afgezet zal dit ook aangeduid worden via hun scherm en zal het aantal pallets van die soort dat nog geladen moet worden met een eenheid dalen. Zo weten ze op elk moment hoeveel pallets van welke soort er nog geladen moeten worden om aan de lijst voor een bepaalde vrachtwagen te voldoen.

5.4.6. Laden van de vrachtwagens

Ook het laden van de vrachtwagens gebeurt volledig automatisch. Wanneer de vorkheftruck de pallet op de juiste plaats heeft neergezet, staan ook daar twee lezers die nogmaals verifiëren of het om de juiste pallets gaat. Daarna wordt de pallet via een transportsysteem één positie verder verschoven zodat de volgende pallet net tussen de lezers past. In de figuur hiernaast (figuur 22) staan de lezers aangeduid en is ook zichtbaar dat per laadkade (en dus vrachtwagen) steeds twee pallets naast elkaar geplaatst kunnen worden.



Figuur 22: laadplaats voor vrachtwagens

De vorkheftrucks voeren zo alle nodige pallets aan met behulp van hun lijst zodat uiteindelijk de volledige bestelling klaar staat op de laadkade om vervoerd te worden. Wanneer de vracht volledig is worden de pallets (dit zijn er ongeveer 26 per vrachtwagen) automatisch in de vrachtwagen geladen zodat de vrachtwagen snel opnieuw kan vertrekken. Men werkt hier op basis van een soort Just-In-Time (JIT) systeem, zodat de pallets niet een volle dag staan te wachten vooraleer ze effectief ingeladen worden. De werknemers beginnen namelijk de pallets pas klaar te zetten voor verzending niet lang voor de vrachtwagen aankomt, zodat de volledige lading net op tijd klaar staat, wanneer de desbetreffende vrachtwagen bij het bedrijf arriveert. Er vertrekken gemiddeld gezien zo'n 30 vrachtwagens per dag, wat dus overeenkomt met een kleine 800 pallets.

5.4.7. Distributie

Eens de vrachtwagens geladen zijn, rijden ze naar de enige klant van Weidenhammer, Kellogg's, die de Pringles produceren. Om zeker te zijn dat de vrachtwagens de juiste routes gebruiken om de producten af te leveren en niet onnodig via een omweg rijden, kunnen de pallets steeds geïdentificeerd en gevolgd worden (track and trace) door de RFID-technologie. Zo is permanent geweten waar de pallets zich bevinden en beschikt men over meer informatie omtrent de snelheid en de efficiëntie van het eigen distributiesysteem.

Doordat de implementatie van het RFID-systeem geïntegreerd is verlopen met de implementatie bij de klant, weet men wanneer de pallets aankomen bij de klant, omdat de klant deze informatie op de tags zal schrijven. Nadat de pallets bij de klant de hele cyclus hebben doorlopen, worden ze teruggestuurd naar Weidenhammer, waar ze opnieuw binnenkomen op de plaats beschreven in sectie 5.4.1.

5.5. Voordelen voor Weidenhammer ten gevolge van de RFID-technologie

5.5.1. Verlaging van het aantal fouten

Doordat de nauwkeurigheid en de zichtbaarheid van de informatie erg stijgt bij het gebruik van een RFID-systeem, leidt dit tot een significante verlaging van het aantal fouten dat gemaakt wordt. Deze fouten hadden meestal een gebrek aan juiste informatie als oorzaak. Deze oorzaken worden geëlimineerd door het gebruik van RFID.

Wanneer vroeger een fout gebeurde – bijvoorbeeld een pallet die stuk was en toch gebruikt werd – had dit een stilstand tot gevolg. De pallet werd uit productie genomen en de producten op de pallet moesten overgeplaatst worden naar een bruikbare pallet. Dit kon echter veel tijd kosten, waardoor de hele lijn vertraagd werd en dit het voorraadbeheer niet ten goede kwam. Daar voor een deel just-in-time geproduceerd wordt, leverden die stilstanden nog extra problemen op wanneer bijvoorbeeld vrachtwagens een tijdje moesten wachten op de juiste lading.

Een ander soort fouten dat nog veel meer problemen met zich meebrengt, is het versturen van de verkeerde producten naar de klant. Wanneer de klant een bepaalde order doorgeeft en hij ontvangt niet alle producten die hij besteld heeft, heeft dit enkele belangrijke gevolgen. Ten eerste moeten de verkeerde pallets teruggestuurd worden en vervolgens de juiste bestelling geleverd worden, wat natuurlijk allemaal extra kosten met zich meebrengt. Daarnaast zal ook de klantentevredenheid gevoelig aangetast worden door de gemaakte fout, omdat de klant niet op tijd de gevraagde producten ontvangen heeft. Dit is dan op zijn beurt slecht voor de algemene reputatie van het bedrijf.

Al deze fouten kunnen vermeden worden door het gebruik van RFID-tags en -lezers. Het is niet langer mogelijk om pallets die stuk zijn te gebruiken, doordat de kwaliteitscontrole bij het binnenkomen in de fabriek de slechte pallets uit het systeem verwijdert. Daarnaast zijn er ook veel minder stilstanden doordat alles automatisch naar de juiste plaats gestuurd wordt. Het kan nog voorkomen dat er een stilstand is door een fout in de technologie, maar dit komt slechts erg zelden voor.

Ten slotte is het ook niet langer mogelijk om de verkeerde bestelling te versturen, doordat men ook op de vorkheftrucks die de pallets moeten klaarzetten voor verzending, een lezer heeft geplaatst. Hierdoor krijgen de chauffeurs een foutmelding bij het vervoeren van een verkeerde pallet en worden deze menselijke fouten ook geminimaliseerd.

5.5.2. Vermindering personeel

Door de verhoogde graad van automatisering heeft Weidenhammer minder personeel nodig om eenzelfde productie te kunnen aanhouden. De controle van de pallets en het verplaatsen ervan naar de juiste locaties op de productievloer en in het magazijn wordt automatisch verricht. Er zijn dus minder werknemers nodig om de taken uit te voeren die door de nieuwe technologie verricht worden.

De implementatie van RFID-technologie in het bedrijf heeft als gevolg dat er minder personeel nodig is om de bedrijfsvoering zoals daarvoor te laten verlopen. Het personeelsbestand zal dus over het algemeen inkrimpen, wat leidt tot een verlaging van de loonkosten voor de onderneming.

5.5.3. Verlaging kosten

De invoering van de RFID-technologie heeft enkele belangrijke kostendalingen tot gevolg. Om te beginnen is er de daling van de personeelskosten, zoals hierboven werd aangehaald, omdat er minder personeel nodig is om de werkzaamheden van het bedrijf in stand te houden.

Daarnaast zijn er niet langer de kosten voor het papier en het printen van de barcodes, het systeem dat vroeger gebruikt werd. Zoals eerder vermeld werd waren deze kosten toch aanzienlijk, door het feit dat er twee barcodes per pallet dienden aangebracht te worden. Bovendien zijn de barcodes niet herbruikbaar. Deze kosten liepen in totaal op tot ongeveer 20.000 euro per jaar.

Verder heeft ook de grotere zichtbaarheid en nauwkeurigheid van de informatie een effect op de kosten. Doordat men steeds weet welke hoeveelheden nog in voorraad zijn en hoe snel deze voorraad aangevuld zal kunnen worden, kan het bedrijf enerzijds een lichtjes lagere voorraad aanhouden en zorgt dit voor minder stockouts. De voorraadkosten en de kosten van tekorten verlagen dus eveneens.

Ten slotte worden er veel minder (menselijke) fouten gemaakt door de invoering van het RFID-systeem. Alle kosten veroorzaakt door fouten, zoals het opnieuw verzenden van bepaalde goederen of het terugnemen van goederen die verkeerd verstuurd zijn, alsook de kosten die een stilstand in de productie veroorzaken, kunnen tegenwoordig vermeden worden.

5.5.4. Verbetering voorraadbeheer

De implementatie van het RFID-systeem zorgt binnen Weidenhammer voor een grote automatisering van het voorraadbeheer. Een groot deel van het voorraadbeheer gebeurt namelijk automatisch via transportbanden. Op die manier moeten de werknemers niet langer alle pallets verplaatsen naar de volgende stap binnen het voorraadbeheer.

Bovendien gebeurt ook de controle van de pallet en de plaats waar deze opgeslagen zal moeten worden automatisch. Afhankelijk van wat geschreven staat op de tags, worden zij namelijk via liften en transportbanden naar bepaalde plaatsen in het magazijn gebracht, waar ze enkel nog op de juiste plaats gezet dienen te worden door vorkheftrucks.

Bovendien zijn deze vorkheftrucks zoals eerder vermeld ook uitgerust met een RFID-lezer. Hierdoor zullen ook zij de pallets enkel op de juiste plaats kunnen afzetten. Indien ze dit niet doen wordt een foutmelding weergegeven op het schermje binnen de vorkheftruck. Het aantal pallets dat op de verkeerde plaats gezet wordt, wordt op deze manier geminimaliseerd en ook deze toepassing draagt dus bij tot een versnelling van het voorraadbeheer binnen Weidenhammer.

5.6. Nadelen voor Weidenhammer ten gevolge van de RFID-technologie

5.6.1. Hoge investeringskost

Een mogelijk nadeel voor Weidenhammer is de relatief hoge investeringskost die de implementatie van de RFID-technologie met zich meebrengt. Aangezien de cijfers met betrekking tot de differentiële winsten die het bedrijf maakt door de implementatie niet ter beschikking werden gesteld, is het moeilijk om te beoordelen of de terugverdientijd van deze investering verschillende jaren in beslag zal nemen of redelijk snel terugverdiend zal zijn.

Bovendien blijft er steeds een klein risico dat de technologie faalt of dat er iets anders fundamenteel mis loopt, waardoor men terug zou moeten gaan naar het oorspronkelijke systeem. In zo'n geval zouden de volledige uitgaven voor de technologie volledig nutteloos zijn.

5.6.2. Sociale kosten

Ook voor het personeel zijn mogelijke nadelen te verbinden aan het gebruik van de nieuwe technologie. Doordat een groter deel van de productie, het voorraadbeheer en de distributie nu automatisch verloopt, heeft het bedrijf minder personeel nodig dan voorheen. Het zou dus kunnen dat enkele werknemers ontslagen moeten. Bijgevolg zijn er ook sociale nadelen verbonden aan het implementeren van het RFID-systeem, aangezien door de automatisering de tewerkstelling in bepaalde bedrijven zal dalen.

5.6.3. Kosten m.b.t. milieu en gezondheid

Wanneer de tags opgebouwd zouden zijn uit schadelijke stoffen en ze niet langer gebruikt kunnen worden, worden ze weggegooid. Silicium bijvoorbeeld heeft een schadelijke invloed op het milieu. Of de huidige tags silicium of andere schadelijke stoffen bevatten, is informatie waar ik niet over beschik. Is dit het geval, dan moet de onderneming proberen om deze schadelijke stoffen niet in het milieu terecht te laten komen.

Ook de schadelijke invloed van de radiogolven op de gezondheid van de mens is nog steeds niet duidelijk. Er heerst nog altijd twijfel of de blootstelling aan deze radiogolven een slechte invloed kan hebben op de algemene gezondheid. Wanneer zou blijken dat dit effectief het geval is, zal Weidenhammer acties moeten ondernemen om deze invloeden in te perken.

Conclusie

RFID-technologie kan enorm veel voordelen bieden aan een bedrijf. Het zorgt voor een betere beschikbaarheid van informatie en bovendien is deze informatie nauwkeuriger dan voorheen. Voor het tegengaan van diefstal is deze technologie eveneens zeer nuttig, alsook voor het traceren van producten die men mogelijk heeft kwijtgespeeld of producten die onderweg zijn naar de klanten.

De technologie zorgt daarnaast voor een verhoogde automatisering binnen een bedrijf, waardoor minder personeel vereist is en bepaalde processen veel vlotter en sneller zullen verlopen. Met name het voorraadbeheer wordt enorm verbeterd doordat dit grotendeels automatisch via een computersysteem gebeurt. Door de versnelling van bepaalde processen zal de doorlooptijd van een product doorheen de volledige productiecycclus verminderd worden.

Er zijn echter ook wel enkele nadelen aan de implementatie van een RFID-systeem verbonden en het grootste nadeel is de hoge kost die de implementatie met zich meebrengt. De kost van een tag ten opzichte van een barcode is nog steeds erg hoog en daardoor kiezen slechts enkele bedrijven ervoor om deze technologie te gaan toepassen. Dit zijn meestal bedrijven die de tags opnieuw kunnen gebruiken door ze te gaan verwerken in verpakkingen of pallets. Tags gebruiken op individuele producten (met uitzondering van luxegoederen) is voorlopig voor geen enkel bedrijf financieel haalbaar.

Wanneer men echter niet alleen naar het financiële kijkt, maar het volledige plaatje van voordelen en nadelen in beschouwing neemt, kan het echter wel een voordeel zijn om de technologie toe te passen. Dit is verschillend van bedrijf tot bedrijf, aangezien elk bedrijf de technologie op een bepaalde wijze en op een bepaalde schaal binnen het bedrijf wilt toepassen. Afhankelijk van de schaal en de wijze zal de technologie een voordeel, dan wel een nadeel zijn voor dat bedrijf.

Samenwerking met de klanten kan een extra dimensie geven aan de voordelen van deze technologie zoals vastgesteld wordt bij het bedrijf Weidenhammer te Mechelen. Doordat zij hun RFID-systeem samen met de klant geïmplementeerd hebben, kunnen zij een deel van de kosten delen en beiden van de voordelen ervan profiteren. Wanneer de technologie binnen een volledige keten toegepast zou worden, zou dit een enorme automatisering van de gehele cyclus – en in het bijzonder van het voorraadbeheer – tot gevolg hebben, aangezien alle informatie via de lezers naar een centraal systeem gestuurd zou worden en er veel minder fouten gemaakt zouden worden. Bovendien zouden alle bedrijven min of meer kunnen werken op een Just-In-Time manier, waardoor ze de voorraadkosten weer kunnen laten dalen.

Al bij al kunnen we dus besluiten dat RFID enorm veel toepassingen heeft en zeer veel voordelen inhoudt. De technologie leidt tot een verbetering van het voorraadbeheer binnen een bedrijf en voor een verhoging van de klantentevredenheid omdat er minder fouten gemaakt worden. Door de hoge kosten is het echter afhankelijk van bedrijf tot bedrijf of het een voordeel is om de technologie te gaan toepassen of eerder een nadeel. Om dat te weten te komen, zal elk bedrijf een bedrijfsspecifieke investeringsanalyse moeten uitvoeren om de voordelen en nadelen tegen elkaar af te wegen en op die basis te beslissen of ze RFID zullen invoeren in hun bedrijfsvoering of niet.

Ten slotte wil ik deze conclusie nog afsluiten met een kritische reflectie van mijn gehele masterproef. De voordelen die RFID kan bieden aan een bedrijf zijn vrij duidelijk voor iedereen, maar de determinanten die bepalen welke bedrijven meer voordeel kunnen halen uit de technologie dan anderen zijn niet gekend. Dit is omdat erg weinig bedrijven reeds gebruik maken van de technologie en dus geen database beschikbaar is waarmee een regressieanalyse uitgevoerd kan worden om de voornaamste determinanten te bepalen. Onderzoek in de toekomst – wanneer RFID meer wijdverspreid is dan nu het geval is – zou deze determinanten kunnen bepalen en zo een duidelijker licht kunnen werpen op de factoren die bepalen welke bedrijven het meeste baat hebben bij het implementeren van de RFID-technologie en welke niet.

Lijst van de geraadpleegde werken

Artikels

- Attaran, M. (2011). The supply and demand of RFID. *Industrial Engineer, Vol. 43*.
- Ayre, L.B. (2012). RFID in libraries: a step toward interoperability. *Library technology reports, Vol. 48*.
- Brewer, A., Sloan, N., Landers, T.L. (1999). Intelligent tracking in manufacturing. *Journal of intelligent manufacturing, Vol. 10*, 245-250.
- Chappel, G., Ginsburg, L., Shmidt, P., Smith, J., Toboski, J. (2003). Auto-ID on the Line: The Value of Auto-ID Technology in Manufacturing, Cambridge: Auto-ID labs.
- Cole, P.H. (2005). Physics and Protocols in Radio Frequency Identification, Adelaide: Auto-ID labs.
- CoreRFID (2010). RFID & Public Health. Is there a cause for concern?
- Domdouzis, K., Kumar, B., Anumba, C. (2007). Radio-Frequency Identification (RFID) applications: A brief introduction. *Advanced Engineering Informatics, Vol. 21*, 350-355.
- Estrada-Flores, S., Tanner, D. (2008). RFID Technologies for Cold Chain Applications. *International Institute of Refrigeration*
- García, A., McFarlane, D., Fletcher, M., Thorne, A. (2003). Auto-ID in materials handling, Cambridge: Auto-ID labs.
- Gaukler, G., Seifert, R., Hausman, W. (2007). Item-Level RFID in the Retail Supply Chain. *Production and Operations Management, Vol. 16*, 65-76.
- Landt, J. (2001). The history of RFID. *IEEE Potentials, Vol. 24*, 8-11.
- Hodges, S., McFarlane, D. (2005). Radio frequency identification: technologies, applications and impact. Cambridge: Auto-ID labs.
- McFarlane, D. (2003). The impact of product identity on industrial control. Part one: "See more, do more". Cambridge: Auto-ID labs.
- Mitsugi, J., Tokumasu, O., Hada, H. (2009). RF Tag with RF and Baseband Communication Interfaces for Product Lifecycle Management, Keio: Auto-ID labs.

Morán, H.J., Ayub, S., McFarlane, D. (2004). Auto-ID Use Case: Improving Inventory Visibility in a Retail Company – Impact on Existing Procedures and Information Systems, Cambridge: Auto-ID labs.

O'Connor, M.C. (2012). Smart Fixtures, Shelves and Labels. *RFID Journal*, Vol. 9, 28-33

Palmans, J. (2007). Real-time volgen en identificeren van producten in de supply chain m.b.v. RFID. *Universiteit Hasselt*.

Roberti, M. (z.d.). *The History of RFID Technology*. Opgevraagd op 17 oktober 2012 via <http://www.rfidjournal.com>.

Roberts, C.M. (2006). Radio frequency identification (RFID). *Computers and security*, Vol. 25, 18-26.

Saygin, C. (2006). Adaptive inventory management using RFID data. *International journal of advanced manufacturing technology*, Vol. 32, 1045-1051.

Tang, Z., He, Y., Wang, Y. (2011). Broadband UHF RFID tag antenna with quasi-isotropic radiation performance. *International Journal of Electronics and Communications (AEÜ)*, Vol. 65, 859-863.

Telkamp, C., Angerer, A., Fleisch, E., Corsten, D. (2005). From pallet to shelf: improving data quality in retail supply chains using RFID, Auto-ID labs.

Thys, R. (2007). Augmented physical objects driven by semantic web technology to bridge the gap between the digital and the physical world. *Universiteit Hasselt*.

Van den Broeck, J. (2006). Radio Frequentie Identificatie in het magazijnbeheer. *Universiteit Hasselt*.

Wang, H., Chen, S., Xie, W. (2010). An RFID-based digital warehouse management system in the tobacco industry: a case study. *International Journal of Production Research*, Vol. 48, 2513-2548.

Wang, Y., Ho, O.K.W., Huang, G.Q., Li, D. (2008). Study on vehicle management in logistics based on RFID, GPS and GIS. *International Journal of Internet Manufacturing and Services*, Vol. 3, 294–304.

Weis, S. (2007). RFID (Radio Frequency Identification): Principles and Applications. *MIT (Massachusetts Institute of Technology)*.

Xerafy (z.d.). *Intelligent foreign object prevention*. Beschikbaar op <http://www.xerafy.com/en/resources/whitepaper>. Opgevraagd op 23/02/2013.

Xerafy (z.d.). *Military usage of passive RFID*. Beschikbaar op <http://www.xerafy.com/en/resources/whitepaper>. Opgevraagd op 27/02/2013.

Yüksel, M.E., Yüksel, A.S. (2011). RFID Technology in Business Systems and Supply Chain Management, *Journal of economic and social studies*, Vol. 1, 53-71.

Zhu, X., Mukhopadhyay, S.K., Kurata, H. (2012). A review of RFID technology and its managerial applications in different industries. *Journal of engineering and technology management*, Vol. 29, 152-167.

Boeken

Bhatt, H., Glover, B. (2006). *RFID essentials*. O'Reilly.

Lahiri, S. (2005). *RFID sourcebook*. IBM Press.

Sharma, S. (2010). *Supply Chain Management*. Oxford University Press

Sweeney, P.J. (2005). *RFID for dummies*. Wiley.

Syed, A., Mohammad, I. (2010). *RFID handbook: Applications, Technology, Security and Privacy*. Taylor & Francis.

Van Trier, M., Rietdijk, J.W. (2004). *Innoveren met RFID: op de golven van verbetering*. tenHagenstam uitgevers.

Figuren

RFID-systeem:

http://www.emeraldinsight.com/content_images/fig/0890320304001.png

RFID-tag:

http://www.siongboon.com/projects/2012-03-03_rfid/index.html

RFID-lezers:

www.goarfid.com

<http://www.prlog.org/10132057-long-range-uhf-rfid-reader-dl910-with-long-read-range-up-to-15m.html>

www.madeinchina.com

Biometrisch paspoort:

<http://www.maarkedal.be/site/306/default.aspx>

RFID in bibliotheek:

<http://kelvin11221225.wordpress.com/2012/06/03/the-value-of-rfid-technology-to-futures-business/>

Smart shelf:

<http://www.merl.com/areas/rfidapplication/>

Logo Weidenhammer Packaging Group + figuren van producten van Weidenhammer:

<http://www.weidenhammer.de/produkte.html>

Bijlagen

Bijlage A: Lijst van figuren en tabellen

Figuur 1	RFID-systeem
Figuur 2	RFID-tag
Figuur 3	RFID-lezer
Figuur 4	RFID-lezer
Figuur 5	RFID-lezer
Figuur 6	Biometrisch paspoort
Figuur 7	RFID-systeem binnen een bibliotheek
Figuur 8	Smart shelf systeem
Figuur 9	Logo Weidenhammer Packaging Group
Figuur 10	Samengestelde blikken
Figuur 11	Samengestelde bussen
Figuur 12	Opvouwbare bussen
Figuur 13	Luxe buizen
Figuur 14	Plastic bakjes
Figuur 15	Gebruikte tags Weidenhammer
Figuur 16	Positie van de tags in een pallet
Figuur 17	Lezers toegangspoort
Figuur 18	Kwaliteitsinspectie pallets
Figuur 19	Liftsysteem magazijn
Figuur 20	Scherf vorkheftruck
Figuur 21	Vorkheftruck
Figuur 22	Laadplaats vrachtwagens

Tabel 1	Investeringsuitgaven voor een RFID-systeem
Tabel 2	Totale implementatiekosten van het RFID-systeem van Weidenhammer Packaging Group

Bijlage B: RFID-gegevens programma Weidenhammer

Nr.	Specification Data	Definition			Bytes	Bits
0	Unique ID Code	32bits will be booked in the tag EPC memory for incremental UID's.	Format for rfidea	Format for PLC (hexadecimal)	4	32
1	# of times written	decimal		00000000 to FFFFFFFF	4	24
2	Pallet QA: Pallet OK or NOT OK	decimal/boolean	0-1	00 OR 01	1	1
3	Can specification	alphanumeric	fill with ascii code of blank (20)	00000000000000000000000000000000 to FFFFFFFF	13	104
4	Number of layers	decimal/boolean	0-255	00 to FF	1	8
5	Production timestamp	unix timestamp	UTC timezone	00000000 to FFFFFFFF	4	64
6	Seal specification	alphanumeric		00000000000000000000000000000000 to FFFFFFFF	13	104
7	Line number	decimal	0-255	00 to FF	1	8
8	Supply identification	alphanumeric	W	00 to FF	1	8
9	Loading dock timestamp	unix timestamp	utc timestamp	00000000 to FFFFFFFF	4	64
10	B-number (internal reference of Weidenhammer)	decimal		00000000 to FFFFFFFF	4	32
11	Production QA: Pallet OK or NOT OK	decimal	0-1	00 OR 01	1	1
12	E(xperimental) O(rder) Reference	decimal	filled with 0	00000000 to FFFFFFFF	4	32
13	Pallet return, toplayers or inbetween sheets or empty pallets	decimal	0-255	00 to FF	1	8
14	Counter : Number of inbetween sheets OR number of toplayers	decimal	0-65535	0000 to FFFF	2	16
15	Reference for ordering transportation	decimal		00000000 to FFFFFFFF	4	32
16	Timestamp	unix timestamp	utc timestamp	00000000 to FFFFFFFF	4	64

Bijlage C: informatie omtrent RFID-systeem Weidenhammer

Project reference	PJ11015	Document Title	PJ11015_WH_HDS
Project Name	RFID Pallet Tracking	Document Filename	WH_HDS.0.1_compressed
Document Type	HARDWARE DESIGN SPECIFICATIONS	Revision	0.1
Date	24 August 2011	Page	1 of 48

Project Name	RFID Pallet Tracking
Project Reference	PJ11015
Document Type	HARDWARE DESIGN SPECIFICATIONS
Document Title	PJ11015_WH_HDS
Doc. File Name	WH_HDS.0.1
Version	0.1
Date	24 August 2011

Protocol approval section			
Prepared by / Author			
Name	Function / Job Title / Role	Signature	Date
Jérôme Coulon	Sales & Project Manager RFIDea		
Approved by			
Name	Function / Job Title / Role	Signature	Date
David Dalla Vecchia	CEO RFIDea		

Project reference	PJ11015	Document Title	PJ11015_WH_HDS
Project Name	RFID Pallet Tracking	Document Filename	WH_HDS.0.1_compressed
Document Type	HARDWARE DESIGN SPECIFICATIONS	Revision	0.1
Date	24 August 2011	Page	3 of 48

TABLE OF CONTENTS	2
REVISION HISTORY/DISTRIBUTION	6
GLOSSARY OF TERMS	7
1. INTRODUCTION	8
2. MATERIAL REVIEW	9
2.2 TAG	9
2.2.3 TAG CHARACTERISTICS	9
2.2.4 TAG LOCATION	10
2.2.5 HOW TO INSERT TAG IN THE PALLET	11
2.3 READERS	12
2.3.1 RF620R	12
2.3.2 RF630R	14
2.3.3 RF670R	15
2.4 ANTENNAS	16
2.4.1 RFID BASIC RULES	16
2.4.2 RF620A	17
2.4.3 RF640A	18
2.4.4 RF660A	18
2.5 GATEWAY	19
2.5.1 CABLES, DATA COMMUNICATION AND POWER SUPPLY	19
2.5.2 ASM456	19
2.5.3 RF180C	20
2.5.4 RF182C	22
2.5.5 MICROBOX	22

Project reference	PJ11015	Document Title	PJ11015_WH_HDS
Project Name	RFID Pallet Tracking	Document Filename	WH_HDS.0.1_compressed
Document Type	HARDWARE DESIGN SPECIFICATIONS	Revision	0.1
Date	24 August 2011	Page	8 of 48

1. Introduction

This project consists in the Radio Frequency Identification and the tracking of 13.000 wooden pallets moving in a close loop between WH plant in Mechelen and PG plant in Mechelen.

Zetes RFIDea has been selected for the development and the installation of the RFID related part of the project.

This includes:

- Hardware selection,
- Mechanical installation on site,
- Calibration and parameterization,
- Instruction to the PLC programmer on what to do with RFID readers at each spot,
- Development and installation of reader manager for PDA and forklift.

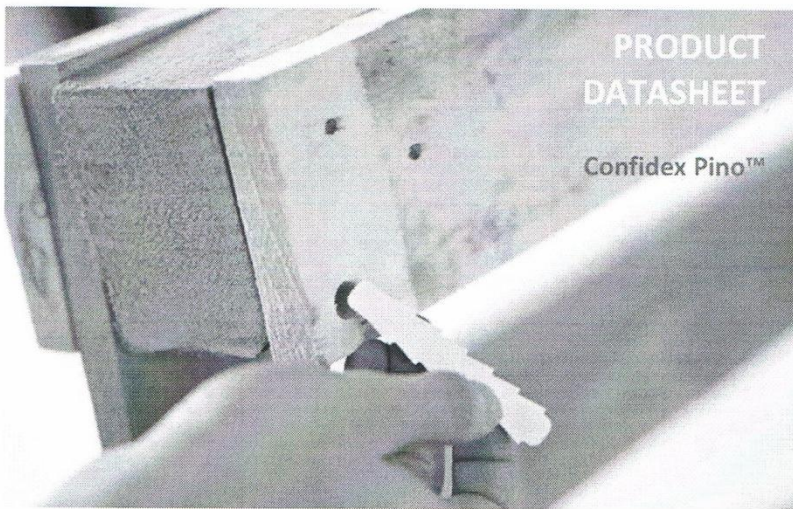
Project reference	PJ11015	Document Title	PJ11015_WH_HDS
Project Name	RFID Pallet Tracking	Document Filename	WH_HDS.0.1_compressed
Document Type	HARDWARE DESIGN SPECIFICATIONS	Revision	0.1
Date	24 August 2011	Page	9 of 48

2. Material review

2.2 Tag

2.2.3 Tag characteristics

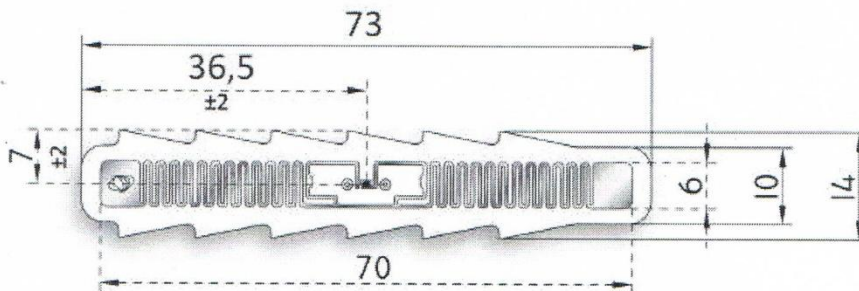
- EPC memory of 240 bit
- Extended memory of 512 bit



Pino Tag is specially designed for wooden pallet identification. As you can see from the picture, it is to be inserted in a whole previously made in the foot of the pallet.

The shape of the *Pino* keeps it from turning around in the whole which is important in the frame of this project.

There will be two tags per pallet. Each tag being identified with a different unique ID but being linked to the same pallet. This way, if one of the tags should fail, the system would be able to raise an alert because it would see one tag and not its *brother*. Data will systematically be read / written in both tags separately in such a way that if one tag should fail, information could still be retrieved from the other.



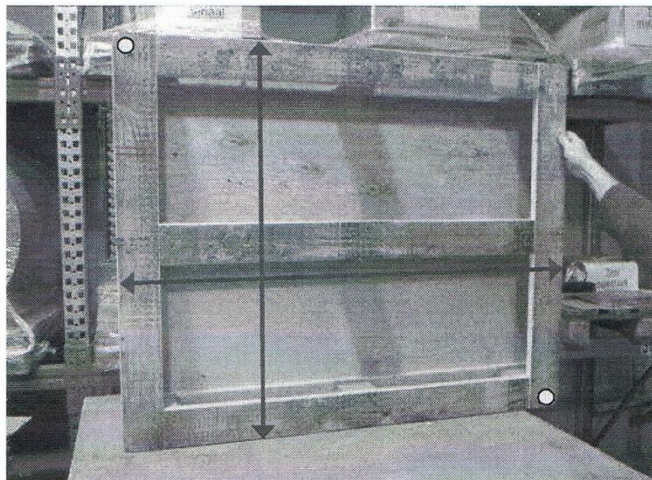
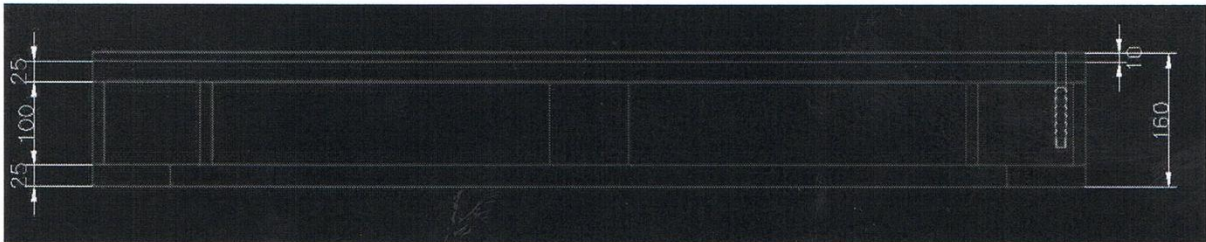
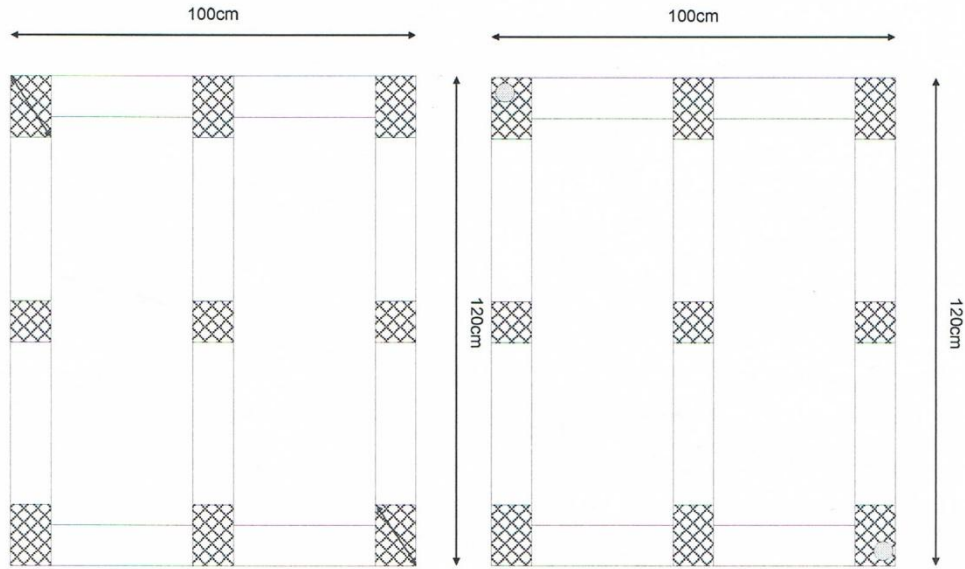
Project reference	PJ11015	Document Title	PJ11015_WH_HDS
Project Name	RFID Pallet Tracking	Document Filename	WH_HDS.0.1_compressed
Document Type	HARDWARE DESIGN SPECIFICATIONS	Revision	0.1
Date	24 August 2011	Page	10 of 48

2.2.4 Tag location

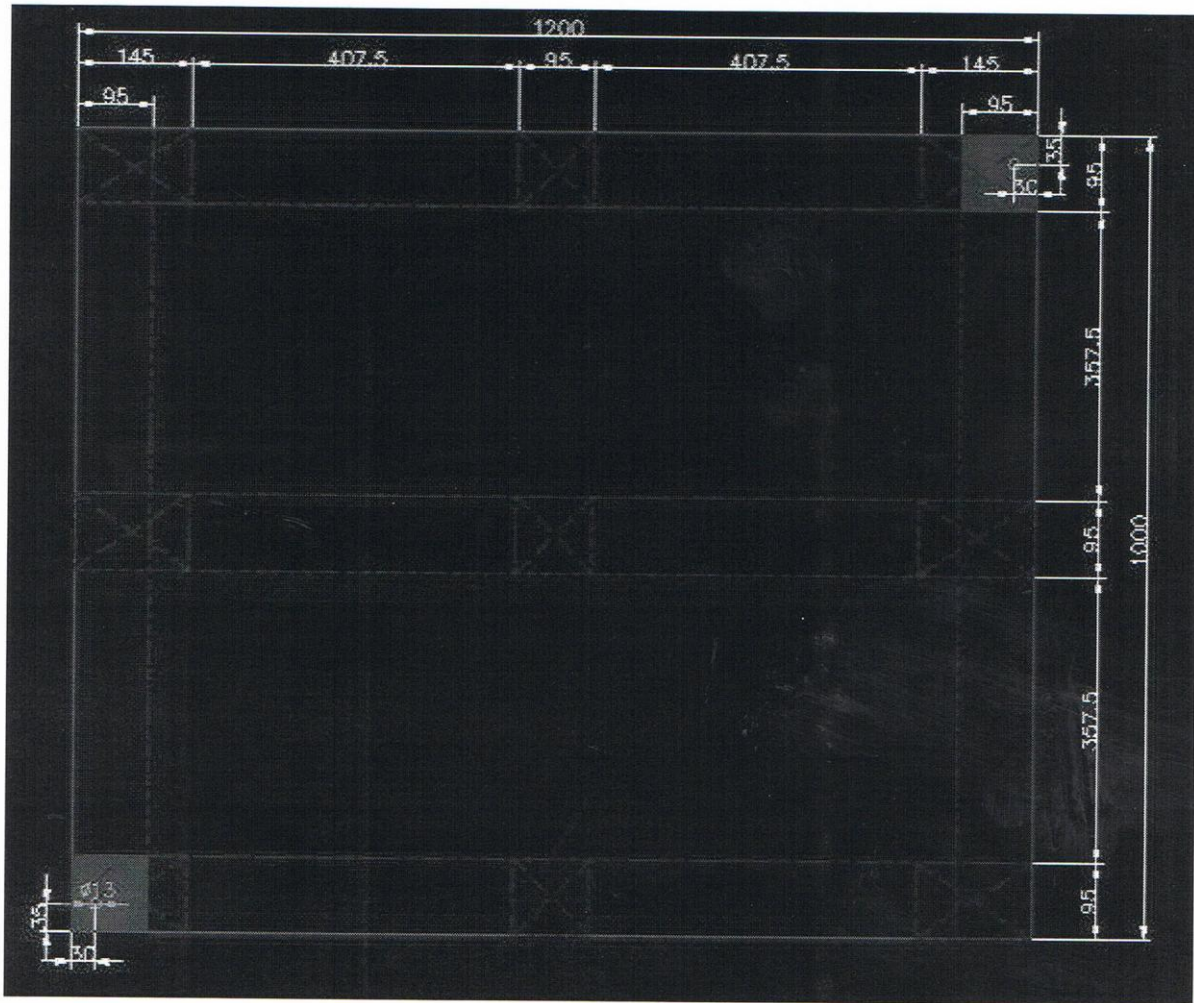
Tags will always be inserted in the right corner block when you face the 100cm side.

Approximately 30/35mm from the corner.

Tags will always be inserted following the "red line" shown on the drawing here under.



Project reference	PJ11015	Document Title	PJ11015_WH_HDS
Project Name	RFID Pallet Tracking	Document Filename	WH_HDS.0.1_compressed
Document Type	HARDWARE DESIGN SPECIFICATIONS	Revision	0.1
Date	24 August 2011	Page	11 of 48



2.2.5 How to insert tag in the pallet

Tools needed to assemble into the corner block:

Drill bit, size 13mm

Special Pino installation tool

Procedure:

- 1) Drill a hole of 13mm diameter and 100mm depth. Drill the hole close to inner block edge avoiding nails. It is important to drill the hole in one time in order not to enlarge the hole more than 13mm.
- 2) Use the Pino installation tool to insert the tag. Push the tag into the block so that it is totally inside the block. Make sure to remove all wood shavings from the hole before inserting Pino in order for the tag to go straight to the end of the hole.
- 3) Cover the hole with Silicone. No need to fill in the hole with silicone; simply ensure to block the opening.

Project reference	PJ11015	Document Title	PJ11015_WH_HDS
Project Name	RFID Pallet Tracking	Document Filename	WH_HDS.0.1_compressed
Document Type	HARDWARE DESIGN SPECIFICATIONS	Revision	0.1
Date	24 August 2011	Page	12 of 48

2.3 Readers

Three readers will be used in the frame of this project:

- RF620R
 - o Max. 500Mw
 - o Internal antenna
 - o No external antenna
 - o LED status indicator
 - o RS422 interface
- RF630R
 - o Max. 500Mw
 - o Up to two external antennas
 - o Coaxial cable between reader and external antennas:
 - 3m
 - o LED status indicator
 - o RS422 interface
- RF670R
 - o Max. 2W
 - o Up to four external antennas
 - o Coaxial cable between reader and external antennas:
 - 3m
 - 10m
 - 20m
 - o LED status indicator
 - o 24V DC Power supply
 - o Ethernet interface
 - o Digital I/O interface

2.3.1 RF620R

- Max. 500Mw
- Internal antenna
- No external antenna
- LED status indicator
- RS422 interface

When it was considered to tag pallets on the middle block, this reader was foreseen to be used on forklifts.

However, now that it has been decided to tag pallets on the corner block, new tests have shown that, in order to have optimal reading rate/distance, reader has to be located on the right side of the forks when you face the forklift.

It is possible that we will use RF630R and not RF620R for this application. This will be discussed later in this document.

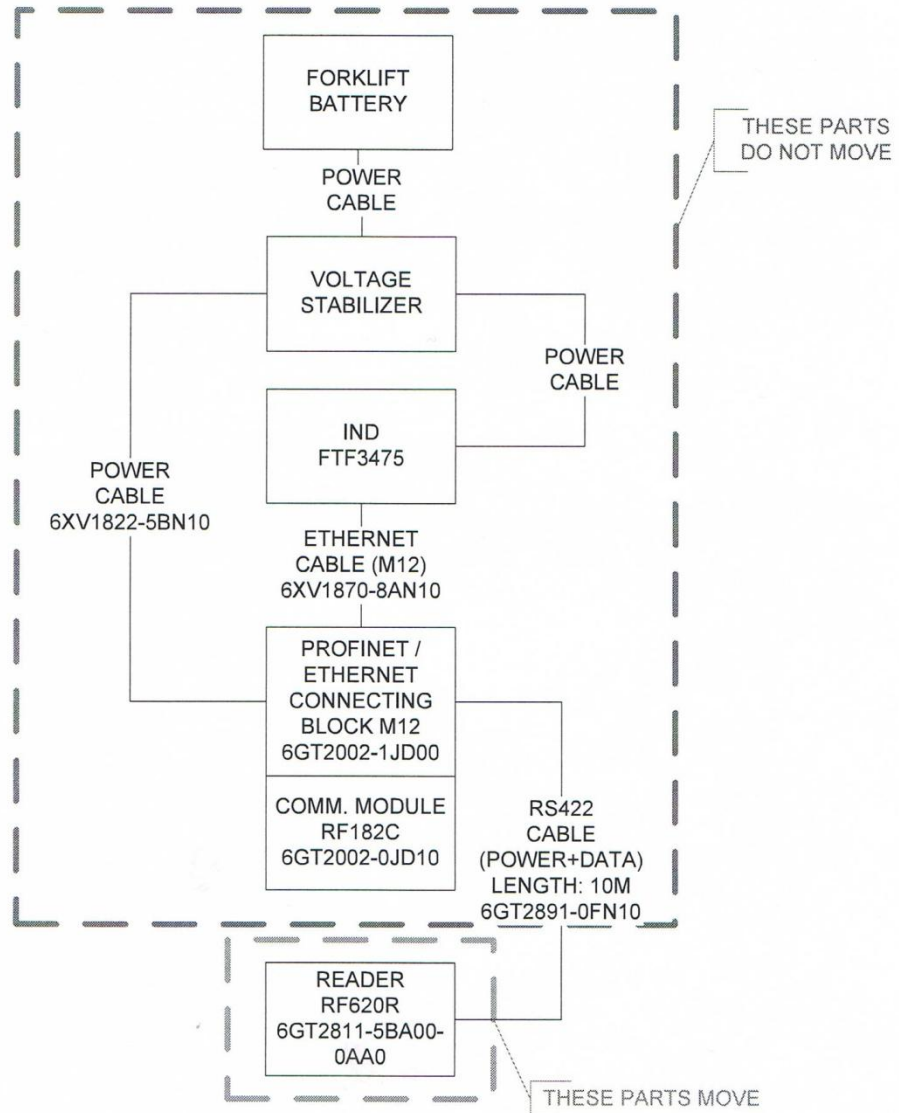


Project reference	PJ11015	Document Title	PJ11015_WH_HDS
Project Name	RFID Pallet Tracking	Document Filename	WH_HDS.0.1_compressed
Document Type	HARDWARE DESIGN SPECIFICATIONS	Revision	0.1
Date	24 August 2011	Page	13 of 48

Connection to PC terminal

RF630R/RF620R is connected to a gateway module (RF182C) via RS422 (power + data).

RF182C is connected to forklift PC terminal via Industrial Ethernet (RJ45).



Project reference	PJ11015	Document Title	PJ11015_WH_HDS
Project Name	RFID Pallet Tracking	Document Filename	WH_HDS.0.1_compressed
Document Type	HARDWARE DESIGN SPECIFICATIONS	Revision	0.1
Date	24 August 2011	Page	14 of 48

2.3.2 RF630R

- Max. 500Mw
- Up to two external antennas
- Coaxial cable between reader and external antennas:
 - o 3m
- LED status indicator
- RS422 interface

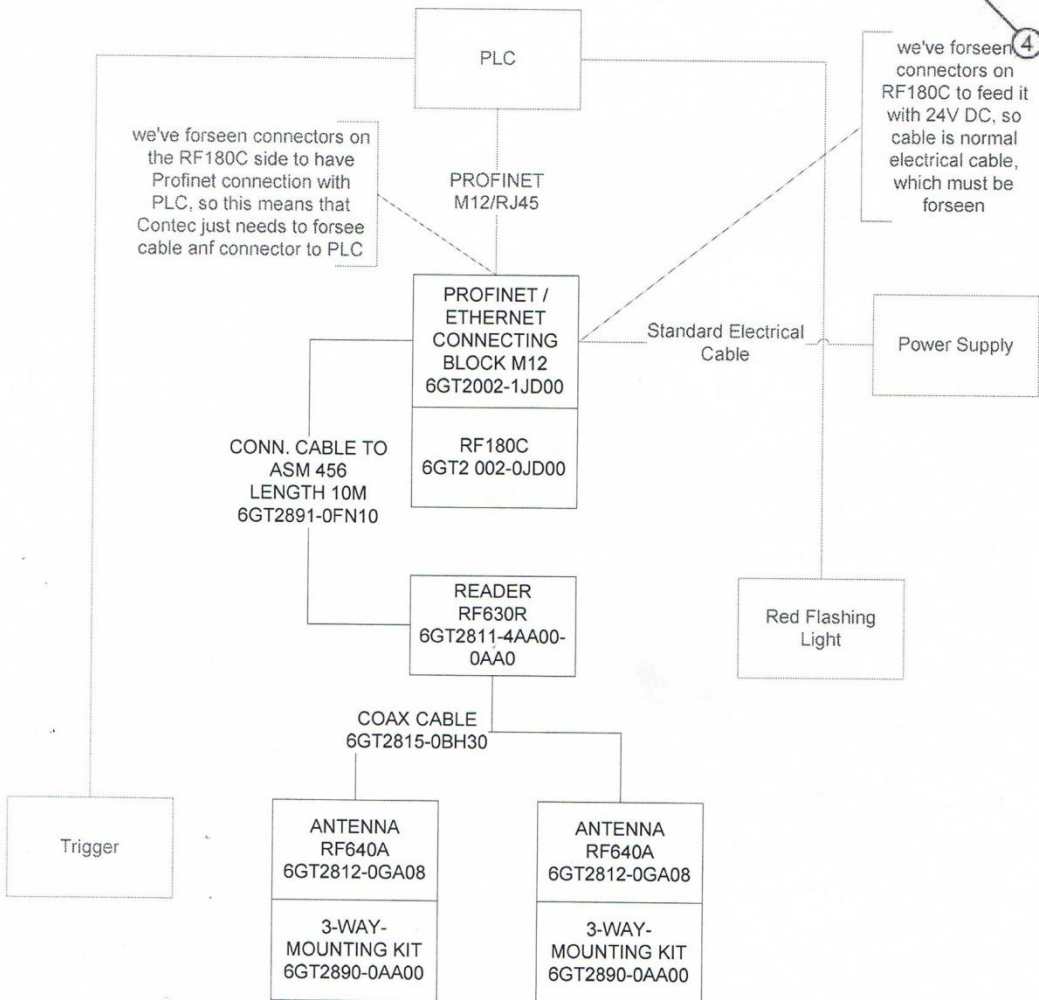


RF630R will be used on all conveyor spots.

Connection to PLC via PROFINET

RF630R/RF620R is connected to a gateway module (RF180C) via RS422 (power + data).

RF180C is connected to PLC via Profinet.



Project reference	PJ11015	Document Title	PJ11015_WH_HDS
Project Name	RFID Pallet Tracking	Document Filename	WH_HDS.0.1_compressed
Document Type	HARDWARE DESIGN SPECIFICATIONS	Revision	0.1
Date	24 August 2011	Page	15 of 48

2.3.3 RF670R

- Max. 2W
- Up to four external antennas
- Coaxial cable between reader and external antennas:
 - o 3m
 - o 10m
 - o 20m
- LED status indicator
- 24V DC Power supply
- Ethernet interface
- Digital I/O interface (not used in the frame of this project)



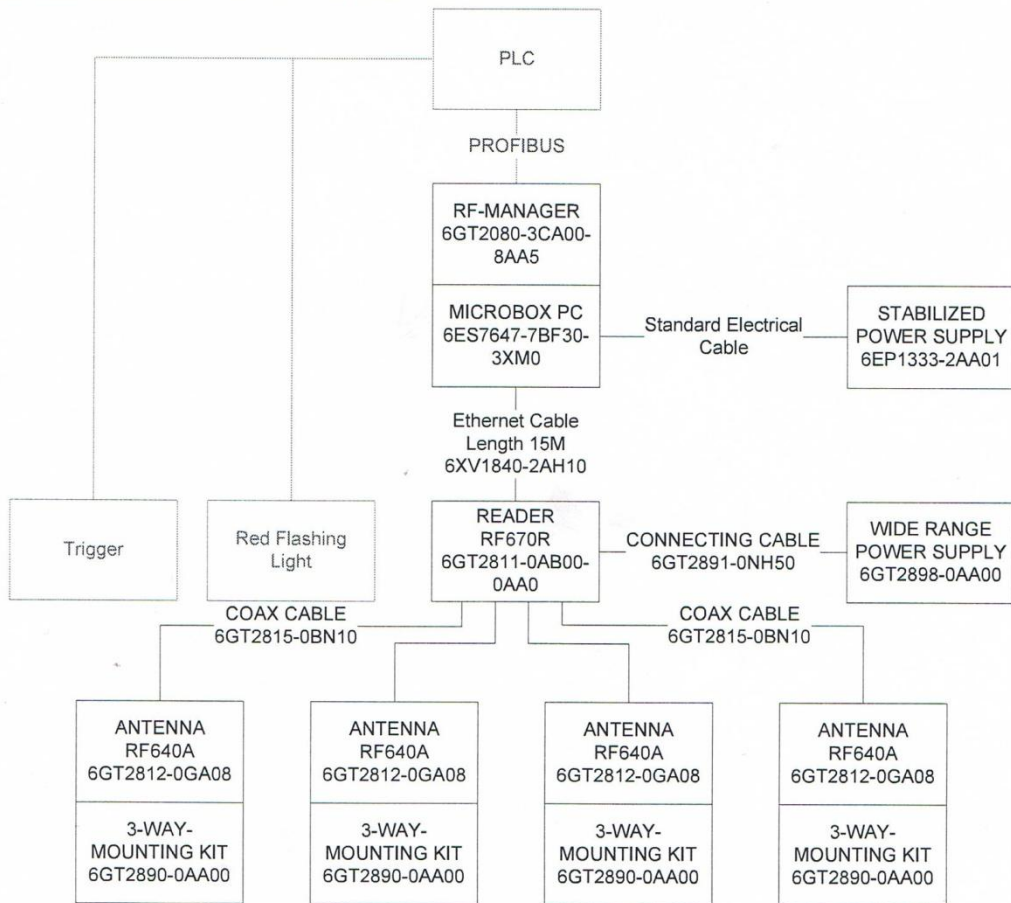
RF670R will be used on all *reading gate spots*.

Connection to PLC via MICROBOX PC

RF670R cannot be connected directly to PLC.

RF670R will be connected to Microbox PC (Gateway) via Industrial Ethernet (RJ45). RF Manager embedded on this microbox will be configured by Zetes RFIDea to manage RF670R, filter data and forward them to PLC.

Microbox will be connected to PLC via Profinet.



Project reference	PJ11015	Document Title	PJ11015_WH_HDS
Project Name	RFID Pallet Tracking	Document Filename	WH_HDS.0.1_compressed
Document Type	HARDWARE DESIGN SPECIFICATIONS	Revision	0.1
Date	24 August 2011	Page	16 of 48

2.4 Antennas

Three types of antennas will be used in the frame of this project:

- RF620A
- RF640A
- RF660A

External antennas are connected to readers using coaxial cables. Coaxial cables are fragile. Not to be twisted or folded and to be manipulated gently.

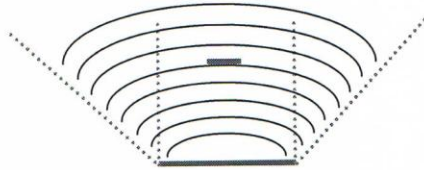
Coaxial connectors are very sensitive and very difficult to make. Therefore there is no way that such connectors can be removed and then easily rebuilt (such as with RJ45 connectors for instance).

Moreover, reader and antenna manufacturers such as Siemens have to follow strict regulation dictated by ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Readers, antennas, and cables are certified together and cannot be mixed.

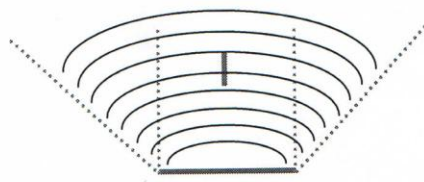
2.4.1 RFID basic rules

It is important that everyone involved in this project understands some basic rules regarding RFID:

- Best reading position between Tag and Antenna is "Face to Face"



- Worst reading position between Tag and antenna is "90°"

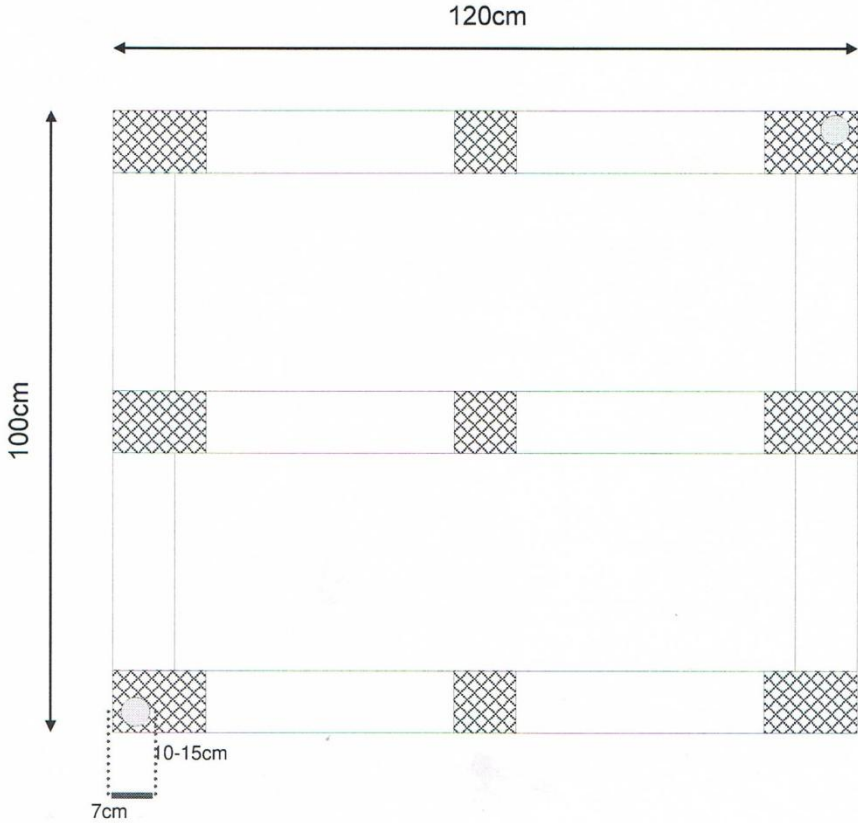
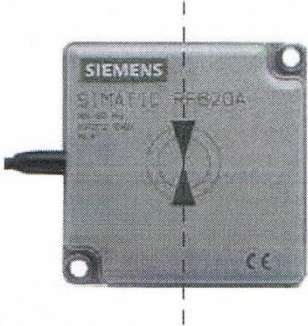


- Presence of metallic objects in the reading field always means interferences. RF will bounce on metallic surfaces. This can be bad or this can be good. But this can never be controlled; so we consider it as being bad. We want to avoid as often as possible to have metallic objects in the reading field (nails, conveyor side guides, etc.).

Project reference	PJ11015	Document Title	PJ11015_WH_HDS
Project Name	RFID Pallet Tracking	Document Filename	WH_HDS.0.1_compressed
Document Type	HARDWARE DESIGN SPECIFICATIONS	Revision	0.1
Date	24 August 2011	Page	17 of 48

2.4.2 RF620A

- Linear antenna
- 75x75x20mm
- RF620A will be used on spots where we want to / need to have a very close and very precise reading.
- Because of below facts, we can also only use RF620A on spots where we are sure of pallet positioning.
- Tests have shown that reading distance with RF620A used in combination with RF630R at maximum power (500mW) is maximum 10 to 15 cm.
- Same tests have shown that reading window was maximum 7cm.



Project reference	PJ11015	Document Title	PJ11015_WH_HDS
Project Name	RFID Pallet Tracking	Document Filename	WH_HDS.0.1_compressed
Document Type	HARDWARE DESIGN SPECIFICATIONS	Revision	0.1
Date	24 August 2011	Page	18 of 48

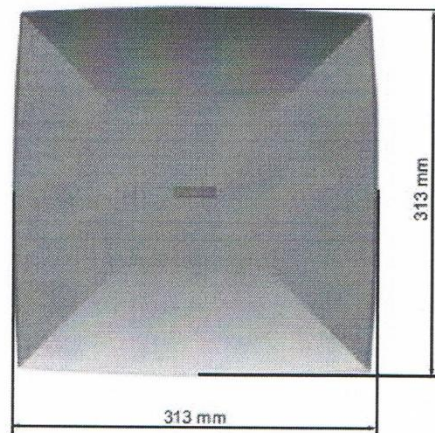
2.4.3 RF640A

- Circular antenna.
- 185x185x45mm.
- RF640A will be used for 90% of conveyor spots.



2.4.4 RF660A

- Circular antenna
- 313x313x80mm
- RF660A will be used for "gate" spots.



Front view



Side view

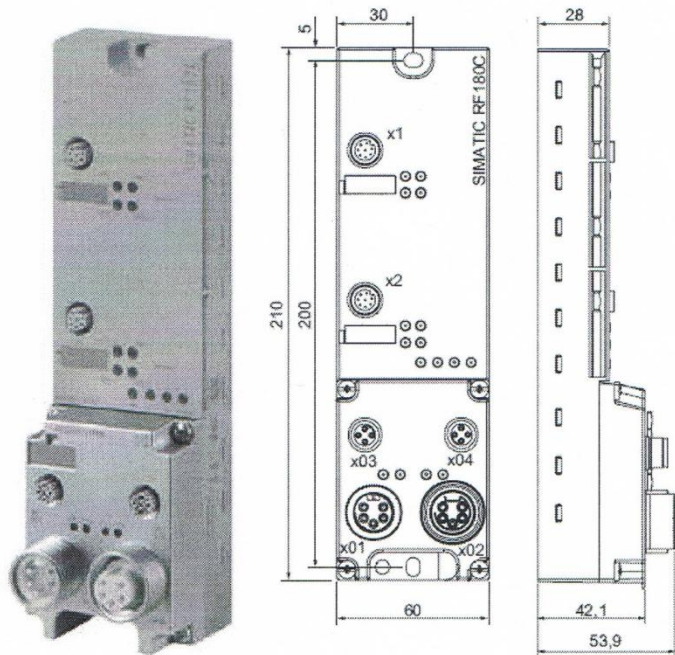
Project reference	PJ11015	Document Title	PJ11015_WH_HDS
Project Name	RFID Pallet Tracking	Document Filename	WH_HDS.0.1_compressed
Document Type	HARDWARE DESIGN SPECIFICATIONS	Revision	0.1
Date	24 August 2011	Page	19 of 48

2.5 Gateway

Three types of gateway will be used in the frame of this project. They all look the same and they are all made of:

- Gateway module
- Connection block

Microbox will serve as a gateway between RF670R and PLC.



2.5.3 Cables, data communication and power supply

Connection between readers RF620R or RF630R and gateway ASM456 or RF180C or RF182C will be done using RS422 cable.

RS422 cable is used for data transfer and power supply; meaning that this will be the only cable between the reader and the gateway.

RS422 cable is solid and flexible. It can be used for instance for forklift mounting where reader has to go up and down with the forks.

Connection between RF670R and Microbox PC will be done using Industrial RJ45. RF670R does not work with PoE, it has to be powered using its 24V DC connector.

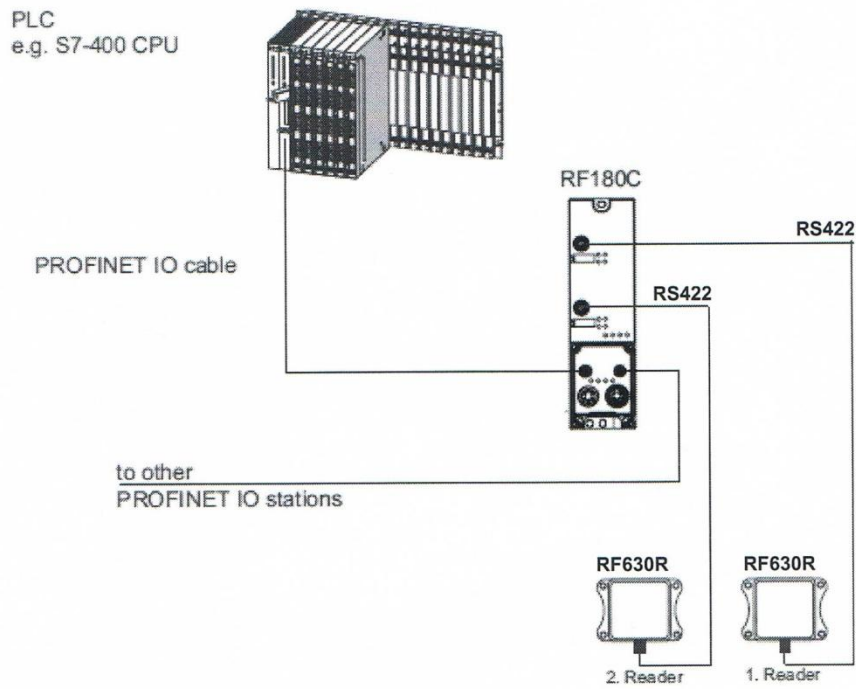
2.5.4 ASM456

ASM456 is used as a gateway between RF620R or RF630R when cabled on PROFIBUS.

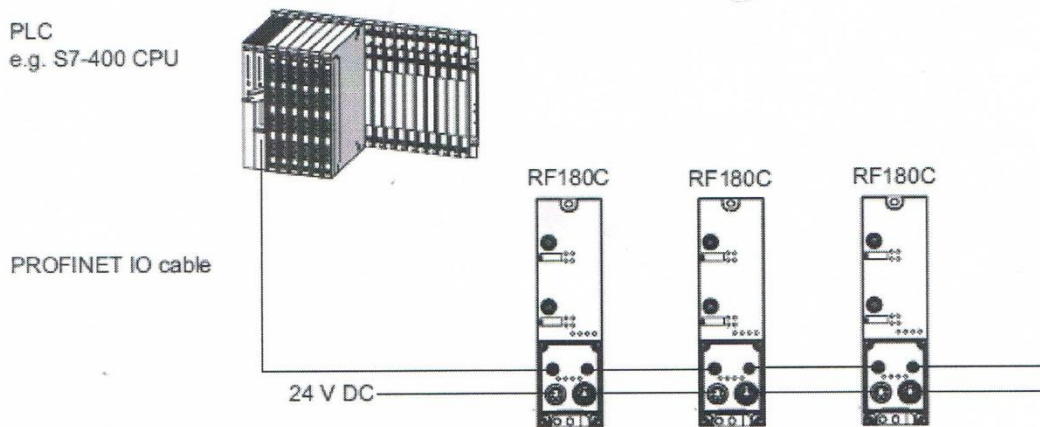
Project reference	PJ11015	Document Title	PJ11015_WH_HDS
Project Name	RFID Pallet Tracking	Document Filename	WH_HDS.0.1_compressed
Document Type	HARDWARE DESIGN SPECIFICATIONS	Revision	0.1
Date	24 August 2011	Page	20 of 48

2.5.5 RF180C

RF180C is used as a gateway between RF630R and PLC when cabled on PROFINET.

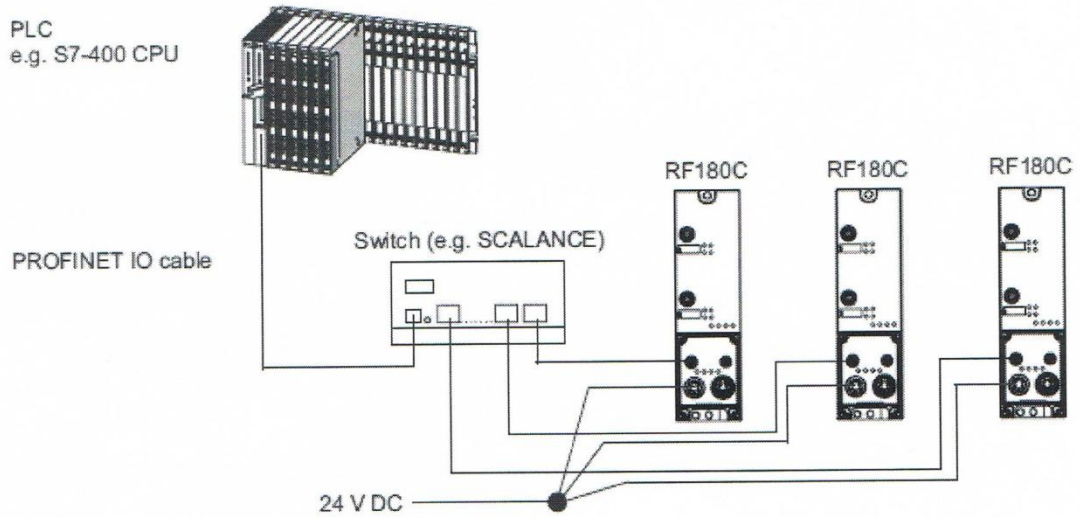


RF180C with BUS topology:



Project reference	PJ11015	Document Title	PJ11015_WH_HDS
Project Name	RFID Pallet Tracking	Document Filename	WH_HDS.0.1_compressed
Document Type	HARDWARE DESIGN SPECIFICATIONS	Revision	0.1
Date	24 August 2011	Page	21 of 48

RF180C with STAR topology:



Project reference	PJ11015	Document Title	PJ11015_WH_HDS
Project Name	RFID Pallet Tracking	Document Filename	WH_HDS.0.1_compressed
Document Type	HARDWARE DESIGN SPECIFICATIONS	Revision	0.1
Date	24 August 2011	Page	22 of 48

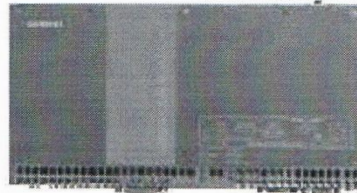
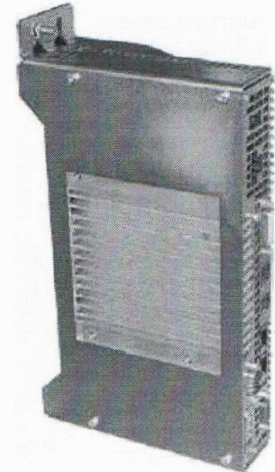
2.5.6 RF182C

RF182C is used as a gateway between RF620R or RF639R when connected to a PC terminal. This module will be used on forklifts as well as during calibration phase by Zetes RFIDea.

2.5.7 Microbox

Microbox will serve as a gateway between RF670R and PLC. Microbox will host RF Manager application which will be programmed and calibrated by Zetes RFIDea to drive the reader, collect and filter data and forward it to PLC.

PLC will first send trigger signal to Microbox;
 Microbox will start it's cycle;
 Then Microbox will send filtered data to PLC.



Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:
RFID als hulpmiddel voor de verbetering van voorraadbeheer in een keten

Richting: **master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur-operationeel management en logistiek**
Jaar: **2013**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Joosten, Daan

Datum: **1/06/2013**