

Radiofrekvens-identifisering (RFID) til sporing av flybagasje

Håvard Sunde

Master i elektronikk

Oppgaven levert: August 2006

Hovedveileder: Morten Olavsbråten, IET

Biveileder(e): Idar Sørgerd, Airport Innovation AS

Oppgavetekst

Masteroppgaven går ut på å utforske hvorvidt radiofrekvens-identifisering (RFID) er en velegnet teknologi til sporing av flybagasje. Oppgaven er gitt av Airport Innovation AS (AI) i samarbeid med Oslo Lufthavn AS (OSL). Oppgaven går ut på å sette seg inn i teknologi, regelverk og mulige leverandører av et slikt RFID-system. Ett valgt system skal installeres og testes ved en av innsjekkingsøyene på Oslo Lufthavn Gardermoen, for å se om dens leserate kan overgå raten til fungerende strekkodesystem på samme øy. Ut fra resultatet vil AI bestemme hvorvidt de ønsker å satse på RFID-teknologien, ved å selge RFID-løsninger til flyplasser som de leverer bagasjehåndteringsløsninger til.

Oppgaven gitt: 16. januar 2006
Hovedveileder: Morten Olavsbråten, IET

Forord

Denne rapporten dokumenterer arbeidet med masteroppgaven ved hovedprofilen Radiosystemer ved Instituttet for elektronikk og telekommunikasjon (IET), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), vårsemesteret 2006. Oppgaven er gitt av Airport Innovation AS (AI) i samarbeid med Oslo Lufthavn AS (OSL). Bedriftene ønsker å forbedre sporingssystemet for flybagasje ved bruk av radiofrekvens-identifisering (RFID).

Målsetningen med oppgaven er å utforske hvorvidt RFID er en velegnet teknologi til bruk ved flybagasjehåndtering. Dette ved å installere og teste et RFID-system ved en av innsjekkingsøyene på Oslo Lufthavn Gardermoen, for å se om dens leserate kan overgå raten til fungerende strekkodesystem på samme øy. Ut i fra resultatet vil AI bestemme om de ønsker å satse på teknologien, ved å levere bagasjehåndteringsløsninger med RFID til Gardermoen og andre flyplasser.

Jeg ønsker å rette stor takk til faglærer Morten Olavsbråten, som har bistått med nyttige diskusjoner og informativ rådgivning gjennom hele prosjektet. Videre takker jeg veileder Idar Sørkjerd, daglig leder i AI, som har bidratt med verdifull hjelp og inspirasjon, samt de ansatte i AI, for deres gode bistand gjennom hele prosjektet. Jeg vil også takke Per Viggo Andersen, fagleder bagasje ved OSL, som har vært en hyggelig pådriver for prosjektet, samt venner, for deres støtte i forbindelse med denne prosessen.

Håvard Sunde

7. august 2006

Sammendrag

Oslo Lufthavn Gardermoen håndterer daglig over 15 000 kolli. For identifisering og sporing av disse, bruker de et strekkodesystem med en gjennomsnittlig leserate målt til å være på 85.95 %. Når cirka 14 % av bagasjen omdirigeres for å leses på nytt, maskinelt eller manuelt, medfører det at den bruker unødvendig tid og plass i bagasjehåndteringsanlegget. Kostnadene ved manuell skanning av hvert kolli er dessuten høye. RFID-teknologien anses foreløpig å være best egnet til å forenkle og forbedre bagasjehåndteringsindustrien, og det var derfor ønskelig å teste hvorvidt RFID kan gi høyere leserate enn nåværende system på Gardermoen.

RFID-system består alltid av en transponder, som er festet til objektet som skal identifiseres, og en leser. Enhetene kommuniserer trådløst ved bruk av elektrisk, magnetisk eller elektromagnetisk energi. RFID har vært i bruk i over 20 år og er dermed ingen ny teknologi. Likevel har nye produksjonsmetoder og økt utbredelse først de siste årene ført til at kostnadene har sunket til et nivå som gjør teknologien konkurransedyktig med den utbredte bruken av strekkoder til sporing av flybagasje. De to største fordelene med RFID er at den kan inneholde mer informasjon, og at det ikke er behov for klar synslinje til objektet. I situasjoner hvor flere objekter skal identifiseres eller spores, brukes én transponder per objekt.

Med basis i prosjektoppgaven, utført som et forarbeid til masteroppgaven, ble det valgt å gjøre forsøk med en UHF-løsning med passive Gen2-transpondere innlagt i bagasjelapper. Dette blant annet fordi slike systemer skal ha prisgunstige transpondere med høy datarate og mulighet for global kompatibilitet. Blant leverandører med erfaring innen identifikasjons- og luftfartsindustrien, ble Accu-Sort, Deister Electronic og Maxeta valgt. De konstruerte en RFID-lesestasjon, og ved testing ble transpondertypen UPM Rafsec Sales Code 3000705 funnet til å være velegnet for et RFID-system på Gardermoen.

Det ble installert et RFID-system på Gardermoen i juli 2006, og ved testing med 384 innsjekket kolli ble det oppnådd en leserate på 96.61 %, som er bedre enn hva som var målet med oppgaven. Det har vært ønskelig å utføre flere tester for å prøve å forbedre systemets prestasjoner ytterlig, men på grunn av tidsnød har dette foreløpig ikke vært mulig.

En internasjonal flybagasjehåndteringstest med RFID ga leserater fra 99.2 til 100 %, som er bedre enn andre sporingsmetoder. Dette viser at teknologien har et svært godt potensial. Luftfartsindustriens standardiseringsorgan International Air Transport Association (IATA) anslår at industrien årlig kan spare 760 millioner amerikanske dollar (USD) ved å ta i bruk RFID. Med videreutvikling av den testede lesestasjonen, eller utskifting til ny type, vil man trolig oppnå tilsvarende resultater på Gardermoen.

Et organisasjonskart, se vedlegg 1, og fremdriftsplan, se vedlegg 2, ble laget for å gi prosjektet en oversiktlig struktur. I tillegg ble hvert møte dokumentert i form av et møtereferat, se vedlegg 3, og månedlige statusrapporter og andre rapporter ble skrevet for å oppsummere og dokumentere progresjonen i prosjektet, se vedlegg 4.

For å bedre forutsetningene for arbeidet med prosjektet, finansierte AI en reise til Passenger Terminal Expo 2006-messen i Paris. Messen besto av utstillinger og konferanser, og ga en bredere forståelse av flere aspekter innen luftfartsindustrien, i tillegg til kunnskap om hvordan RFID best mulig vil kunne brukes til å spore flybagasje, se vedlegg 4.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	i
Sammendrag	iii
Innholdsfortegnelse	v
Figurer	vii
Tabeller	viii
Forkortelser og forklaringer	ix
1 Innledning.....	1
2 Radiofrekvens-identifisering (RFID).....	3
2.1 RFID-historikk.....	3
2.2 Grunnleggende konsepter for radiokommunikasjon.....	3
2.2.1 Lavfrekvens (LF).....	5
2.2.2 Høyfrekvens (HF).....	5
2.2.3 Ultrahøyfrekvens (UHF)	5
2.2.4 Mikrobølge	5
2.3 Komponenter i et RFID-system	5
2.3.1 Transponder.....	7
2.3.2 Leser	12
2.3.3 Skriver	15
2.3.4 Antenne	15
2.3.5 Applikasjon	19
2.4 Fundamentale operasjonsprinsipper til RFID-systemer	19
2.4.1 Overgang fra nærfelt til fjernfelt	20
2.4.2 Induktiv kobling	22
2.4.3 Elektromagnetisk kobling.....	29
3 Valg av RFID-system	33
3.1 Flybagasjeprosessering	33
3.1.1 Aktører på Gardermoen.....	34
3.1.2 Krav til RFID-system	35
3.2 Valg av operasjonsfrekvens	37
3.2.1 Regulering av UHF-båndet.....	39
3.2.2 EPCglobal UHF Gen2 air interface protocol.....	43
3.3 Valg av leverandør	45
3.3.1 Accu-Sort, Deister Electronic og Maxeta.....	45
3.3.2 EMS og Tyco Fire & Security.....	46
4 Forarbeid før installasjon på Gardermoen.....	47
4.1 RFID-skriver og -transpondere	48
4.2 Konstruksjon og testing ved Deister Electronics lokaler i Tyskland.....	50
4.3 Testing ved Accu-Sorts lokaler i Tyskland	52
4.3.1 Vurdering av resultat	56
4.3.2 Kommentarer angående stasjon og testing	57
5 Installasjon og testing på Gardermoen.....	59
5.1 Installasjon	59
5.1.1 RFID-lesestasjon	59
5.1.2 Transpondere og skrivere	60
5.2 Testing	62
5.2.1 Vurdering av resultat og forslag til mulige forbedringer	63
6 Sammenligning av testresultat	65
6.1 Strekkode og RFID	65
6.1.1 Strekkode og RFID-lesestasjon på vestre innsjekkingsøy	65
6.1.2 Generell sammenligning.....	66
6.2 RFID-installasjoner og -tester ved andre flyplasser	69
7 Diskusjon	73
8 Konklusjon.....	75
9 Referanser.....	77
10 Vedleggsliste.....	83

Figurer

Figur 2.1: Elektromagnetisk bølge, med stråleretningen langs positiv x-akse. [7].....	4
Figur 2.2: Hovedkomponenter i et RFID-system. [2].....	6
Figur 2.3: Eksempel på passive transpondere. [8] [14].....	8
Figur 2.4: Oppbygningen til transponderens mikrobrikke, inkludert strømforsyning. [8].....	8
Figur 2.5: Aktiv mikrobølgetransponder med to litiumbatterier og en u-formet antenne. [2].....	10
Figur 2.6: Mulig komponentoppbygning til en leserenhet. [8].....	12
Figur 2.7: Frekvensspektrum delt inn i kanaler. [23].....	14
Figur 2.8: Eksempel på en stasjonær og en håndholdt leser. [25] [26].....	14
Figur 2.9: RFID-skriver av type Paxar, Monarch 9855 RFID. [27].....	15
Figur 2.10: Forskjellige antenneutforminger. [8] [28].....	16
Figur 2.11: Definisjon av polarisering til elektromagnetiske bølger. [2].....	17
Figur 2.12: Eksempel på leserantenneutforminger. [8] [29].....	17
Figur 2.13: Sammenligning av antenneutstråling for forskjellige RFID-systemer. [2].....	18
Figur 2.14: Lesbarhet av transpondere. [8].....	19
Figur 2.15: Informasjonsflyt ved FDX, HDX og SEQ langs tidsakse, t. [2].....	20
Figur 2.16: Dipol antenne som danner en elektromagnetisk bølge. [2].....	21
Figur 2.17: Magnetiske felt rundt en rett leder og en strømførende sløyfe. [2].....	22
Figur 2.18: Illustrasjon av gjensidig induktans M_{21} mellom to sløyfer. [2].....	24
Figur 2.19: Magnetisk koblet strømførende sløyfer og dets ekvivalente kretsdiagram. [2]...	25
Figur 2.20: Resonansfenomenet, der f_{RES} er lik 13.56 MHz. [2].....	26
Figur 2.21: Ekvivalent kretsdiagram for en realistisk induktiv transponder. [2].....	26
Figur 2.22: Sammenheng mellom rekkevidde og strømforbruk for HF-transpondere. [2].....	27
Figur 2.23: Induktivt koblet RFID-system av type lastmotstand med underbærebølge. [2]...	28
Figur 2.24: Variasjon av koblingskoeffisienten, $k(x)$. [2].....	29
Figur 2.25: Strålingsdiagram for dipol og isotropisk, også kalt sfærisk, antenne. [31].....	30
Figur 2.26: Elektromagnetisk tilbakesprednings kobling. [2].....	32
Figur 3.1: Oversikt over installasjon på Gardermoen.	33
Figur 3.2: Datalogic strekkodelesestasjon plassert på Oslo Lufthavn Gardermoen.	34
Figur 3.3: Oversikt over det elektromagnetiske spektrum. [40].....	36
Figur 3.4: EU-krav, ETSI EN 300-208, for SRD-båndet i UHF-området. [31].....	40
Figur 3.5: Europeisk kanalinnndeling av bånd 2 i UHF-området. [31].....	41
Figur 3.6: Nord-amerikansk kanalinnndeling av UHF-båndet, regulert av FCC. [31].....	42
Figur 3.7: Frekvensspekteret med både transponder og leserkomponenter.....	45
Figur 4.1: Oversikt over de fysiske forholdene i bagasjehåndteringslokalet på Gardermoen.	47
Figur 4.2: Transponderantenneutforminger.	49
Figur 4.3: Toshiba B-SX4T, RFID-skriver. [84].....	50
Figur 4.4: Innhyllingskonstruksjon sett fra posisjonen til innkommende bagasje. [86].....	51
Figur 4.5: Deister Electronic sin Data Management Unit (DCU).....	52
Figur 4.6: RFID-lesestasjonen installert ved Accu-Sorts lokaler.....	53
Figur 4.7: Testbagasje.	54
Figur 4.8: Transponderposisjon i forhold til kolli.....	55
Figur 5.1: Montering av RFID-lesestasjon.....	59
Figur 5.2: Ferdig montert RFID-stasjon.....	60
Figur 5.3: Transponderantenneutforming for mulig sammenligning.....	61
Figur 5.4: RFID-merking av bagasje ved en av innsjekkingsskrankene til Norwegian.....	62
Figur 6.1: Sammenligning av prestasjonene til lesestasjonene ved vestre øy.....	65
Figur 6.2: Mulig utforming av RFID-bagasjehåndteringssystem på Gardermoen.	67
Figur 6.3: Kombinert strekkode- og RFID-lesestasjon, konstruert av Quatrotec og Sick.	70

Tabeller

Tabell 2.1: Oversikt over de vanligste RFID-frekvenser. [2] [8] [12] [13].....	7
Tabell 2.2: Lagringsmåter for n-bits transpondere. [11]	11
Tabell 2.3: EPC klasser. [19].....	11
Tabell 2.4: Oversikt over bølgelengde og nærfelt.....	21
Tabell 2.5: Oversikt over rekkevidde til RFID-systemer.....	31
Tabell 3.1: Krav til RFID-teknologien. [2]	35
Tabell 3.2: Karakteristika til forskjellige RFID-frekvenser. [2] [8] [26] [32] [33] [43] [46] .	38
Tabell 3.3: Krav til RFID-teknologien. [51]	40
Tabell 3.4: Spesifikasjoner til transponderklassene. [23] [33] [58] [59].....	44
Tabell 4.1: Sendestyrke til de fire antennene i lesestasjonen.....	51
Tabell 4.2: Total prosentvis leserate 7. juni 2006.	55
Tabell 4.3: Total prosentvis leserate 8. juni 2006.	56
Tabell 4.4: Total prosentvis leserate 9. juni 2006.	56
Tabell 5.1: Hendelsesforløp til de tre innsjekkingsskranker med RFID.	63
Tabell 6.1: Sammenligning av prestasjonene til lesestasjonene ved vestre øy.	65
Tabell 6.2: Sammenligning av strekkode- og RFID-system. Deler tatt fra RFID Handbook [2]. [88].....	68
Tabell 6.3: Leseratte ved internasjonal testing av UHF.	70

Forkortelser og forklaringer

AFA	Adaptive Frequency Agility
ASIC	Application-Specific Integrated Circuit
CUSS	Common Use Self Service
DCU	Data Management Unit
EAS	Electronic Article Surveillance
EBS	Early Baggage Store
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read/Write Memory
EIRP	Equivalent Isotropic Radiated Power, Ekvivalent isotropisk utstrålt effekt
EMS	Escort Memory Systems
EPC	Electronic Product Code
ERP	Effective Radiated Power, Effektivt utstrålt effekt
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FCC	Federal Communications Commission
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FDX	Full Duplex, Full dupleks
FHSS	Frequency Hopped Spread Spectrum
FRAM	Ferromagnetic Random Access Memory
HDX	Half Duplex, Halv dupleks
HF	High Frequency, Høyfrekvens
IATA	International Air Transport Association
IATA-kode	Betegnelse på strekkoden på bagasjemerkelapper
IC	Integrated Circuit, Integrert Krets
IET	Instituttet for Elektronikk og Telekommunikasjon
ISM	Industry, Science and Medicine, frequency band
LBT	Listen Before Talk

LF	Low Frequency, Lavfrekvens
MBH	Main Baggage Hall
NTNU	Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet
OID	Object Identifier
OSL	Oslo Lufthavn AS
PLS	Programmerbar Logisk Styring
PT	Post- og teletilsynet
RF	Radio Frequency
RFID	Radio Frequency Identification, Radiofrekvens-identifisering
RO	Read Only
RP	Recommended Practice
SEQ	Sequential Duplex, Sekvensiell dupleks
SPF	Singel Point of Failure
SRAM	Static Random Access Memory
SRD	Short Range Devices
TDMA	Time Division Multiple Access
TSA	Transportation Security Administration
UBI	Strekkeskriveren på Gardermoen, av type UBI/IER BT-201e
UHF	Ultra High Frequency, Ultrahøyfrekvens
VHF	Very High Frequency, Veldighøyfrekvens
WORM	Write once, read many

1 Innledning

Helt siden tidenes morgen har mennesket følt trang til å reise og utforske verden, noe som stadig blir lettere etter hvert som teknologien utvikler seg. Menneskets erobring av luftrommet i form av flygende transportmiddel har gitt eventyrlige muligheter for enkel og tidsbesparende transport. Aldri før har så mange reist med fly, og luftfartsindustrien må daglig håndtere en enorm mengde mennesker som skal transporteres over hele verden på en effektiv og sikker måte. Kravet til å håndtere bagasje på en effektiv måte vokser proporsjonalt med det økende antall reisende.

Etter at Pan American Airlines Flight 103 ble sprengt over Lockerbie i Skottland i desember 1988, av eksplosiver gjemt i en medsendt koffert, ble det stilt krav til at all flybagasje må undersøkes for å hindre våpen, eksplosiver og brannstiftende utstyr ombord på fly. Stadig innstramminger av sikkerheten rundt den voksende bagasjemengden, gjør at bagasje-håndteringen blir mer tidkrevende og mer kostbar. Derfor ønsker industrien å ta i bruk teknologier som er i stand til å prosessere store mengder bagasje, på en svært kostnadseffektiv og nøyaktig måte. [1]

I dag brukes strekkodesystemer som automatisk identifiserer bagasje ved å lese strekkoden på bagasjelappen festet til bagasjen. Teknologien er basert på forhåndsbestemte binærkoder, bestående av parallelle streker og spalter i varierende bredde, som optisk leses av en laser ved å utnytte variasjon i refleksjonen fra mønsteret. Da teknologien ble tatt i bruk i luftfartsindustrien for cirka 20 år siden, ble tids- og arbeidsmengde for innmating av data kraftig redusert, og datanøyaktighet betraktelig forbedret. [2]

Den største ulempen med strekkodesystemet er at det krever direkte synslinje mellom leser og kode. Siden koden kan ligge i hvilken som helst posisjon når bagasjen passerer, kreves meget avanserte lesestasjoner. For bagasjehåndtering i luftfartsindustrien brukes ofte stasjoner bestående av 8 til 12 lesehoder, som muliggjør lesing av koden nesten uansett orientering. Slike stasjoner er svært kostbare, krever tilnærmet konstant vedlikehold og har vanligvis en leserate på cirka 85 %. [3]

Når 15 % av bagasjen omdirigeres for å leses på nytt, maskinelt eller manuelt, medfører det at bagasjen bruker unødvendig tid og plass i bagasjehåndteringsanlegget. Kostnadene ved å manuelt skanne hvert kolli er dessuten høye. Derfor ønsker flyindustrien å ta i bruk andre metoder, hvor RFID-teknologien foreløpig anses å være best egnet til å forenkle og forbedre bagasjehåndteringen.

Prosjektrapporten er strukturert på følgende måte:

- En beskrivelse av RFID-teknologien er vist i kapittel 2
- Valg av RFID-system er omhandlet i kapittel 3
- Forberedelser som ble gjort før installasjonen på Gardermoen er beskrevet i kapittel 4
- Installasjon og testing på Gardermoen er beskrevet i kapittel 5
- Sammenligning av testresultat er omhandlet i kapittel 6
- Diskusjon, konklusjon, referanser og vedleggsliste er henholdsvis vist fra kapittel 7 til 10

2 Radiofrekvens-identifisering (RFID)

RFID er en avansert identifikasjonsteknologi som brukes til å automatisk identifisere, spore, sortere og detektere mange slags objekter, for eksempel personer, biler, tøy og containere. Et RFID-system består alltid av en transponder og en leser, som kommuniserer trådløst ved bruk av elektrisk, magnetisk eller elektromagnetisk energi. En transponder, avledet fra transmitter/responder, er komponenten som festes til objektet som skal identifiseres, og ved identifisering og sporing av flere objekter, brukes én transponder per objekt. Før RFID-systemet blir betraktet, vil RFID-historikk og de grunnleggende konseptene ved radiokommunikasjon bli behandlet.

2.1 RFID-historikk

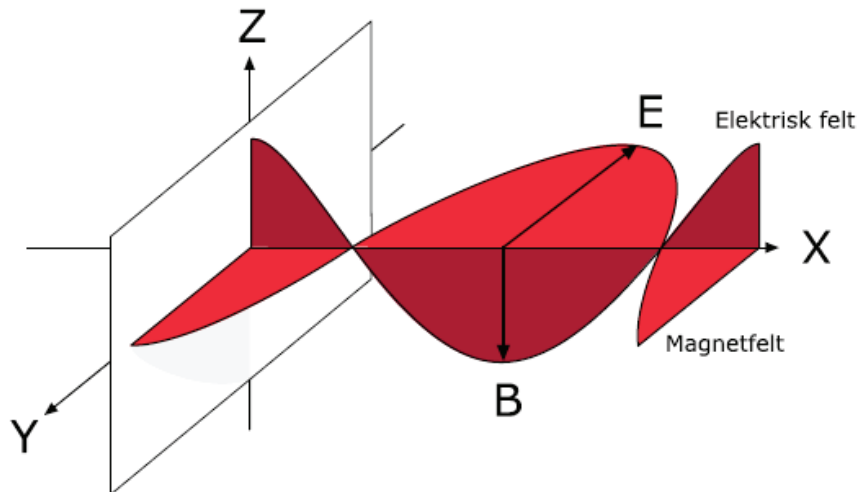
Utviklingen av RFID-teknologien er relativt uoversiktlig, men det er bred faglig enighet om at RFID har røtter fra 2. verdenskrig, da de brukte radar for å detektere fly over store avstander. Det første passive RFID-systemet var basert på at pilotene som returnerte til basen under krigen, rullet flyene slik at det reflekterte radiosignalet skiftet karakteristikk, og dermed gjorde det mulig å skille mellom vennlige og fiendtlige fly. [2] [4] [5]

En tidlig milepæl i RFID-teknologien var avhandlingen *Communication by Means of Reflected Power*, skrevet av Harry Stockman i 1948, som medførte uttallige eksperimenter på 1950-tallet. På 1960-tallet ble teorien videreutviklet, samt at det ble foretatt praktiske anvendelsesutprøvinger. Teknologien ble derimot ikke moden før på 1970- og 1980-tallet, da integrerte kretser (IC) og transistoren ble utviklet. Dette medførte at testing og utvikling av systemet akselererte dramatisk og ble implementert på enkelte områder i Europa, for eksempel i bomstasjoner, ved adgangskontroll og til sporing av dyr. I løpet av 1980- og 1990-tallet ble kommersielle anvendelser av RFID mer vanlig globalt, men teknologien var fremdeles for kostbar for mange bruksområder. [4] [5]

Frem til i dag har utviklingen bestått av målrettet fokus på global standardisering, samt utredning av potensielle kostnadsbesparelser og nye bruksområder. I tillegg til at kostnadene på teknologien synker i takt med økende antall brukere og bruksområder, oppdages stadig nye revolusjonerende måter å redusere produksjonskostnader på.

2.2 Grunnleggende konsepter for radiokommunikasjon

Elektromagnetisk stråling oppstår når elektrisk ladde partikler blir akselerert. Det dannes da to felt, et elektrisk og et magnetisk, henholdsvis E- og H-felt. Feltene vil gå over til elektromagnetiske bølger ved en viss avstand fra kilden, definert som overgangen fra nær- til fjernfelt, beskrevet i kapittel 2.4.1. Overgangen er gitt av frekvensen til strålingen og i fjernfeltet vil feltene stå normalt på hverandre og vinkelrett på stråleretningen. Selv om strålingen både kan ha partikkel og bølgenatur i fjernfeltet, vil det analysemessig være tilfredsstillende å betrakte energien som bølger. Figur 2.1 viser en periode av en elektromagnetisk bølge, der stråleretning er langs positiv x-akse. [6]



Figur 2.1: Elektromagnetisk bølge, med stråleretningen langs positiv x-akse. [7]

Radio- eller radiofrekvens (RF)-bølger er elektromagnetiske bølger med en frekvens mellom 30 Hz og 300 GHz. Elektromagnetiske bølger med høyere frekvens er kjent i form av infrarødt lys, synlig lys, ultrafiolett lys, gammastråling, røntgen og kosmisk stråling. RFID bruker vanligvis frekvenser mellom 30 kHz og 2.45 GHz. En kontinuerlig radiobølge er en bølge med konstant amplitude, frekvens og fase, og ved å modulere den kan informasjon transmitteres trådløst. [2]

Elektromagnetisk stråling påvirkes av materialet det propagerer gjennom. Materialets absorpsjonsevne defineres ut fra dempingen av bølgens energi, og varierer vanligvis med frekvensen til bølgen. Bølgelengden, λ , til et signal er avhengig av dets frekvens og lysets hastighet, c , som vist i ligning 2.1. De utstrålte bølgene vil påvirkes forskjellig av objekter i strålingsfeltet avhengig av forholdet mellom bølgelengden og objektets størrelse, samt blant annet hvilket materiale objektet består av. [2]

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \text{der } c = 299\,792 \frac{\text{km}}{\text{s}} \approx 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (2.1) [2]$$

Hvis størrelsen på objektet er mindre enn 0.1λ , kan dets påvirkning neglisjeres, men hvis de er tilnærmet like kan det oppstå kraftige bølgeresleksjoner, omtalt i kapittel 2.4.3 [2]. Når bølgelengden er liten i forhold til objektets dimensjoner vil nesten all energi bli reflektert eller absorbert, avhengig av objektets materialtype, geometri og posisjon. Fluidier, heretter kalt væsker, og metaller henholdsvis absorberer og reflekterer energien i økende takt med frekvensen, noe som gir vanskelige kommunikasjonsforhold. De frekvensene som er mest brukt i RFID-system blir vanligvis delt opp som vist under. [2]

- Lavfrekvens (LF)
- Høyfrekvens (HF)
- Ultrahøyfrekvens (UHF)
- Mikrobølge

Uttrykkene er oversatt fra den engelske betegnelsen, omtalt i forkortelser og forklaringer. Frekvensområdet mellom HF og UHF, fra 30 til 300 MHz, kalles veldighøyfrekvens (VHF), men ettersom ingen av de nåværende RFID-systemer opererer i dette området vil det ikke bli fokusert mer på dette. LF, HF og mikrobølge har bred internasjonal aksept for plassering i

frekvensbåndet, men lover og regler for UHF-båndet kan variere betraktelig. De følgende kapitlene omhandler de opplistede frekvensområdene. [8]

2.2.1 Lavfrekvens (LF)

Frekvenser mellom 30 og 300 kHz er betegnet som lave, og innenfor området opererer RFID-systemer vanligvis fra 125 til 134 kHz. Systemene har lav dataoverføringsrate, men på grunn av lang bølgelengde kan de ha gode prestasjoner til tross for utfordrende driftsforhold som metall, væske, snø, smuss og gjørme. [2]

2.2.2 Høyfrekvens (HF)

Området definert som HF ligger innen 3 til 30 MHz, og bruk av RFID er mest utbredte i båndet som ligger mellom 13.553 til 13.567 MHz, der sistnevnte bånd vil i henhold til RFID Handbook [2] og RFID Journal [5] bare bli omtalt som 13.56 MHz. Systemer i HF spekteret har relativt langsom dataoverføringshastighet fra transponder til leser og rimelig god ytelse i nærheten av metaller og væsker. [2]

2.2.3 Ultrahøyfrekvens (UHF)

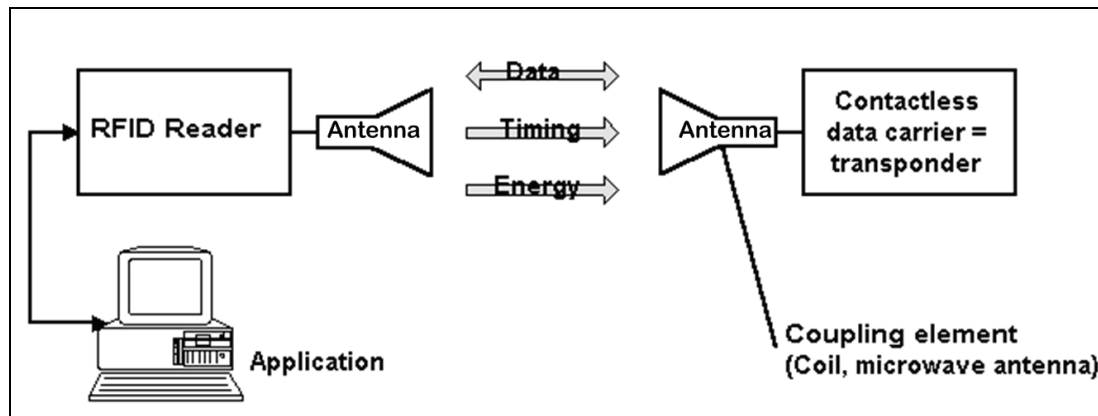
Frekvensområdet fra 300 MHz til 1 GHz betegnes som UHF. Vanlige RFID-systemer i UHF området opererer ved 868 MHz i Europa og 915 MHz i Nord-Amerika. I Asia kan det variere fra 868 til 950 MHz i henholdsvis Singapore og Japan [9]. UHF systemer har hurtig datarate, men generelt dårlige prestasjoner rundt metaller og væsker, unntatt for de laveste områdene i spekteret. Området har ennå ikke oppnådd verdensomspennende aksept, men har i det siste fått økt utbredelse blant flere store private og offentlige selskaper. [2]

2.2.4 Mikrobølge

Dette området er definert fra 1 til 300 GHz og det vanligste operasjonsbåndet, brukt av RFID-teknologi, er 2.400 til 2.483 GHz, men blir betegnet som 2.45 GHz av RFID Handbook [2] og RFID Journal [5]. Det finnes også RFID-systemer som bruker båndet fra 5.725 til 5.875 GHz, omtalt som 5.8 GHz, men disse er sjeldnere brukt og ikke omhandlet videre i rapporten. Mikrobølge har den raskeste dataraten mellom leser og transponder, men også svært dårlig ytelse rundt metaller og væsker på grunn av kort bølgelengde. Noen bruker også forkortelsen MW for mikrobølge, men for å unngå eventuelle misforståelser med benevningen megawatt brukes ikke kortformen i denne rapporten. [2]

2.3 Komponenter i et RFID-system

Selv om systemet må bestå av en leser og en transponder, deler man det gjerne videre inn i fire fundamentale komponenter; transponder, antenne, leser og applikasjon, som vist på figur 2.2. Transponderen, som er festet til objektet som skal identifiseres, inneholder alltid et identifikasjonsnummer, hvilket er oftest unikt, men kan også inneholde annen data. Når elementet kommer innenfor rekkevidden til leseren, kalt spørresone, lesesone eller ”interrogation zone”, kan kommunikasjon mellom elementene starte. [2]



Figur 2.2: Hovedkomponenter i et RFID-system. [2]

Kommunikasjon foregår enten ved å benytte elektrisk, magnetisk, eller elektromagnetisk energi for trådløs overføring av data, energi og taktgjenvinningspuls mellom enhetene. Rene elektriske koblingsfelt spiller en sekundær rolle og brukes hovedsakelig ved kapasitiv dataoverføring i lukkede koblingssystemer, kalt ”close coupling systems”, og vil ikke bli videre behandlet i rapporten. Maksimal leseavstand mellom leser og transponder bestemmer i hovedsak koblingsformen mellom enhetene. Et kompromiss mellom frekvens og koblingsmetode for RFID-systemer er gitt av overgangen mellom nærfelt og fjernfelt, behandlet i kapittel 2.4.1.

Informasjonen leseren tilegner seg, videreformidles gjennom passende overføringskanaler, for eksempel gjennom nettverks- eller serietilkobling, til en programapplikasjon på en integrert datamaskin eller en server. Applikasjonen utnytter dataene til å identifisere objektet foran leseren og kan foreta forskjellige handlinger, for eksempel å oppdatere databasen, alarmere personell eller ignorere transponderen hvis den har blitt lest flere ganger under samme passering.

Maksimal utstrålt effekt er begrenset i de forskjellige frekvensbåndene, både nasjonalt og internasjonalt. Hele spekteret er delt inn i mange frekvensbånd, som hver har forskjellige regler for lovlig sendetid, kalt ”duty cycle”, sendeffekt og/eller forhåndsdefinerte bruksområder, som for eksempel TV og mobiltelefoni. Det finnes to typer lisensfrie bånd hvor RFID-utstyr kan brukes uten spesiell tillatelse. Ett er enemerket industri, forskning og medisinske formål, kjent som Industry, Science and Medicine (ISM)-bånd, det andre for kortholdskommunikasjon, Short Range Devices (SRD).

Tabell 2.1 viser en internasjonal oversikt over tillatt utstråling ved vanlige frekvensområder for RFID-systemer, der begrepene ERP og EIRP blir forklart i kapittel 2.4.3.1 og LBT i kapittel 3.2.1. En global oversikt over hvilke frekvensområder som kan brukes til RFID-kommunikasjon er vist i RFID Handbook [2] og en detaljert oversikt over hele det regulerte frekvensspekteret i Norge kan finnes under Post- og teletilsynets (PT) hjemmesider [10]. [11]

Land\ Kontinent	Frekvens- område	LF	HF (ISM)	UHF (SRD)	Mikrobølge (ISM)
Norge	Frekvens- bånd	125 – 134 kHz	13.56 MHz	865.6 – 867.6 MHz	2.45 GHz
	Maks effekt	72 dB μ A/m	42 dB μ A/m ved 10 m	500 mW, ERP 10 % driftssyklus	500 mW ERP
Europa	Frekvens- bånd	125 – 134 kHz	13.56 MHz	865.6 – 867.6 MHz	2.45 GHz
	Maks effekt	72 dB μ A/m	42 dB μ A/m ved 10 m	2 W ERP	500 mW ERP
Nord- Amerika	Frekvens- bånd	125 – 134 kHz	13.56 MHz	902 – 928 MHz	2.45 GHz
	Maks effekt	72 dB μ A/m	10 W ERP	4 W EIRP	4 W EIRP
Japan	Frekvens- bånd	125 – 134 kHz.	13.56 MHz	950 – 956 MHz	2.45 GHz
	Maks effekt	Ukjent	Ukjent	4 W EIRP	Ukjent
Korea	Frekvens- bånd	125 – 134 kHz	13.56 MHz	908.5 – 914 MHz	Ingen
	Maks effekt	Ukjent	Ukjent	2 W ERP	
Australia	Frekvens- bånd	125 – 134 kHz	13.56 MHz	918 – 928 MHz	2.45 GHz
	Maks effekt	Ukjent	Ukjent	4 W EIRP	Ukjent

Tabell 2.1: Oversikt over de vanligste RFID-frekvenser. [2] [8] [12] [13]

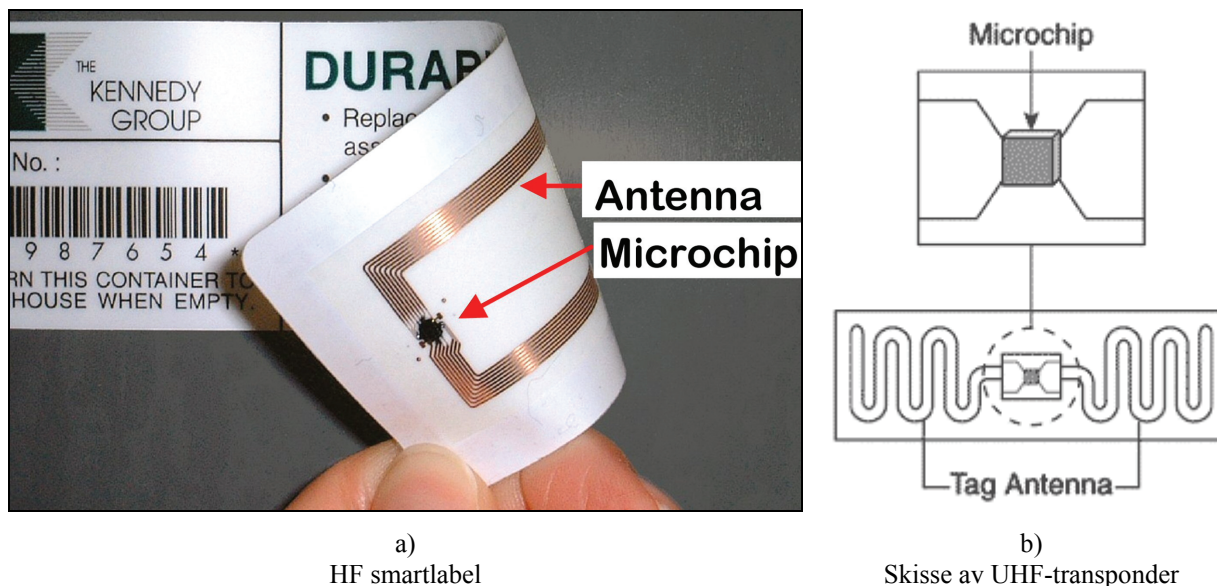
2.3.1 Transponder

De fleste transponderne, også omtalt som ”tag” eller brikke, består av en antenne og en RFID Application Specific Integrated Circuit (ASIC), også bare betegnet som IC, hvilket er en silisiummikrobrikke med et serienummer som vanligvis er unikt. Transpondere kan også inneholde en eller flere sensorer eller andre elektriske komponenter. Sensorer kan registrere omgivelsene rundt, eller statusen til, objektet og muliggjør overvåkning av blant annet luftfuktighet, støt og temperatur, noe som for eksempel kan være ønskelig ved transport av ømfintlige matvarer eller elektronikk. Det finnes mange forskjellige egenskaper som kan skille transpondere fra hverandre, og hvorvidt transponderen har intern strømkilde eller ikke,

påvirker funksjon og utforming i så stor grad at det er vanlig å dele de inn i passive og aktive transpondere. Andre viktige faktorer er minne, innkapsling og konstruksjonsutforming.

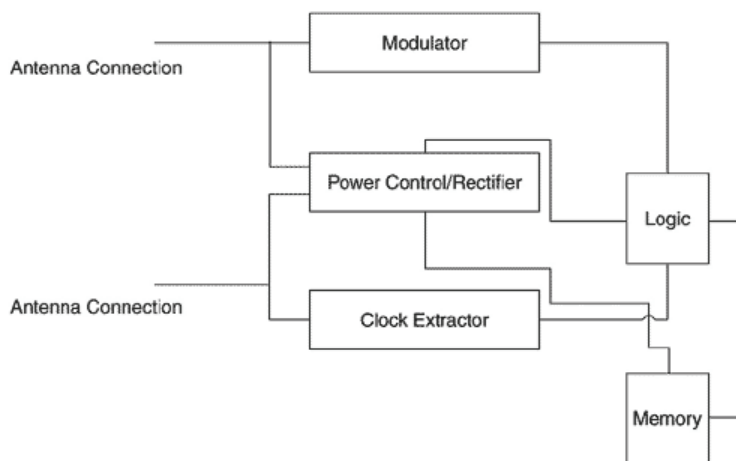
2.3.1.1 Passive transpondere

Passive transpondere har ingen intern kraftforsyning og må indusere nok energi fra mottatt signal til både å drive transponderens elektriske krets, og sende radiosignaler. Hvordan transpondere induserer energi kan variere, men for alle passive systemer skjer dette når transponderen kommer innenfor leserens koblingsfelt. I figur 2.3 a) kan man se en passiv HF transponder av typen ”smartlabel”, som er en bøyelig merkelapp egnet for å kombinere strekkode og RFID, og b) viser en tegning av en UHF transponder.



Figur 2.3: Eksempel på passive transpondere. [8] [14]

Vekselstrømmen, som induseres i antennen, blir likerettet i Power Control/Rectifier-enheten, som igjen forsyner minnet og den logiske enheten med likestrøm. Oppbygningen til transponderens mikrobrikke, inkludert strømforsyningen, er vist i figur 2.4. Clock Extractor forsyner logikken med en klokkepuls og modulatoren med et modulert signal, der begge er utvunnet av antennesignalet. Transponderens svar er innebygd i det modulerte signalet, som igjen transmitteres tilbake til leseren.



Figur 2.4: Oppbygningen til transponderens mikrobrikke, inkludert strømforsyning. [8]

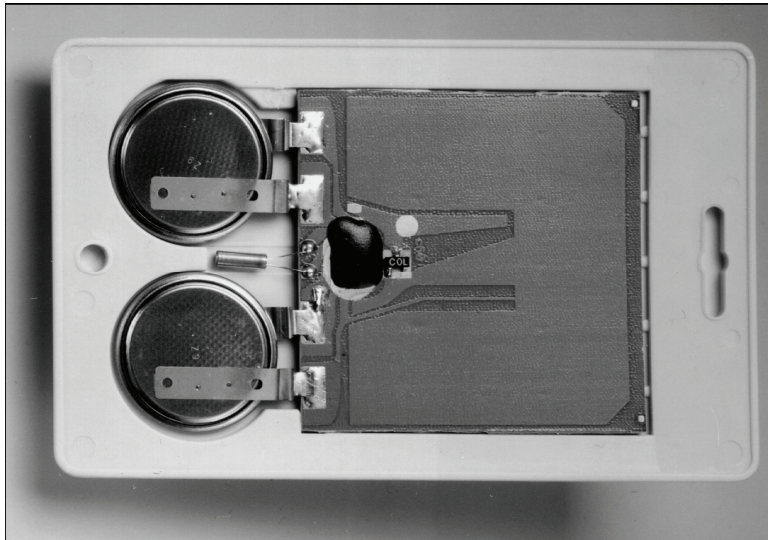
Den logiske enheten er ansvarlig for implementering av kommunikasjonsprotokollen mellom transponder og leser, og minnet brukes til lagring av data. Minnet er vanligvis segmentert, altså bestående av flere felter og blokker, som hver kan inneholde forskjellige type data. Dette kan for eksempel være informasjon om objektet eller bit som kan brukes til å undersøke hvorvidt dataintegriteten etter transmisjon er bevart. Nylige fremskritt i teknologien har gjort det mulig å lage mikrobrikker helt ned i størrelsesorden på $400 \mu\text{m} \cdot 400 \mu\text{m}$, som har fått navnet Mu-chip, og tilsvarer størrelsen til et sandkorn. [15]

RFID-systemers rekkevidde er, som vist i kapittel 2.4.2.2 og 2.4.3.2, svært avhengig av mikrobrikkens effektforbruk, og dette er den tapskomponenten som er ansett for å ha størst forbedringspotensial. Av den grunn jobber produsenter intensivt med å senke sine brikkers forbruk, og det finnes i dag cirka 10 store firmaer, blant andre Philips, Texas Instruments og Impinj, som designer slike mikrobrikker. Brikkene designes for å imøtekomme obligatoriske prestasjonskrav spesifisert i gjeldende standarder, som for eksempel ISO 18000, men de kan også ha valgfrie tilleggfunksjoner, som for eksempel kommandoer som Access, BlockWrite og BlockErase, avhengig av leverandør og produkt. Ulempen med slike funksjoner er at de krever mer kompliserte kretser, noe som øker brikkens strømforbruk, og det er derfor nødvendig å gjøre et kompromiss mellom kompleksitet og rekkevidde, som beskrevet i kapittel 2.4.2.2. [16]

Prisene på passive transpondere har sunket betraktelig de siste årene, men varierer betydelig etter innkjøpsmengde, minnestørrelse, innkapsling, frekvens, og andre faktorer. I 2004 lå gjennomsnittsprisen på HF transpondere på 0.4 USD ved bestillinger av størrelsesorden 1 million. Analyser hevder at markedskrefter vil klare å drive transponderprisen ned til 0.1 USD, for bestillingsvolum på en milliard enheter, om seks til åtte år. I dag ligger snittet for en 96-bit EPC UHF transponder mellom 0.2 til 0.4 USD, men det finnes leverandører som ved kampanjetilbud har tilbudt priser helt ned til 0.075 USD ved bestillinger på over 1 million transpondere. [2] [3] [5] [17]

2.3.1.2 Aktive transpondere

En aktiv transponder har intern strømkilde, ofte i form av ett eller flere batteri, som den vist i figur 2.5. De kan enten sende ut informasjon kontinuerlig, noe som kan gi en levetid på noen måneder, eller periodisk ut fra et forhåndsbestemt intervall. Transponderens mikrobrikke ligger i hvilemodus når den ikke sender ut energi, hvilket kan øke enhetens levetid til cirka ti år, avhengig av brukshyppighet. [18]



Figur 2.5: Aktiv mikrobølgetransponder med to litiumbatterier og en u-formet antenne. [2]

Definisjonen på hva en aktiv transponder er, varierer med litteraturkildene. I følge RFID Handbook [2] brukes batteriet kun til å forsyne mikrobrikken, samt eventuelt andre påmonterte komponenter, med strøm. RFID Journal [5] kaller derimot slike transpondere for ”semi-aktive” og hevder at aktive transpondere også bruker kilden til å forsterke signaler fra transponderen.

Aktive transpondere har som oftest en atskillig lengre rekkevidde enn passive, da de kan bruke all indusert effekt til å emittere signal, samt i noen tilfeller i tillegg ta i bruk den integrerte strømkilden. De som forsterker utsignalet kan oppnå en rekkevidde på 100 m, i motsetning til de semi-aktive, som vanligvis har en rekkevidde på cirka 15 m. [2] [5] [18]

I tillegg til at aktive enheter har lengre rekkevidde, har de også større pålitelighet, nøyaktighet og bedre ytelse i vanskelige miljø, som vann og metall. Dette gjør at de er svært egnede til å bruke på store aktiva, som for eksempel lastecontainere og jernbanevogner, som trenger å bli overvåket over større avstander. Vanligvis er aktive transpondere flere ganger større enn passive, men de minste kan likevel komme ned i størrelser tilsvarende en mynt. [2] [5] [18]

2.3.1.3 Minne og EPC-klasse

En transponder kan enten ha 1-bit eller n-bits minne, der den førstnevnte bare kan signalisere ”1” og ”0”. Til tross for begrensingen er 1-bits transpondere svært egnet og utbredt innenfor elektronisk tyveriovervåkning i butikker, kjent som Electronic Article Surveillance (EAS), blant annet fordi de kan gi høy deteksjonsrate og produseres svært kostnadseffektivt, grunnet enkel oppbygning. Minnestørrelsen til n-bits transpondere kan variere betraktelig, og det finnes tre forskjellige lagringsmåter, vist i tabell 2.2.

EEPROM	Dette er den mest utbredte lagringsmåten, men bruker mye strøm, og har et begrenset antall omprogrammeringer, som er mellom 100 000 og 1 000 000 ganger. Dette er i midlertidig tilstrekkelig for de fleste bruksområder.
SRAM	Lagringsmåten er mest vanlig i mikrobølgesystemer. Denne brikken kan utføre meget raske skrivesykluser, men trenger konstant strømtilførsel av et batteri eller lignende. SRAM har tilnærmet ingen begrensninger i antall ganger de kan omprogrammeres.
FRAM	FRAM er benyttet i enkelte testprosjekter, men har fortsatt noen problemer som hindrer utbredt bruk. Den kan redusere strømforbruket med en faktor på 100 i forhold til EEPROM, og redusere skrivetiden med 1 000 ganger. Tester viser at det foreligger tilnærmet ingen begrensninger i antall ganger enheten kan omprogrammeres, selv om det ennå ikke er fastsatt fullgode bevis for dette.

Tabell 2.2: Lagringsmåter for n-bits transpondere. [11]

For n-bits transpondere er det også vanlig å følge den terminologien som er definert av standardiseringsorganet EPCglobal Incorporated for å dele transponderne inn i forskjellige EPC-klasser, som vist i tabell 2.3.

EPC-klasse	Definisjon	Programmering
Klasse 0	Read Only (RO) passive transpondere	Programmeres som en del av halvlederproduksjonsprosessen
Klasse 1	Write once, read many (WORM) passive transpondere	Programmeres en gang for så å forbli låst
Klasse 2	Omprogrammerbare passive transpondere	Kan ofte omprogrammeres mer enn 100 000 ganger og minne kan være forhåndsprogrammert, oppdelt og eventuelt delvis permanent fastlåst
Klasse 3	Semi-aktive transpondere	
Klasse 4	Aktive transpondere	

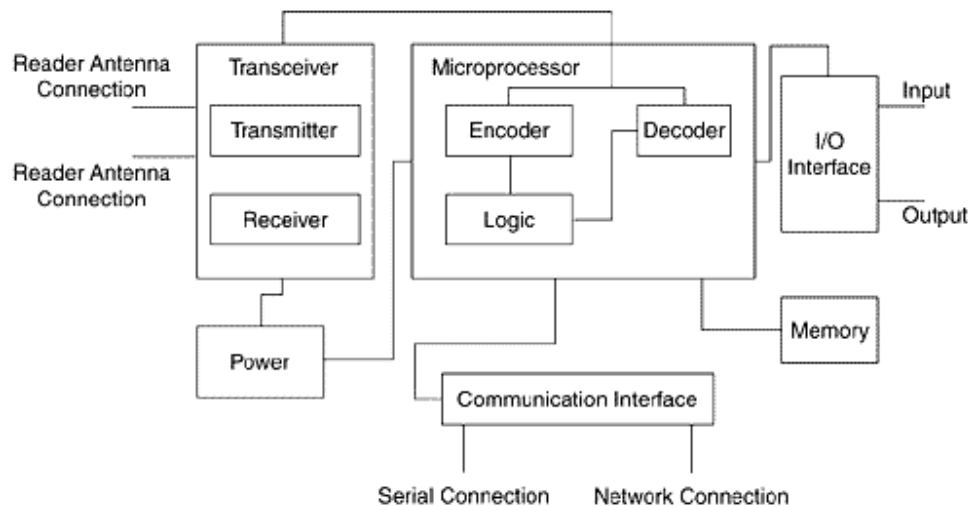
Tabell 2.3: EPC klasser. [19]

2.3.1.4 Innkapsling og konstruksjonsutforminger

Innkapslingen og konstruksjonsutformingen til transpondere varierer etter bruksområde, der de vanligste innkapslingsmaterialer er glass, metall og plast. Glass brukes blant annet når transpondere opereres inn under hud, ved for eksempel dyreidentifikasjon. Metall kan for eksempel brukes hvis transpondere skal være spesielt robuste eller for lavfrekvenstranspondere som bruker innkapsling som en del av antennen for å øke rekkevidden. Ettersom plast er det billigste innkapslingsmaterialet, er det også det vanligste. Utformingen varierer etter bruksområde, men de mest brukte formene er skiver, sylindrer, smartkort og smartlabels. [2]

2.3.2 Leser

Den generelle funksjonen til en leser er å muliggjøre kommunikasjon med transpondere ved å sende radiofrekvensenergi til sine omgivelser gjennom en eller flere antenner. Mulig komponentoppbygning er vist i figur 2.6. Enheten kan både lese og skrive til minnet i transponderne, og omtales derfor også som ”interrogator”. Enhetene kan variere sterkt i utforming og kompleksitet, avhengig av hvor mange og hvilke transpondere de håndterer, samt hvilke funksjoner de støtter. Noen lesere er mer avanserte enn andre, og gjør blant annet sofistikert signalbehandling, paritetskontroll og korreksjon.



Figur 2.6: Mulig komponentoppbygning til en leserenhet. [8]

Transceiveren blir styrt av mikroprosessor, og består av en sender og en mottaker som henholdsvis transmitterer og mottar analoge signaler til og fra antennene. Leseren kan da kobles til både mottaker- og senderantenne eller til én antenne som ved hjelp av en sirkulator veksler mellom å sende og motta signaler. Mikroprosessor er ansvarlig for å implementere kommunikasjonsprotokoller, slik at leseren kan kommunisere med kompatible transpondere, og å foreta lavnivå filtrering og dataprosessering. I minnet lagres innstillingene for leserkonfigurasjon og, avhengig av minnestørrelse, en liste over nylig leste transpondere, som er en sikkerhetskopii i tilfelle det oppstår feil med applikasjonen.

Inn/ut-grensesnittet kobles til eventuelle varslingsanlegg, brytere og sensorer, der sensorene brukes for å forhindre unødvendig stråling ved å aktivere leseren kun når det er transpondere innen rekkevidde. Strømtilførselen forsyner hver komponent i leserkretsene med egnet spenning. Kommunikasjonsgrensesnittet muliggjør overføring av informasjon mellom leser og applikasjon, blant annet transponderdata og instruksjoner, og dette gjøres ved en nettverkstilkobling, serielltilkobling eller ved en kombinasjon av de to.

Å skrive til en transponder består av mange operasjoner, som for eksempel innledende verifikasjon, sletting av eksisterende data, skrivning av ny data til individuelle minneblokker og validering av skrevet data. Dette fører til at hele skriveprosessen er en sensitiv prosess. Varigheten av både skrive- og leseprosessen er avhengig av datarate og -mengde, men skrivningen kan vare i flere 100 millisekunder. Til sammenligning tar lesing mellom 1 og 10 millisekunder. Under skriveprosessen bruker transponderbrikken flere interne komponenter enn ved lesing, hvilket medfører et høyere effektforbruk, og en slik økning medfører, for passive transpondere, en lavere rekkevidde, som vist i kapittel 2.4.2.2 og 2.4.3.2. Ved skrivning

bør ingen andre transpondere befinne seg innenfor spørresonen, ettersom dette kan føre til at relevant data kan bli overskrevet. [8] [20] [21]

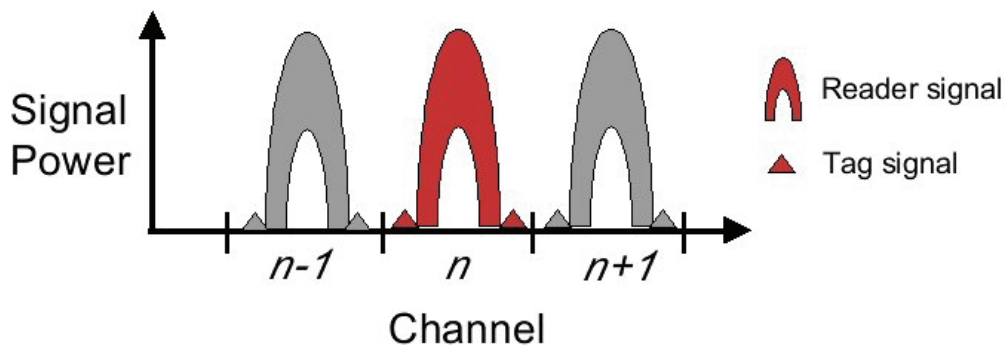
Leseredundans, også kalt leserobusthet, er et mål på antall ganger en spesifikk transponder blir korrekt lest i lesesonen. Selv om en transponder bare trenger å bli lest en gang for å bli registrert, øker sikkerheten for å få vellykket lesning proporsjonalt med leseredundansen. Økt hastighet til objektet transponderen sitter på virker negativt på robustheten, ettersom tid tilbrakt i lesesonen avtar i takt med hastigheten. Videre virker også et høyt antall transpondere samtidig i feltet negativt, da leserenheten kan lese en begrenset mengde transpondere per tidsenhet.

2.3.2.1 Multiaksess prosedyrer, antikollisjon

I motsetning til vanlig oppfatning kan en leser bare kommunisere med én transponder om gangen. Når flere enn én transponder prøver å kommunisere med leseren samtidig oppstår jamming, som betyr at kommunikasjonen forstyrres og/eller forhindres, og i dette tilfellet kalles det en transponderkollisjon. Leserens bruker da en singuleringsprotokoll med algoritmer, kalt antikollisjonsalgoritmer, spesielt laget for å raskt kunne identifisere flere transpondere i lesesonen. De vanligste algoritmene er ALOHA og Tree Walking for henholdsvis induktiv og elektromagnetisk kobling, og de gjør at det ser ut som om leseren kommuniserer med flere transpondere samtidig. [2] [8]

Hvis lesesonen til to eller flere lesere overlapper kan de interferere med hverandre, noe som kalles leserkollisjon. Dette problemet unngås for antenner koblet til samme leser, da leseren bare aktiverer en antenne om gangen, men altererer hurtig på hvilken som er aktiv for å opprettholde et stabilt lesefelt. For å unngå slike kollisjoner bruker lesere vanligvis en eller flere av prosedyrene; Space Division Multiple Access (SDMA), Code Division Multiple Access (CDMA), Time Division Multiple Access (TDMA) og Frequency Division Multiple Access (FDMA). Imidlertid er det vanskelig å finne informasjon om dette emne, da de fleste produsentene holder sine antikollisjonssystemer hemmelig, av konkurransemessige årsaker. [2] [8]

SDMA går ut på å fysisk skille sonene ved å eventuelt øke avstanden mellom de konfliktskapende antennene, redusere rekkevidden eller å forandre stråleretning til systemer med direksjonelle antenner. CDMA innebærer å bruke koder til å skille enheten, men brukes svært sjeldent i RFID-systemer. TDMA går ut på at hver leser får tildelt egne tidsluker for transmisjon, mens FDMA innebærer å dele frekvensspekteret inn i kanaler, som vist i figur 2.7, der lesersignalet kan være cirka 100 000 ganger sterkere enn transpondersignalet. Både TDMA og FDMA er svært utbredt og nesten ethvert RFID-system har dette implementert, i tillegg er FDMA påbudt i de fleste land. Det er også vanlig at softwareløsninger er implementert i applikasjonen eller i leseren, som filtrerer ut unødvendig informasjon hvis transpondere leses flere ganger av en eller flere lesere. [22]



Figur 2.7: Frekvensspektrum delt inn i kanaler. [23]

2.3.2.2 Stasjonære og håndholdte lesere

En stasjonær leser, som den vist i figur 2.8 a), er fastmontert til ett eller flere elementer. Dette kan være til statiske elementer, som en vegg, portal eller annen bærekraftig struktur, men kan også være bevegelige elementer, for eksempel en gaffeltruck eller en lastebil. De fleste enheter trenger en eller flere eksterne antenner til å kommunisere med transpondere, og er som regel sensitive for hard behandling. Stasjonære leserenheter har en enhetskostnad på cirka 3 000 til 5 000 USD, og er mer utbredt enn bærbare. Håndholdte leserenheter, som den vist i figur 2.8 b), har som regel en innebygd antenne og er små, lette og mobile. Per dags dato er de betraktelig mer kostbar enn stasjonære, da prisen ligger på cirka 5 000 til 10 000 USD, og det er få enheter i produksjon, men markedsaktører hevder at nylige fremsteg innen teknologien vil resultere i billigere og mer sofistikerte enheter. [24]



a) Texas Instruments, RI-STU-655A

b) Two Technologies Incorporated, Jett-CE

Figur 2.8: Eksempel på en stasjonær og en håndholdt leser. [25] [26]

2.3.3 Skriver

En skriver, som vist i figur 2.9, er en type stasjonær leser som kan både lese og skrive til transpondere, i tillegg til at den kan skrive strekkode og annen informasjon på papir. I denne integrerte prosessen kontrolleres transponderen før strekkoden skrives, og hvis det ikke oppnås kontakt etter et visst antall forsøk, forkastes hele smartlabelen. Skriveren og smartlabelen muliggjør en enkel overgang til RFID, der det i dag bare brukes strekkode.



Figur 2.9: RFID-skriver av type Paxar, Monarch 9855 RFID. [27]

Ettersom RFID-teknologien først i det siste har blitt utbredt, blir de færreste skrivere produsert med en egen innebygd RFID-leser. Vanligvis integrerer produsentene den i ettertid og da blir den, av praktiske årsaker, plassert der det er tilgjengelig plass, noe som kan gi uheldige virkninger for kommunikasjon med transponderen. En vanlig plassering, til tross for at den er uheldig, er at leserantennen blir plassert vinkelrett på lengderetningen til transponderantennen, noe som gjør det vanskelig å generere nok energi til å drive store og lange transpondere. Ved valg av skriver bør man ta spesielt hensyn til om enheten har støtte for multiprotokoll, transponder kompatibilitet og oppgraderingsmuligheter, samt hvor komplisert og tidkrevende det er å utføre oppgraderinger. [5] [22]

2.3.4 Antenne

Som tidligere nevnt vil enhver leder med strøm gjennom seg utstråle elektromagnetisk energi. Antenner er optimalisert for denne prosessen og deres utforming og størrelse avgjør hvilket frekvensområde de er best egnede for.

2.3.4.1 Transponderantenne

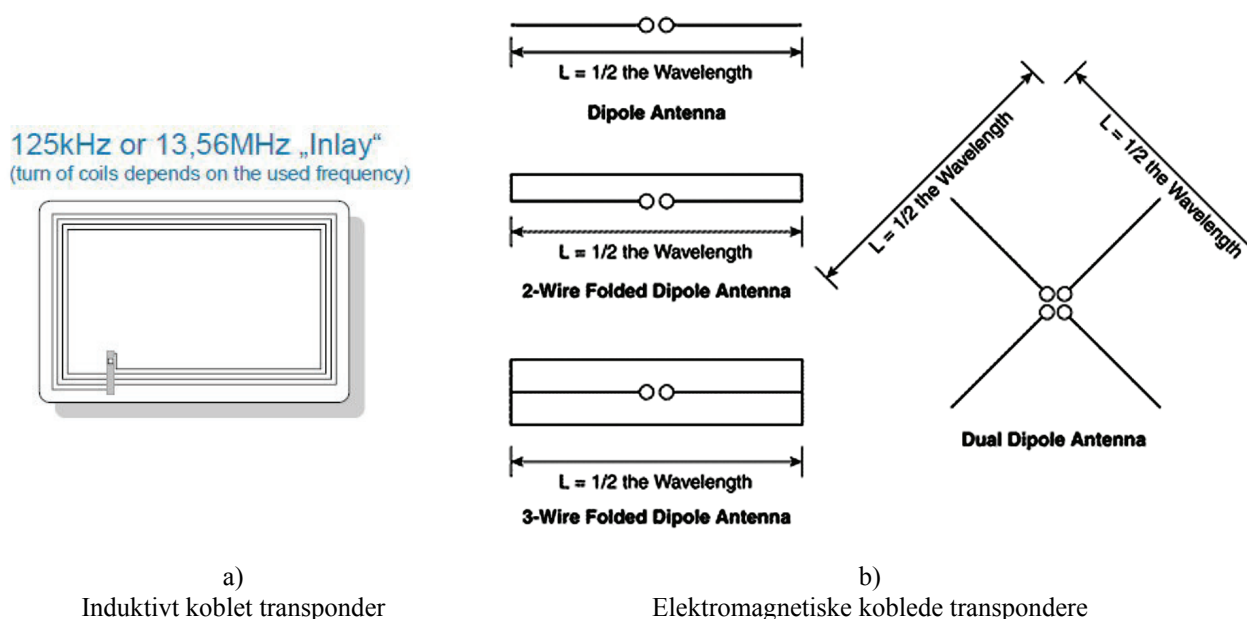
Geometrien til antenner er svært viktig for transponderens funksjonalitet, og antennekonstruksjon er avhengig av mange faktorer, der de viktigste er:

- Koblingsmetode og frekvens
- Leseavstand
- Kjent eller ukjent orientering til transponder i forhold til leser
- Spesifikke objekter og operasjonsforhold

- Hastighet til objektet og transponderen
- Leserens antennepolarisering

Ved induktiv kobling er antennene som regel laget av viklet kobbertråd, se figur 2.10 a), der optimal antennelengde er avhengig av leseavstanden, som vist i kapittel 2.4.2.1. For elektromagnetisk kobling er antennelengden direkte proporsjonal med bølgelengden til operasjonsfrekvensen, og slike antenner kategoriseres på følgende måte, illustrativt vist i figur 2.10 b):

- Dipolantenne består av en rettlinjet elektrisk leder, der lengden er halve bølgelengden, med mikrobrikken plassert i midten
- Dobbel dipolantenne består av to dipoler plassert vinkelrett på hverandre, og kan dermed atskillig redusere orienteringssensitiviteten til transponderen
- Foldet dipol består av to eller flere parallelle dipoler, omtales som "n-wire folded dipol", der n er antall dipoler i parallell

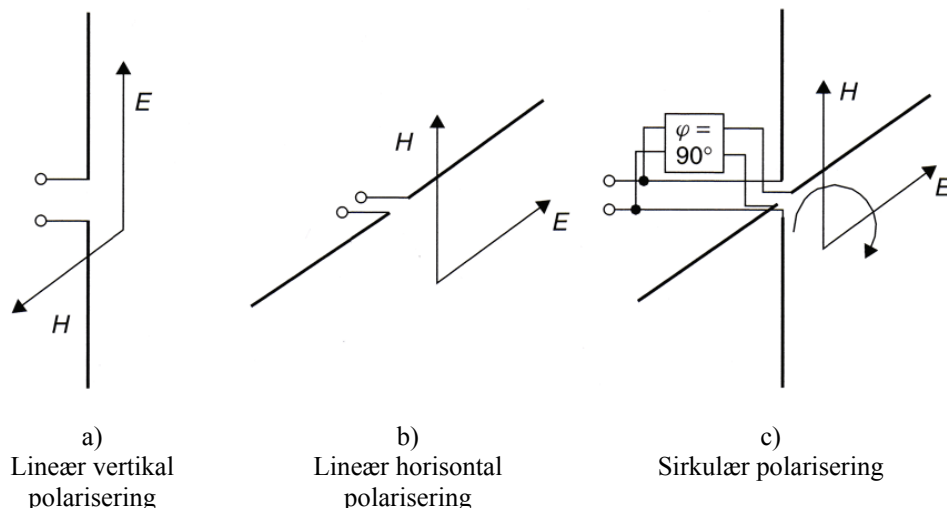


Figur 2.10: Forskjellige antenneutforminger. [8] [28]

Per dags dato blir antenner hovedsakelig konstruert av tynne metallstriper, av for eksempel kobber, sølv eller aluminium, men forskning har også resultert i løsninger der antennen blir skrevet direkte på merkelapper med strømførende blekk som inneholder kobber, karbon eller nikkel. Det er ennå ikke klart hvorvidt man kan skrive mikrobrikker i slikt blekk, men uansett forventer ThingMagic [22] at det etter hvert kan drive transponderkostnadene under 0.05 USD per stykk, som er lavere en tidligere prognoser til RFID Journal [5]. Det er foreløpig ikke laget noen utbredt løsning for å håndtere det mest sårbare punktet til transpondere, som er koblingspunktene mellom antenne og mikrobrikke. [5] [22]

2.3.4.2 Leserantenne

Leserantennen er en separat enhet koblet, med for eksempel kabel, til en av leserens fire antenneporner, og dens oppgave er å kringkaste og motta RF-signaler. Antenneplasseringen er viktig for å oppnå gode leseforhold, og stråling varierer med koblingsform og polarisering for elektromagnetiske bølger. Polarisering er definert ut fra retningen på feltvektorene, E og H, og kan enten være sirkulær eller lineær, der sistnevnte deles inn i horisontal og vertikal, som vist i figur 2.11.



Figur 2.11: Definisjon av polarisering til elektromagnetiske bølger. [2]

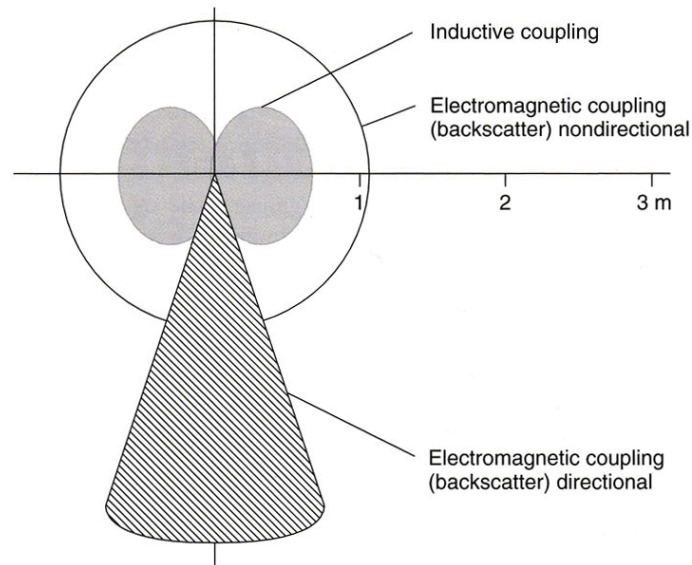
Lineære antenner har et langt og smalt utstrålingsområde, men ettersom de er retnings-avhengige er de svært følsomme for transponderorienteringen, og derfor bare egnet der orienteringen til transponderen er forutsigbar. Sirkulære antenner gir bølger bestående av to energifelt med samme amplitude, men faseforskjøvet med 90 grader. Dette gjør at når det ene feltet er ved sitt laveste vil det andre ha maksimal verdi, og antennen er derfor lite orienteringssensitiv. Slike antenner brukes der operasjonsfrekvensen er innen mikrobølge- eller de høyeste innen UHF-området og hovedsakelig for tilfeller der transponderorienteringen er ukjent eller der det oppleves mye refleksjoner grunnet metall eller andre faktorer. Figur 2.12 viser eksempel på en induktiv og både en lineær- og sirkulærpolarisert elektromagnetisk antenne. [8]



Figur 2.12: Eksempel på leserantenneutforminger. [8] [29]

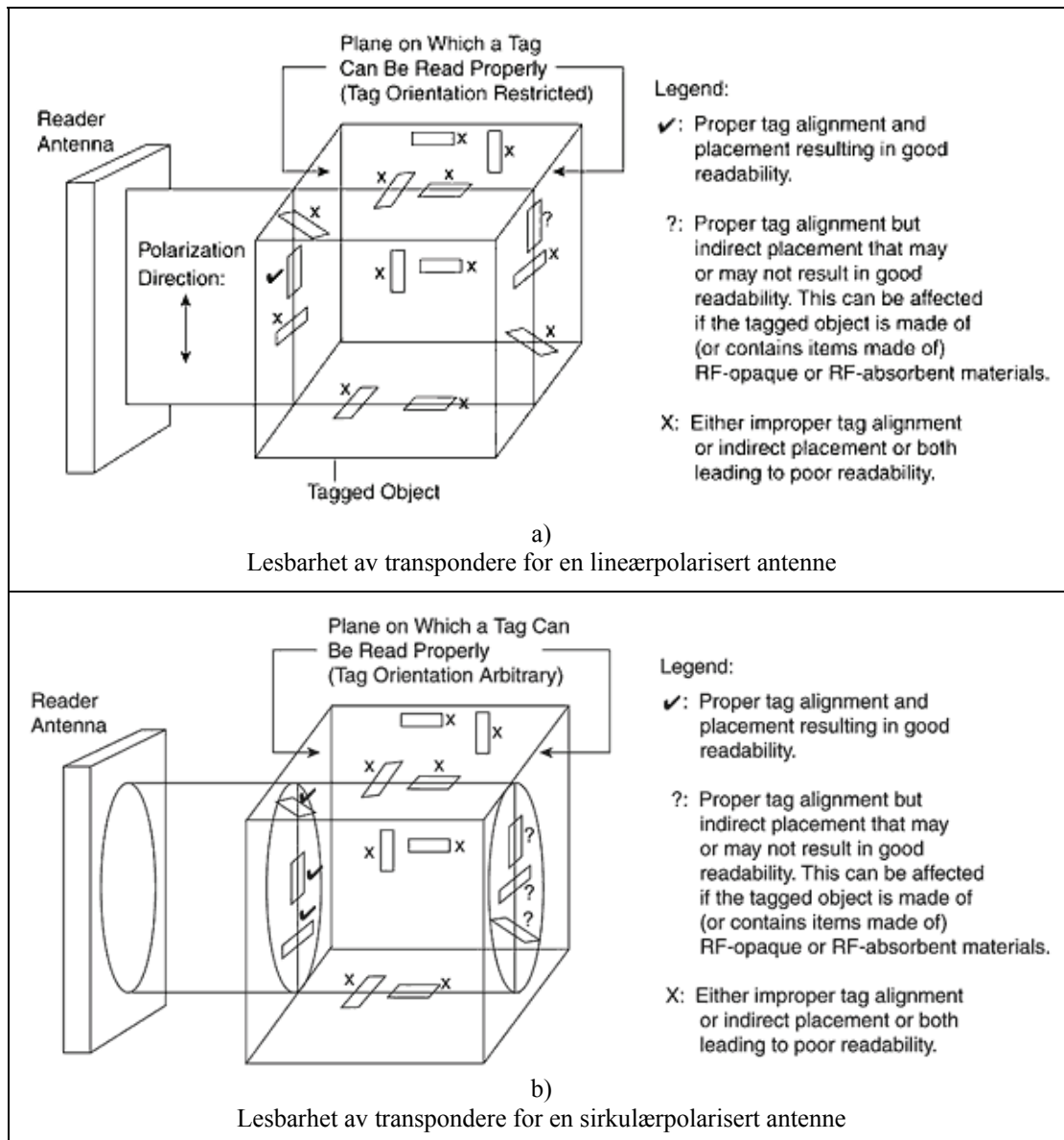
Omgivelser og objekter i, eller i nærheten av, strålefeltet, der forskjellige felt er vist i figur 2.13, kan interferere med RF-signalene. På grunn av refleksjon, spredning og andre faktorer vil det vanligvis oppstå dødsoner innen antennens praktiske dekningsområde, der

transpondere ikke mottar nok energi til å drive mikrobrikken. Det er svært komplisert å foreta nøyaktige beregninger for hvordan strålingen vil oppføre seg, men det er derimot mulig å måle det med forholdsvis enkle metoder, som for eksempel med en frekvensspektrumanalysator.



Figur 2.13: Sammenligning av antenneutstråling for forskjellige RFID-systemer. [2]

Orientering til transponder og polarisering til leserantennen påvirker i stor grad lesbarhet, leseavstand og -robusthet. Figur 2.14 a) og b) viser sammenhengen mellom lesbarhet og orientering til transpondere.



Figur 2.14: Lesbarhet av transpondere. [8]

2.3.5 Applikasjon

Applikasjonen er den enheten som mottar informasjon fra RFID-systemet, og vil ofte være en integrert datamaskin eller en server. Hvis informasjonen skal viderebehandles ved et senere tidspunkt vil det være naturlig å lagre informasjonen på en sentral server. Skal derimot lesestasjonen brukes i forbindelse med et lokalt sorteringssystem, og informasjonen ikke skal brukes til andre formål, vil en integrert datamaskin, også kalt "embedded computer", ofte være et bedre valg. Det er vanlig å kalle programvare som videreprosesserer informasjon for mellomvare eller "middleware".

2.4 Fundamentale operasjonsprinsipper til RFID-systemer

Til tross for forskjellige koblingsmetoder mellom transponder og leser foregår overføring av informasjon for n-bits transpondere enten ved full dupleks (FDX)-, halv dupleks (HDX)- eller sekvensiell (SEQ)-prosedyre. En oversikt over de forskjellige prosedyrene er vist i figur 2.15,

der dataoverføring fra leser til transponder er betegnet som ”downlink”, og overføring fra transponder til leser er betegnet som ”uplink”.

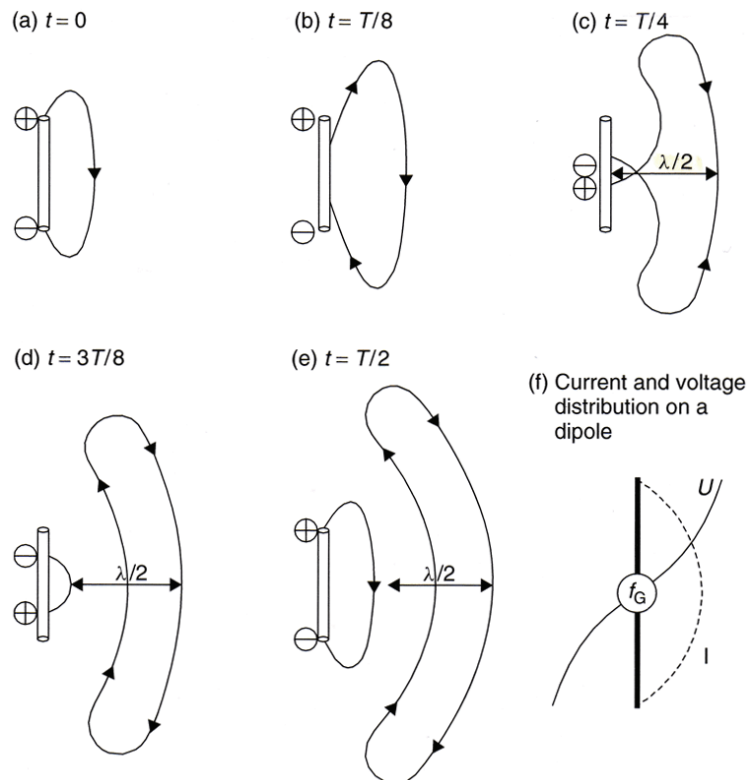


Figur 2.15: Informasjonsflyt ved FDX, HDX og SEQ langs tidsakse, t. [2]

Ved FDX sender leseren kontinuerlig energi, mens leser og transponder utfører en kontinuerlig toveis kommunikasjon. Tilsvarende for HDX, men her er det enveis kommunikasjon som alternerer innenfor tildelte tidsrammer. SEQ-overføring opererer på tilsvarende måte som halv dupleks, bortsett fra at leserens RF-felt slås av etter downlink. Dette for at leser skal kunne oppfange signalet fra transponder uten interferens fra egen energi, som er atskillig sterkere enn transponderens energi. Ulempen med sistnevnte prosedyre er at energitilførselen til transponderen også forsvinner når feltet er avslått. [2]

2.4.1 Overgang fra nærfelt til fjernfelt

Ved overgangen fra nærfelt til fjernfelt vil det elektromagnetiske feltet separeres fra antennen og forplante seg som elektromagnetiske bølger. Figur 2.16 viser dannelsen av en bølge, der kurvene representerer det elektriske feltet, E. Magnetfeltet er ikke vist, men ligger som en ring rundt antennen vinkelrett på E-feltet. Avstanden fra antennen til overgangen, kalt r_N , er definert som vist i ligning 2.2.



Figur 2.16: Dipol antenne som danner en elektromagnetisk bølge. [2]

$$r_N \leq \frac{\lambda}{2\pi} \tag{2.2} [2]$$

Setter inn formelen for bølgelengde, definert i ligning 2.1, i 2.2 og får følgende uttrykk for nærfeltet:

$$r_N \leq \frac{c}{2\pi f} \tag{2.3}$$

Ved å sette inn verdier for vanlige operasjonsfrekvenser til RFID-systemer i ligning 2.1 og 2.3, får man følgende resultat, vist i tabell 2.4.

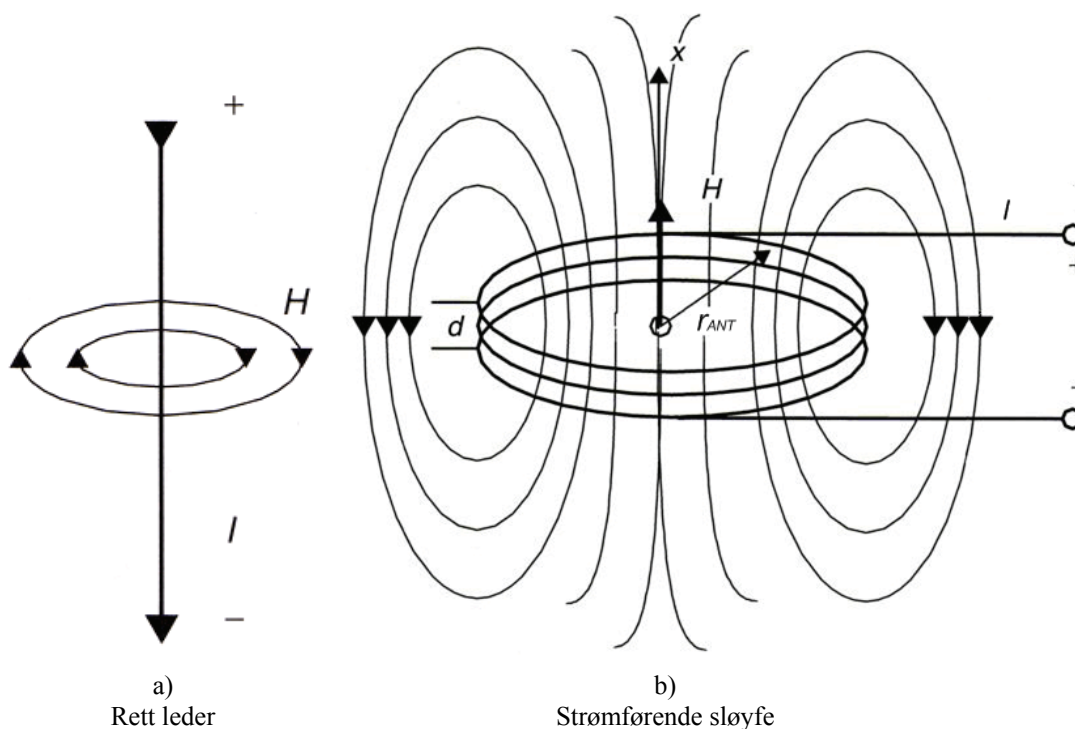
Operasjonsfrekvens, f	Bølgelengde, λ (m)	Nærfelt, r_N (m)
LF 135 kHz	2239	356
HF 13.56 MHz	22.1	3.5
UHF 868 MHz	0.34	0.054
UHF 915 MHz	0.33	0.052
Mikrobølge 2.45 GHz	0.12	0.019

Tabell 2.4: Oversikt over bølgelengde og nærfelt.

I nærfeltet dominerer det magnetiske feltet, slik at det er vanlig å tilnærme det elektromagnetiske feltet som rent magnetisk, kalt induktivt. Slike induktive koblinger kan ikke virke tilbake på antennen når feltet er transformert til en separat bølge, noe som gjør at r_N er en uoverstigelig begrensning av rekkevidde. Av tabellen kan man se at r_N synker drastisk fra HF til UHF, noe som gjør at induktive systemer vanligvis brukes ved operasjonsfrekvenser lavere enn 30 MHz. Nesten 90 % av alle RFID-systemer benytter denne koblingsformen, mens systemer over denne frekvensen bruker elektromagnetisk kobling. [2]

2.4.2 Induktiv kobling

En leder vil, i egenskap av å føre strøm, produsere et magnetfelt med flukslinjer, som vist i figur 2.17 a) og b), der a) er en rett leder og b) er en strømførende sløyfe. Størrelsen til det magnetiske feltet betegnes som den magnetiske feltstyrken H , målt i ampere per meter, og feltets linjer som flukslinjer. Med den generelle ligning 2.4, der I er strømmen gjennom lederen, kan feltstyrkene for de forskjellige type ledere utregnes.



Figur 2.17: Magnetiske felt rundt en rett leder og en strømførende sløyfe. [2]

$$\sum I = \oint \vec{H} \cdot \vec{d}s \tag{2.4} [2]$$

Induktive systemer har antenner tilsvarende strømførende sløyfer, vist i figur 2.17 b), og magnetfeltet for en sirkulær sløyfe er beskrevet i formel 2.5, der N_L er antall vinninger, r_{ANT} er radiusen til sirkelen, R er avstand fra leser og x er avstanden fra sentrum til spolen i x -retning. Forutsetningen for ligningen er at $d \ll r_{ANT}$, der d er bredden til spolens vinninger, og at $x < \lambda/2\pi$, altså at x er innenfor nærfeltet. Av ligningen kan man se at det magnetiske feltet vil minke desto lengre fra kilden man befinner seg, noe som kan oppfattes intuitivt.

$$H = \frac{I \cdot N_L \cdot r_{ANT}^2}{2\sqrt{(R^2 + x^2)^3}} \quad (2.5) [2]$$

2.4.2.1 Optimal antennediameter

Den optimale antennediameter, for en gitt leseavstand, kan finnes av ligning 2.5 ved å derivere H med hensyn på r_{ANT} og sette den deriverte lik 0, som vist i ligning 2.6.

$$H'(r_{ANT}) = \frac{d}{dR} H(r_{ANT}) = \frac{2 \cdot I \cdot N_L \cdot r_{ANT}}{\sqrt{(R^2 + x^2)^3}} - \frac{3 \cdot I \cdot N_L \cdot r_{ANT}^3}{(R^2 + x^2) \cdot \sqrt{(R^2 + x^2)^3}} = 0 \quad (2.6)$$

Dette gir maksimalverdi for funksjonen $H(r_{ANT})$ ved følgende nullpunkter for $H'(r_{ANT})$: $r_{ANT} = \pm x\sqrt{2}$. Av utregningen kan man trekke slutningen at den optimale radiusen til en induktiv transmisjonsantenne bør være $\sqrt{2}$ ganger større enn den ønskede maksimale leseavstanden. RFID Handbook [2] hevder at antenneradiusen skal være 2 ganger større enn maksimal avstand til tross for utregningen av nullpunktene er den samme, og det er derfor mulig at de har ved en forglemmelse ikke brukt rot tegnet videre i litteraturen.

2.4.2.2 Rekkevidde

Energirekkevidden til transponderen er gitt av avstanden fra leserantennen, der det er akkurat nok energi for transponderen å operere. Denne feltstyrken betegnes som H_{min} og av ligning 2.5 kan man finne følgende uttrykk for rekkevidden, der N_L er antall vindinger i leser:

$$x = \sqrt[3]{\left(\frac{I \cdot N_L \cdot r_{ANT}^2}{2 \cdot H_{min}}\right)^2 - r_{ANT}^2} \quad (2.7)$$

Før man kan finne H_{min} , må noen grunnleggende begreper først defineres. I figur 2.17 a) og b) kan man se at H-feltet består av flukslinjer. Magnetisk flukstetthet, B, er totalt antall flukslinjer dannet av feltet og gitt av ligning 2.8, der μ_0 og μ_r er permeabiliteten til henholdsvis vakuum og materialet i feltet.

$$B = \mu_0 \mu_r H = \mu H \quad \text{der } \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am} \quad (2.8)$$

Magnetisk fluks, Φ , er et mål på flukstetthet over et areal A, definert som vist i ligning 2.9.

$$\Phi = B \cdot A \quad (2.9)$$

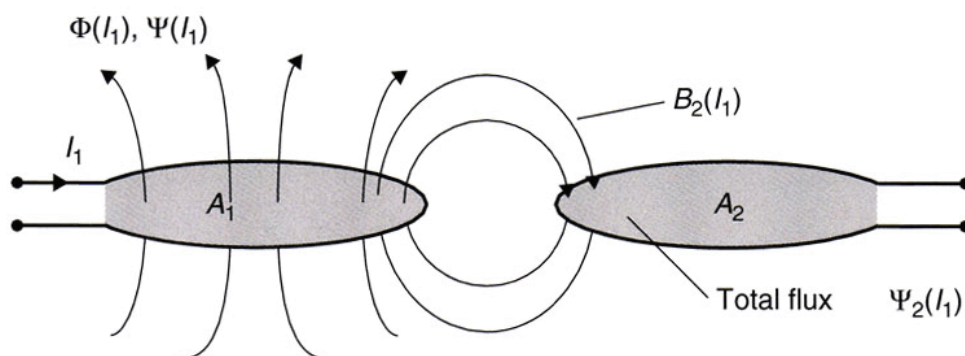
En spole består av N antall strømførende sløyfer, og hvis en strøm I går igjennom dem vil hver bidra med en lik andel Φ , som til sammen adderes til total fluks, Ψ , gitt av ligning 2.10.

$$\Psi = \sum_N \Phi_N = N \cdot \Phi = N \cdot \mu \cdot H \cdot A \quad (2.10) [2]$$

Et magnetfelt vil også indusere strøm i samme leder som dannet feltet, noe som kalles selvinduktans, L , og er gitt av ligning 2.11.

$$L = \frac{\Psi}{I} = \frac{N \cdot \Phi}{I} = \frac{N \cdot \mu \cdot H \cdot A}{I} \quad (2.11) [2]$$

Induksjonen kan også generere strøm i nærliggende sløyfer, og dette er den koblingsmetoden mellom leser og transponder som benyttes i induktive systemer. Denne påvirkningen, som kalles for gjensidig induksjon, M , er en type transformator kobling mellom primærsløyfen i leseren og sekundærsløyfen i transponderen. Dette er illustrert i figur 2.18 og påvirkningen er gitt av ligning 2.12.



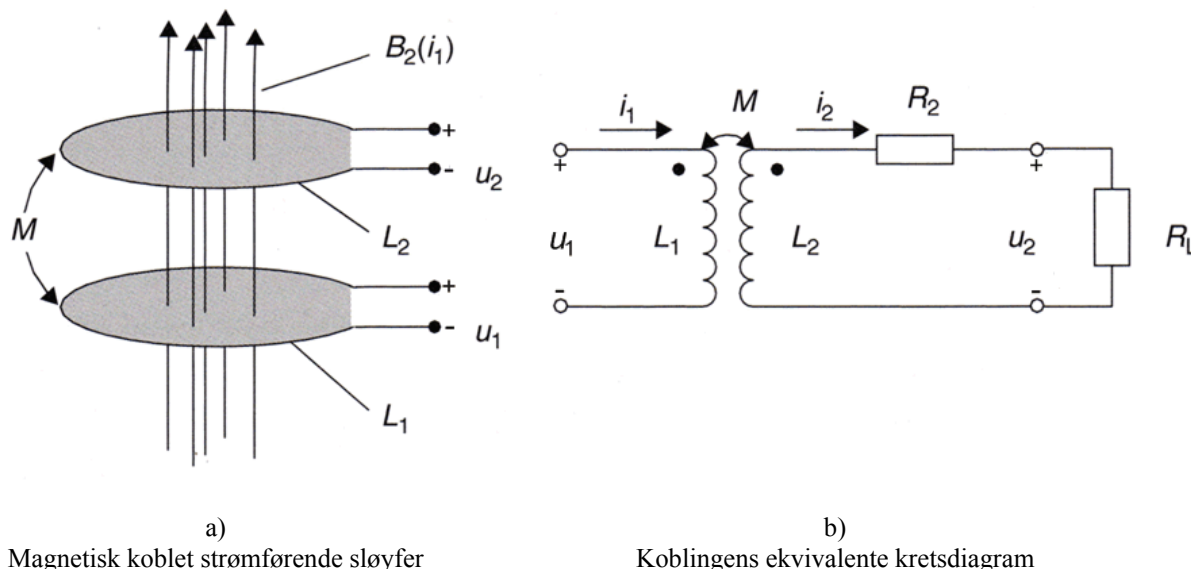
Figur 2.18: Illustrasjon av gjensidig induktans M_{21} mellom to sløyfer. [2]

$$M_{21} = \frac{\Psi_2(I_1)}{I_1} = \oint_{A_2} \frac{B_2(I_1)}{I_1} \cdot dA_2 \quad (2.12) [2]$$

Strømmen I_2 som induseres i sløyfe 2 vil også gi gjensidig induktans M_{12} , og ligning 2.13 viser sammenhengen mellom M i de to sløyfene.

$$M = M_{12} = M_{21} \quad (2.13) [2]$$

Det er kun mulig å gjøre analytiske beregninger for enkle antennestrukturer og plasseringer, og derfor vil bare parallelle sløyfer sentrert på samme x-akse, som vist i figur 2.19 a), bli behandlet. Denne forenklingen gir en av de beste plasseringene, som beskrevet i kapittel 2.4.2.3, og er adekvat for å finne maksimal rekkevidde. Av figur 2.19 b) og Faradays lov i ligning 2.14 kan følgende formel, presentert i ligning 2.15, utledes for spenningen over mikrobrikken, u_2 , der L_1 og L_2 representerer henholdsvis antennen til leseren og transponderen, R_2 er spole-motstanden og R_L representerer strømforbruket til brikken.



Figur 2.19: Magnetisk koblet strømførende sløyfer og dets ekvivalente kretsdiagram. [2]

$$u_i = \oint E_i \cdot ds = - \frac{d\Psi(t)}{dt} \tag{2.14} [2]$$

$$u_2 = + \frac{d\Psi_2}{dt} = M \frac{di_1}{dt} - L_2 \frac{di_2}{dt} - i_2 R_2 \tag{2.15}$$

Fordi i_1 og i_2 er sinusformet kan 2.15 skrives på følgende måte, der vinkelfrekvens, ω , er lik $2\pi f$:

$$u_2 = j\omega M \cdot i_1 - j\omega L_2 \cdot i_2 - i_2 R_2 \tag{2.16}$$

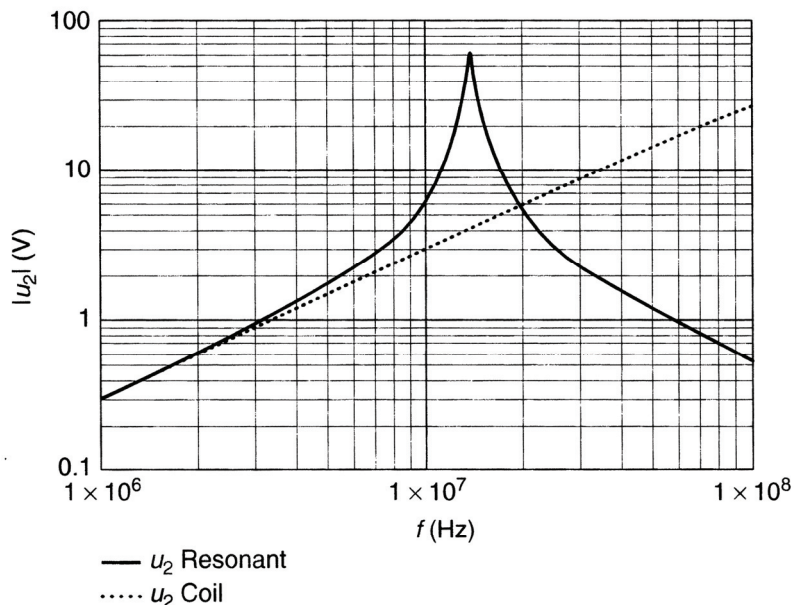
Ligningen kan omskrives på følgende måte:

$$u_2 = \frac{j\omega M \cdot i_1}{1 + \frac{j\omega L_2 + R_2}{R_L}} \tag{2.17}$$

For å drastisk forbedre effektiviteten til den ekvivalente kretsen illustrert i figur 2.19, kobles en kondensator, C_2 , i parallell med transponderspølen, L_2 , for å danne en parallell resonans krets med resonansfrekvens, f_{RES} , som korresponderer med RFID-systemets operasjonsfrekvens. Resonansfrekvensen kan finnes ved å bruke Thomson ligningen, vist i ligning 2.18, og den gir en kraftig økning av spenningen $|u_2|$.

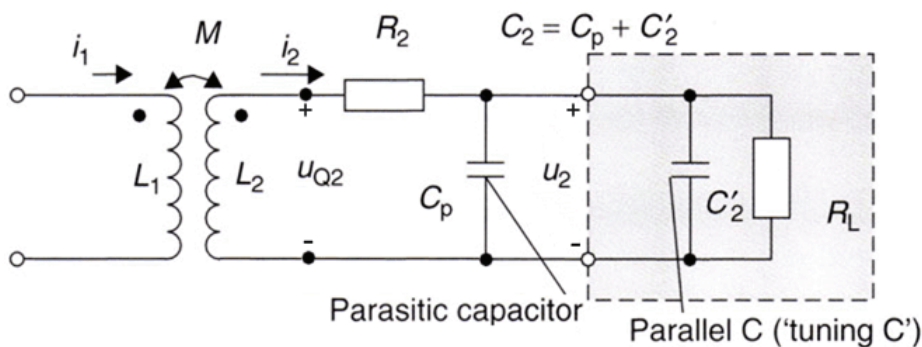
$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_2 C_2}} \tag{2.18}$$

Figur 2.20 viser et realistisk eksempel på økningen av spenningen $|u_2|$ ved resonansfrekvensen, f_{RES} lik 13.56 MHz, innenfor frekvensområde 1 til 100 MHz.



Figur 2.20: Resonansfenomenet, der f_{RES} er lik 13.56 MHz. [2]

I praksis består C_2 av en parallell kapasitans, C'_2 , og en parasittisk kapasitans, C_p , og figur 2.21 viser ekvivalent kretsdiagram for en realistisk induktiv transponder, der u_2 blir som vist i ligning 2.19.



Figur 2.21: Ekvivalent kretsdiagram for en realistisk induktiv transponder. [2]

$$u_2 = \frac{u_{Q2}}{1 + (j\omega L_2 + R_2) \cdot \left(\frac{1}{R_L} + j\omega C_2 \right)} \quad (2.19) [2]$$

Av uttrykket i 2.19 kan man finne, som vist i vedlegg 5, følgende uttrykk for H_{min} :

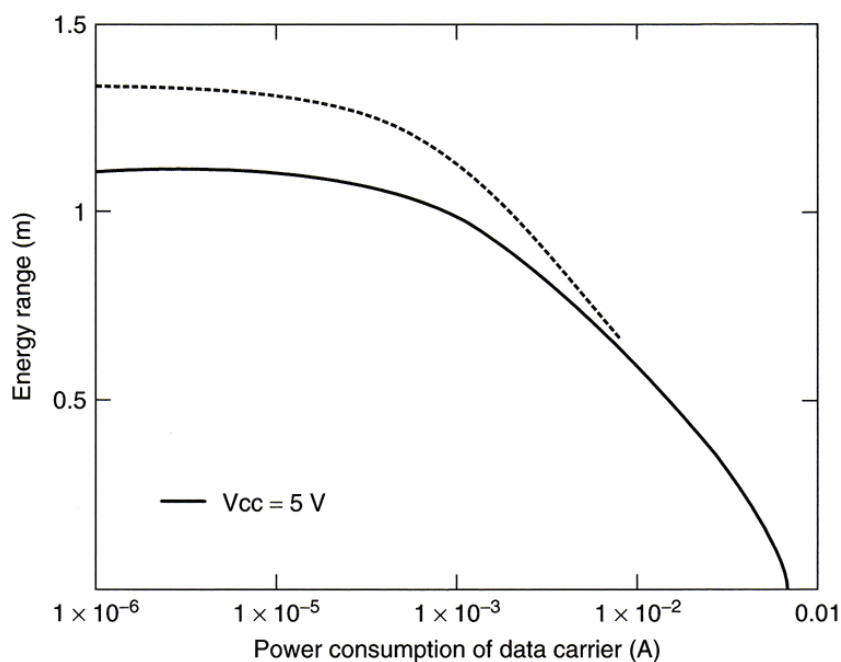
$$H_{\min} = \frac{u_2 \sqrt{\omega^2 \left(\frac{L_2}{R_L} + \frac{R_2}{\omega_0^2 L_2} \right)^2 + \left(\frac{\omega_0^2 - \omega^2}{\omega_0^2} + \frac{R_2}{R_L} \right)^2}}{\omega \cdot \mu_0 \cdot A_T \cdot N_T} \quad (2.20)$$

Når H_{\min} settes inn i formelen for maksimal rekkevidde, gitt av 2.7, kan man finne en formel for rekkevidden til induktive RFID-systemer, som vist under.

$$x = \sqrt[3]{\frac{\left(\omega \cdot \mu_0 \cdot I \cdot r_{\text{ANT}}^2 \cdot N_L \cdot A_T \cdot N_T \right)^2}{4 \cdot u_2^2 \left(\omega^2 \left(\frac{L_2}{R_L} + \frac{R_2}{\omega_0^2 L_2} \right)^2 + \left(\frac{\omega_0^2 - \omega^2}{\omega_0^2} + \frac{R_2}{R_L} \right)^2 \right)} - R^2} \quad (2.21)$$

Rekkevidden som funksjon av strømforbruket til mikrobrikken, gitt av $\frac{u_2}{R_L}$, er vist i figur 2.22

med følgende komponentverdier, som er vanlig for et 13.56 MHz system: $I = 1 \text{ A}$, $r_{\text{ANT}} = 0.4 \text{ m}$, $N_L = 1$, $A_T = 0.048 \cdot 0.076 \text{ m}^2$, $N_T = 4$, $f_0 = 13.56 \text{ MHz}$, $R_2 = 5 \text{ } \Omega$, $L_2 = 3.6 \text{ } \mu\text{H}$ og $u_2 = 5 \text{ V}$ og 3 V . $u_{2\min}$ er vist som hel og stiplet linje for henholdsvis 5 og 3 volt. [2]

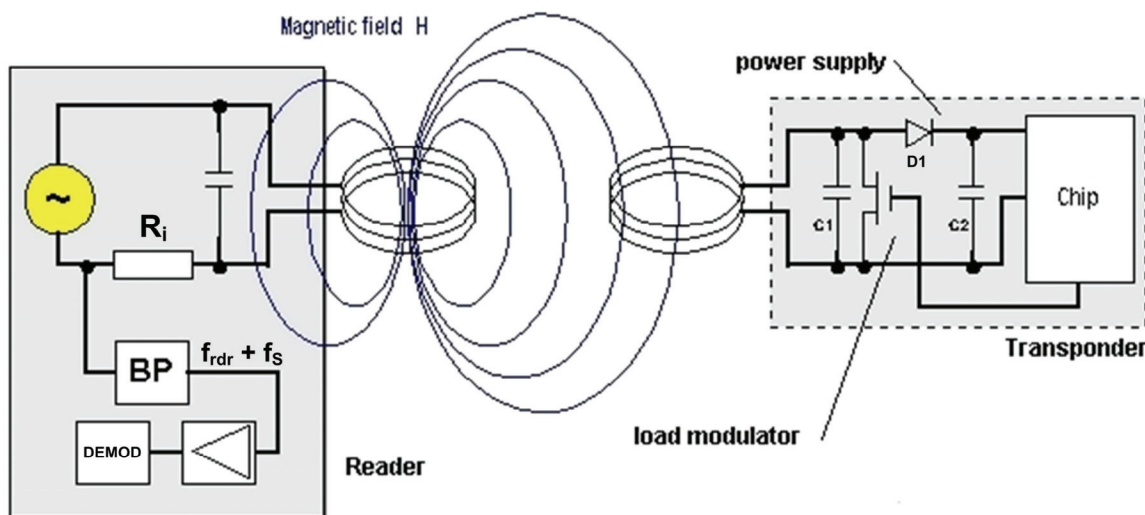


Figur 2.22: Sammenheng mellom rekkevidde og strømforbruk for HF-transpondere. [2]

Av figuren kan man se at rekkevidden ved lavt strømforbruk begrenses til cirka 1.3 og 1.1 m for henholdsvis $u_{2\min}$ lik 3 og 5 volt, men i følge bedrifter med erfaring fra industrien er den praktiske leserekkevidden tilnærmet 0.9 og 0.8 m. Grunnen til avviket kan blant annet være interferens forårsaket av signalrefleksjoner fra omgivelsene. [30]

2.4.2.3 Koblingskoeffisient k

Figur 2.23 viser en induktiv kobling mellom leser og transponder der C_1 danner en parallell resonanskrets med spolen, og spenningen i transponderen blir likerettet av dioden D_1 . C_2 lades opp for å forsyne mikrobrikken med spenning, og selv om det ikke er anvist på tegningen, er det vanlig å koble inn en variabel motstand eller en zenerdiode i parallell med C_2 , for å regulere spenningen over brikken til en fast ønsket verdi. [2]



Figur 2.23: Induktivt koblet RFID-system av type lastmotstand med underbærebølge. [2]

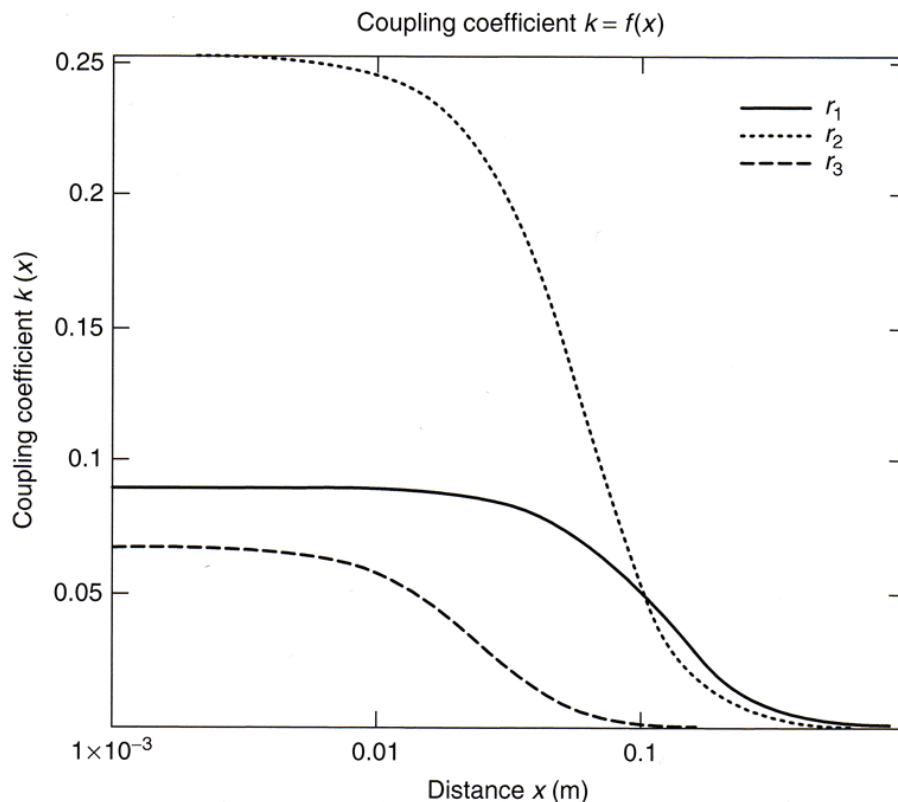
Det er også mulig å bruke koblingskoeffisienten, k , som gir en kvalitativ prediksjon av koblingen mellom ledersløyferne til leser og transponder, uavhengig av geometrisk utforming. Koeffisienten er gitt av ligning 2.22 og kan, som vist i ligningen, variere mellom de to ekstremtilfellene 0 og 1. $k = 0$ tilsvarer ingen kobling mellom enhetene grunnet stor avstand eller magnetisk skjerming. $k = 1$ tilsvarer full kobling mellom transponder og leser, som tilsvarer at begge sløyfene er utsatt for samme fluks, Φ .

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}} \quad \text{der } 0 \leq k \leq 1 \quad (2.22) [2]$$

For to sirkulære og parallelle sløyfer sentrert på samme x-akse, der radien til transpondersløyfen, $r_{\text{Transponder}}$, er mindre eller lik leserløyfen, r_{Leser} , kan følgende tilnærming gjøres:

$$k(x) = \frac{r_{\text{Transponder}}^2 \cdot r_{\text{Leser}}^2}{\sqrt{r_{\text{Transponder}} \cdot r_{\text{Leser}} \cdot (\sqrt{x^2 + r_{\text{Leser}}^2})^3}} \quad (2.23) [2]$$

Av formelen kan man se at $k = 1$ når $x = 0$ og $r_{\text{Transponder}} = r_{\text{Leser}}$, noe som er naturlig ettersom sløyfene er i samme posisjon og utsatt for eksakt lik magnetisk fluks, Φ . Det er derimot vanlig for induktive systemer å ha en koeffisient helt ned mot 0.01, altså mindre enn 1 % kobling. Noen eksempler på koblingskoeffisienter er vist i figur 2.24, der $r_{\text{Transponder}} = 2 \text{ cm}$ og r_{Leser} er: $r_1 = 10 \text{ cm}$, $r_2 = 7.5 \text{ cm}$ og $r_3 = 1 \text{ cm}$.



Figur 2.24: Variasjon av koblingskoeffisienten, $k(x)$. [2]

2.4.2.4 Datatransmisjon fra transponder til leser

Når en transponder med resonans lik systemets operasjonsfrekvens befinner seg innenfor det magnetisk altererende feltet til leserantennen, vil den markant trekke energi av feltet. Energiforbruket kan måles som et spenningsfall over motstanden i leseren, merket R_i i figur 2.23, og dette kan utnyttes for å transmittere data til leseren. Transmisjon kan gjøres ved enten lastmodulasjon, lastmodulasjon med underbærebølge, kalt "subcarrier", eller subharmonisk prosedyre. Ved lastmodulasjon kobles en lastmotstand i transponderen inn og ut i takt med datastrømmen, noe som vil amplitudemodulere signalet, og leseren demodulerer dette ved å likerette signalet.

På grunn av svak kobling mellom leserantenne og transponderantenne vil fluktuasjonen ved leserantennen, som representerer nyttesignalet, være betraktelig lavere enn utgangsspenningen til leseren. I praksis vil et 13.56 MHz system med en antennespenning på 100 V ha et forventet nyttesignal på omtrent 10 mV, og det kreves da dyr elektronikk for å detektere signalet, som ligger 10 000 ganger under antennespenningen. Hvis lastmotstanden blir koblet inn og ut ved en veldig høy elementærfrekvens, f_s , vil det dannes to spektrallinjer i en avstand $\pm f_s$ rundt transmisjonsfrekvensen. Disse er langt enklere å detektere, og dette kan gjøres, som vist i figur 2.23, ved å likerette det båndpassfiltrerte signalet.

Siste alternativet er å benytte en IC som utfører en digital divisjon av transmisjonsfrekvensen f_T , som danner underharmoniske frekvenskomponenter ved $f_T/2$, $f_T/3$, $f_T/4$ og så videre, som lett kan detekteres i leseren.

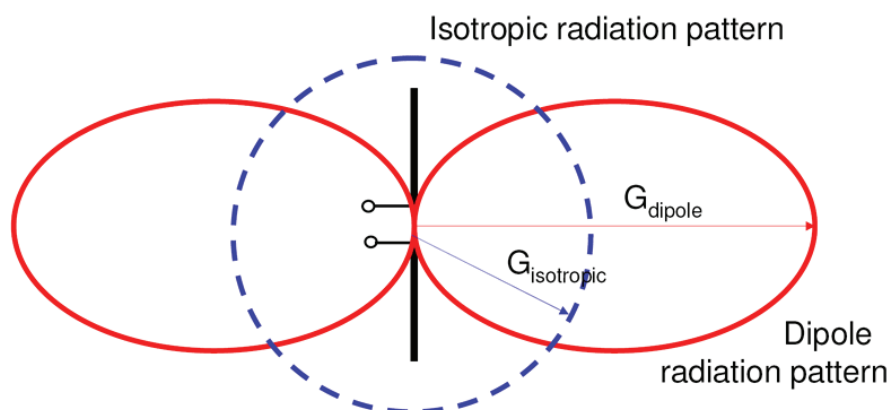
2.4.3 Elektromagnetisk kobling

Av radartechnologien vet man at elektromagnetiske bølger reflekteres av objekter med en dimensjon større enn omkring halvparten av bølgelengden til bølgen. Dette kalles

tilbakespredning, eller ”backscatter”, og hvor godt objektet reflekterer bølgene er gitt av dets refleksjonstverrsnitt. Objekter, og da i dette tilfelle antenner, i resonans med bølgefronten vil ha et spesielt stort refleksjonstverrsnitt, hvilket utnyttes i RFID-systemer med tilbakespredningskobling. Metoden går ut på at leserantennen utstråler elektromagnetiske bølger som transponderen mottar og reflekterer tilbake til leseren. Før rekkevidden til slike systemer blir behandlet, vil begrepene ERP og EIRP bli behandlet.

2.4.3.1 ERP og EIRP

Effekten antennen utstråler måles vanligvis som effektivt utstrålt effekt (ERP) i Europa, og ekvivalent isotropisk utstrålt effekt (EIRP) i Nord-Amerika. Forskjellen ligger i antenneforsterkningen, benevnt som G og vist i figur 2.25, der ERP relaterer til en dipolantenne, mens EIRP relaterer til en isotropisk, også kalt sfærisk, antenne. Ettersom forholdet mellom antenntypene er kjent, kan man enkelt konvertere mellom dem, som vist i ligning 2.24. Ved å utføre en enkel beregning med formelen, kan man se at Nord-Amerikas grense på 4 W EIRP er ekvivalent med 2.44 W ERP, som er noe mer enn lovlig utsendt energi i Europa på 2 W ERP. [31]



Figur 2.25: Strålingsdiagram for dipol og isotropisk, også kalt sfærisk, antenne. [31]

$$P_{EIRP} = P_{ERP} \cdot 1.64 \quad (2.24) [2]$$

2.4.3.2 Rekkevidde

Praktisk rekkevidde er avhengig av energitapet til radiobølgen. For slike systemer gjelder den logaritmiske formelen vist i ligning 2.25 for frittromstapet, $a_{F(dB)}$. Tapet er avhengig av avstanden mellom antennene, r , antenneforsterkningen, G_T og G_R , i henholdsvis transponderens og leserens antenne, samt systemets transmisjonsfrekvens, f . Hvis avstanden eller frekvensen dobles vil tapet firedobles, noe som medfører at hvis signal/støyforholdet skal beholdes ved å utelukkende øke sendeeffekten, ved en slik avstand- eller frekvensøkning, må effekten firedobles.

$$a_{F(dB)} = -147.6 + 20 \log(r) + 20 \log(f) - 10 \log(G_T) - 10 \log(G_R) \quad (2.25) [2]$$

Omgjør ligning 2.25 til et lineært mål og får følgende uttrykk:

$$a_F = \frac{10^{\frac{-147.6}{10}} \cdot r^2 \cdot f^2}{G_T \cdot G_R} \quad (2.26) [2]$$

Snur på ligningen for å finne rekkevidden, r.

$$r = \sqrt{\frac{a_F \cdot G_T \cdot G_R}{10^{\frac{-147.6}{10}} \cdot f^2}} \quad (2.27)$$

Maksimalt frittromstap kan anslås ved å sette inn for gjennomsnittlige komponentverdier. Ved bruk av laveffektshalvlederteknologi kan det produseres mikrobrikker som ikke bruker mer enn 5 μW. Effektiviteten til den integrerte likeretteren ligger vanligvis mellom 5 til 25 % og hvis den antas å være på 10 %, gjør dette at man trenger en mottatt effekt, P_e, i størrelsesorden 50 μW. Dette fører til at hvis man skal være sikker på at det overføres nok energi til å drive transponderen må frittromstapet være som vist i ligning 2.28. [2] [5]

$$a_F \leq \frac{P_s}{P_e} = \frac{P_s}{50 \mu W} \quad (2.28)$$

Sendeeffekten, P_s, settes lik maksimalt tillatt verdi i Norge, EU og Nord-Amerika, som er henholdsvis 500 mW, 2.0 W og 2.44 W. G_T antas å være en dipolantenne, som har forsterkning lik 1.64, og G_R antas å være en isotrop emitter, med forsterkning lik 1. Typiske frekvensverdier for UHF- og mikrobølgesystemer settes inn i ligning 2.27, og resultatet er vist i tabell 2.5.

Operasjonsfrekvens f	UHF 868 MHz	UHF 915 MHz	UHF 930 MHz	UHF 950 MHz	Mikrobølge 2.45 GHz
500 mW	3.5	3.4	3.3	3.2	1.3
Rekkevidde r [m]					
2.0 W	7.1	6.7	6.6	6.5	2.5
2.44 W	7.8	7.4	7.3	7.1	2.8

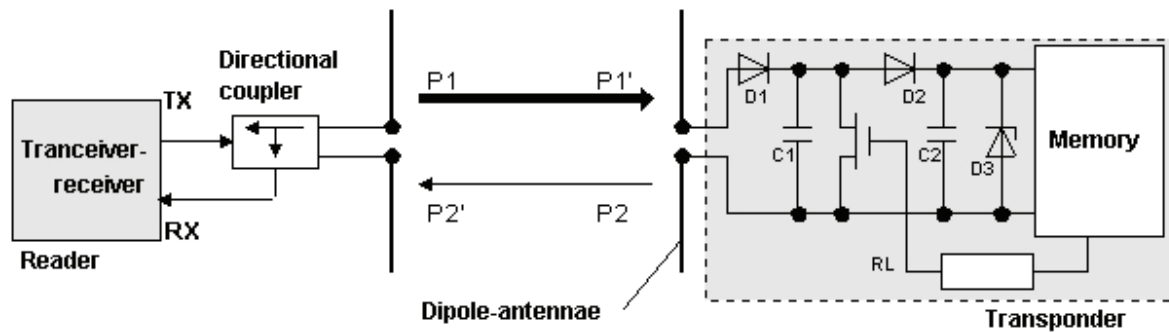
Tabell 2.5: Oversikt over rekkevidde til RFID-systemer.

Dette resultatet stemmer overens med den omtrentlige rekkevidden nevnt i andre kilder, for eksempel RFID Handbook [2], RFID Journal [5], RFID Field Guide [32] og RFID Overview [33]. Av tabellen kan man også se at maksimalt tillatt effekt i Europa og i Nord-Amerika gir en maksimal rekkeviddedifferanse på 0.7 m ved 868 MHz, slik at effektforskjellen har en påvirkning, men kan betegnes som relativt liten.

2.4.3.3 Datatransmisjon fra transponder til leser

Figur 2.26 viser en elektromagnetisk tilbakespredningskobling, der leserantennen utstråler effekten, P₁, og en del av effekten, dempet på grunn av frittromstapet beskrevet i kapittel 2.4.3.2, blir mottatt av transponderen merket som effekten, P₁'. Deler av mottatt effekt blir reflektert, P₂, og ved å forandre refleksjonskarakteristikken til transponderantennen i takt med

datastrømmen, kan det reflekterte signalet amplitudemoduleres. Dette gjøres ved å koble inn og ut lastmotstanden, R_L , i parallell med antennen. En del av det amplitudemodulerte signalet, styrke avhengig av frittromstep, vil ankomme tilbake til leserantennen, merket P_2' , hvilket retningskobleren fører inn til leseren hvor det blir demodulert ved likeretting.



Figur 2.26: Elektromagnetisk tilbakesprednings kobling. [2]

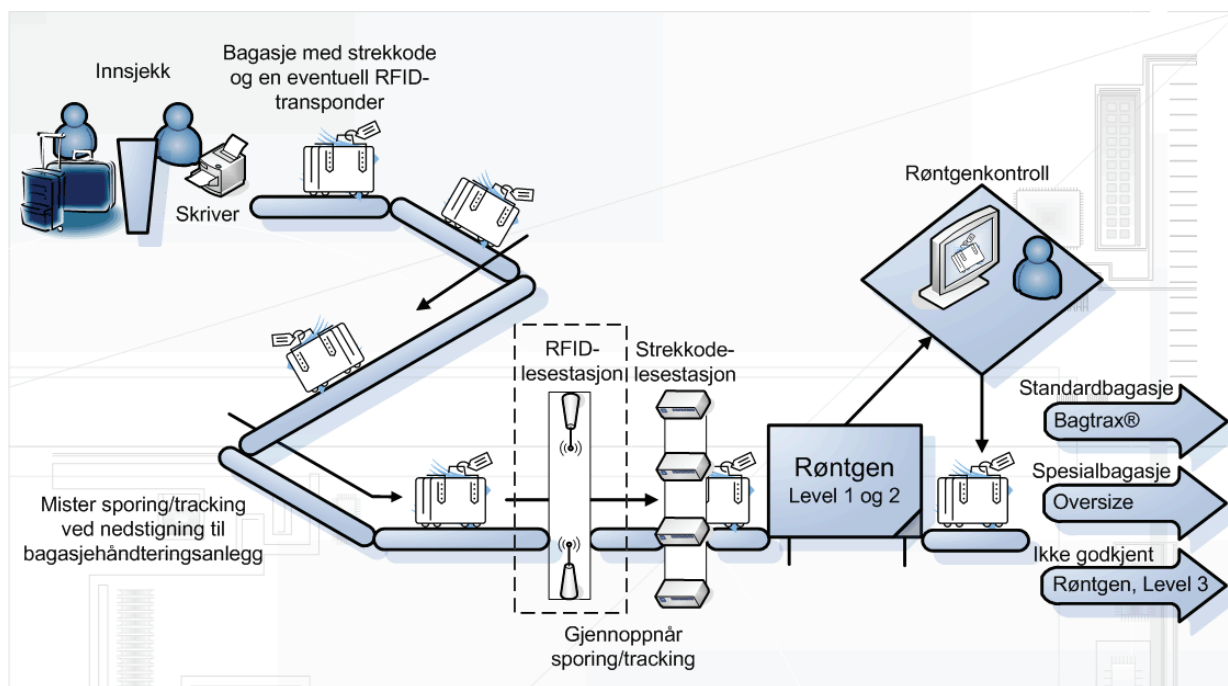
Aktive transpondere kan reflektere tilnærmet all mottatt energi, men for passive, som den vist i figuren, brukes rundt halvparten av mottatt energi til å drive transponderen. Kondensatoren C_1 tilpasses slik at transponderen er i resonans med systemets operasjonsfrekvens, diodene D_1 og D_2 likeretter signalet, mens C_2 forsyner minnet med en fast spenning, regulert av zenerdioden D_3 .

3 Valg av RFID-system

For å kunne velge hvilket RFID-system som passer best ved flybagasjeprosessering på Oslo Lufthavn Gardermoen, ble først bagasjeprosesseringen på flyplassen studert. Deretter ble kravene for et slikt RFID-system satt, i samarbeid med AI og OSL.

3.1 Flybagasjeprosessering

Bagasjehåndtering er en omfattende prosess som kan variere atskillig mellom ulike flyplasser, men nesten alle benytter i dag strekkoder for å spore bagasje. Strekkoden identifiserer bagasjen og består av en 10-sifret kode, kalt IATA-koden, som er globalt unik i 72 timer etter utstedelse. Den gjennomsnittlige sporingsraten av bagasje ligger i følge IATA på 85 %, selv om andre industrieksperter hevder at snittet er nærmere 75 %. Gardermoen har et av Europas mest avanserte bagasjehåndteringssystemer, og ved prosjektstart ble den gjennomsnittlig totale sporingsraten oppgitt til å være mellom 92 til 94 %. En oversikt over første del av prosesseringen, inkludert plassering av RFID-lesestasjon, er vist i figur 3.1. [3] [34] [35]



Figur 3.1: Oversikt over installasjon på Gardermoen.

På Gardermoen er det tre innsjekkingsøyer. Når et kolli mottas ved en av skrankene ved en øy festes en bagasjelapp, også kalt bagtag, med strekkoder, bokstaver og tall på enheten. Maksimal bagasjehøyde og -bredde er henholdsvis 55 og 90 cm, og fotoceller, samt fysiske stengsler, forhindrer at for stor bagasje blir sendt ned i systemet. Slik bagasje, samt de med spesiell utforming og/eller størrelse, betegnes som "oversize"-bagasje, og innsjekkingspersonellet håndterer dem på forskjellige egnede måter, avhengig av trafikkmengde. Etter at bagasjen er merket, sendes den ut i en reservert åpning mellom annen bagasje på transportbåndet, for så å bli forflyttet ned i hovedhallen i kjelleren, ved navn Main Baggage Hall (MBH), for røntgenskanning og videre sortering. [35]

Ved hjelp av programmerbar logisk styrings (PLS)-enheter, koblet til motorene som driver transportbåndet og fotoceller på hvert bånd, kan avstanden mellom bagasjen reguleres ved overgang mellom båndene. Avstanden varierer med øyas belastning, der det ved vanlig og full drift har en avstand på henholdsvis 4.5 og 2.4 m, selv om dagens system kan operere med en minimumsavstand helt ned til cirka 0.4 eller 0.5 m. [34] [36]

Ettersom bagasje kan forandre plassering på båndet, i hovedsak på grunn av båndets bratte nedstiging fra innsjekkingsøyene, må man gjenoppnå sporing, samt korrigere eventuelle forflytninger. Dette gjøres i dag med en kostbar og kompleks 360-graders skannerstasjon, som den vist i figur 3.2, montert før røntgenmaskinen på hver øy. Ideelt kan strekkoden leses uansett orientering og posisjon, men i praksis vil prestasjonene til forskjellige stasjoner variere med modell og leverandør, samt utskriftskvalitet på strekkode. [37]



Figur 3.2: Datalogic strekkodelesestasjon plassert på Oslo Lufthavn Gardermoen.

Etter at bagasjen er belyst i røntgenmaskinen, sorteres oversize-bagasje ut og resten sendes til en av tre lastestasjoner. Der tippes kolliene over i hver sine bagtrax®-tubs, som er små vogner som går på skinner med en hastighet opp mot 6 m/s. Hver har en kapasitet på 1500 kolli i timen. Early Baggage Store (EBS) er en mellomagringsplass for bagasje, men all bagasje sendes etter hvert til sorteringshallen hvor de lastes over på traller og senere transporteres til flyet. [38] [39]

3.1.1 Aktører på Gardermoen

AI var inntil 31. desember 2003 en avdeling i ABB ved navn Logistic Systems, men er i dag et heleid datterselskap av Kongsberg Airport Systems, med separat drift og eget styre. Firmaet er totalleverandør innen løsninger for styring av bagasjesystemer, og kan levere både høy- og lavnivåkontroll av transportbånd, samt databasesystemer for bagasjestyring og -sortering.

Dette kan leveres både som separate løsninger i samarbeid med andre leverandører, eller som totalløsninger for kontroll av hele bagasjesystemer. Noen av bedriftens hovedkunder er:

- Oslo Lufthavn, Gardermoen
- Bergen Lufthavn, Flesland
- Landvetter Lufthavn, Göteborg
- Sturup Lufthavn, Malmö
- Geneva International Airport
- Barcelona Midfield Terminal
- Helsinki Vantaa Airport

OSL driver og eier Norges hovedflyplass, Oslo Lufthavn Gardermoen, og er et heleid datterselskap av Avinor AS, tidligere Luftfartsverket. Bedriften ble stiftet 13. november 1992, en måneds tid etter at Stortinget vedtok å bygge den nye hovedflyplassen, og 10. mai 1996 skiftet OSL navn fra Oslo Hovedflyplass AS til Oslo Lufthavn AS. I 2004 var OSLs driftsinntekter på over 2 milliarder NOK.

3.1.2 Krav til RFID-system

Under prosjektoppgaven, utført som et forarbeid til masteroppgaven, ble en del krav satt i samarbeid med AI og OSL for et RFID-system på Gardermoen. Disse er vist i tabell 3.1.

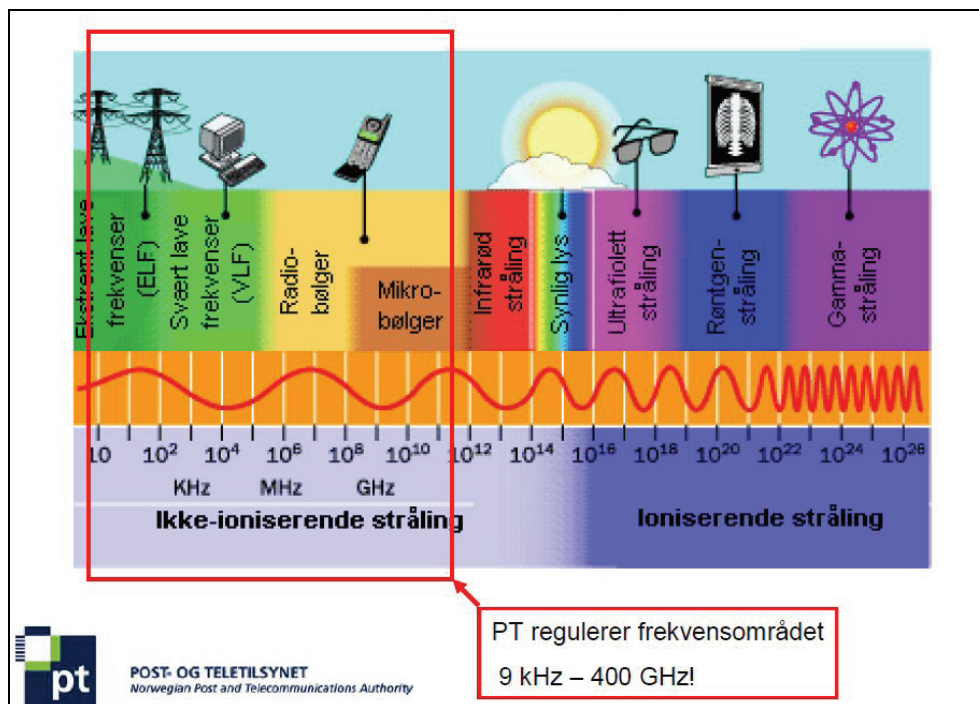
Leser	<ul style="list-style-type: none"> • Leseraten må oppnå en høyere leserate enn det til fungerende strekkodesystem på vestre innsjekkingsøy, og ved oppgavestart ble raten oppgitt til å være mellom 92 til 94 % • Leseren må kunne lese bagasje med vilkårlig plassering og orientering på transportbåndet i en minimumshastighet på 1 m/s • Den må ha en rekkevidde som dekker det 1 m brede båndet • Enheten må være i henhold til nasjonal og internasjonal radio og EMC standard og lovgivning • Den må tåle de metalliske omgivelsene rundt transportbåndet
Transponder	<ul style="list-style-type: none"> • Ettersom hver koffert skal merkes med en transponder som ikke blir tilbakelevert, settes det strenge krav til transponderkostnadene • Minnet til enheten må kunne lagre et identifikasjonsnummer som kan individualisere bagasje på samme måte som strekkodesystemet, samt at det er ønskelig at den også kan inneholde mer informasjon • De må enkelt kunne festes på bagasjen, uten vesentlig merarbeid for innsjekkingspersonalet eller passasjer
Leverandør	<ul style="list-style-type: none"> • Leverandøren av RFID-lesestasjonen skal kunne integrere sitt RFID-system med eksisterende bagasjehåndteringssystem • De må ha bagasjehåndteringserfaring, helst innen luftfartsindustrien • Leveringen må stå ferdig installert og klar til uttesting i løpet av mars 2006

Tabell 3.1: Krav til RFID-teknologien. [2]

Som spesifisert i kravene til RFID-leseren, må systemets frekvens være i henhold til nasjonal og internasjonal standard og lovgivning, og Ekomloven § 6-2 stadfester følgende:

”Frekvenser i det elektromagnetiske frekvensspekteret kan ikke tas i bruk uten at det foreligger tillatelse fra myndigheten.” [40]

I Norge gir PT, som er et frittstående og selvfinansiert forvaltningsorgan underlagt Samferdselsdepartementet, slike tillatelser, og hovedansvarsområdet for etaten er å regulere og overvåke post- og telekommunikasjonssektoren i Norge. PT regulerer lovlig utsendt effekt i det elektromagnetiske spekteret i frekvensområdet 9 kHz til 400 GHz, som vist i figur 3.3, og ettersom RFID-utstyr brukes innenfor dette frekvensområdet må systemet være i henhold til deres reglement. [40]



Figur 3.3: Oversikt over det elektromagnetiske spektrum. [40]

IATA setter globale standarder for luftfartsindustrien, og jobber for at industrien skal ta i bruk RFID gjennom en av fem deler i deres store Simplifying the Business-prosjekt. IATA ble grunnlagt i 1945 av 57 flyselskaper i 31 land og består i dag av over 260 medlemmer. Deres hovedformål er å gjøre luftfartsindustrien tryggere, mer lønnsom og mer effektiv. [41] [42]

De startet sitt nåværende RFID-prosjekt i 2004, men har vært involvert siden 1997. Prosjektets første utfordring var å finne egnet frekvens til systemet, der valget sto da mellom markedets eneste transpondertyper med frekvensene 125 kHz, 13.56 MHz og 2.45 GHz, og etter flere utprøvinger ble 13.56 MHz-systemet valgt i 1999. Implementeringen ble midlertidig holdt tilbake, hovedsakelig på grunn av høye transponderkostnader og vanskeligheter med å lage et globalt system. RFID-systemer kunne ikke globaliseres fordi Nord-Amerika og Europa hadde strenge sendeeffektrestriksjoner i henholdsvis 13.56 MHz og 2.45 GHz båndet. [42]

IATA har produsert en anbefalt praksis, ved navn *IATA Recommended Practice (RP) 1706C* [43], som danner et rammeverk for bruken av RFID til sporing av flybagasje. Denne standarden anbefaler bruk av UHF-teknologien og at lesere skal støtte ISO 18000-6C-protokollen. Standarden ble godkjent ved IATA Passenger Services konferansen i november 2005, og innlemmer blant annet EPCglobal UHF Gen2 air interface protocol, omtalt i kapittel 3.2.2. [3] [44]

3.2 Valg av operasjonsfrekvens

For å kunne finne egnet operasjonsfrekvens til RFID-systemet, ble systemets egenskaper ved forskjellige frekvenser, vist i tabell 3.2, betraktet. Ettersom det i prosjektoppgaven ble klart at PT er villige til å innvilge sendedispensasjon i UHF-båndet, på 2 W ERP, LBT og 100 % sendetid, er rekkevidden i tabellen beregnet ut fra dette. [45]

Frekvens-område	LF 125 – 134 kHz	HF 13.56 MHz	UHF 865 – 956 MHz	Mikrobølge 2.45 GHz
Maksimal leserekkevidde	Passiv: 10 cm Aktiv: Anvendes ikke	Passiv: Mellom 0.9 og 1.3 m Aktiv: Anvendes ikke	Passiv: 7.1 m med 2 W ERP Aktiv: cirka 100 m	Passiv: 1.3 m med 500 mW ERP Aktiv: Uvisst
IATA godkjent	Nei	Ja	Ja	Nei
Generell transponderpris	3.5 – 75 USD	0.5 – 6 USD	0.07 – 0.8 USD	0.4 – 6 USD
Markedsandel per 11.08.04	74 %	17 %	6 %	3 %
Datahastighet	Langsom			Hurtig
Lesbarhet ved væsker og metaller	God			Dårlig
Antennelengde	Lang			Kort
Koblingsmetode	Induktiv	Induktiv	Elektromagnetisk	Elektromagnetisk
Eksisterende standarder	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 11784/85 • ISO 14223 • ISO 18000-2 	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 15693 • ISO14443 A, B og C • ISO 18000-3 	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 18000-6 • EPC C0, C1 og C1G2 	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 18000-4
I bruk siden	1980-tallet	1990-tallet	Sent på 1990-tallet	cirka 1990-tallet
Applikasjoner	<ul style="list-style-type: none"> • Adgangs-kontroll • Industri-automasjon • Dyre-identifikasjon 	<ul style="list-style-type: none"> • Betalings-tjenester • Lojalitetskort • Tilgangskontroll • Antiforfalskning • Element-overvåkning, eksempelvis av bøker, bagasje og tøy • Smarthylle • Person-identifisering og overvåkning 	<ul style="list-style-type: none"> • Bagasje-håndtering • Inventarkontroll • Varehus-forvaltning • Verdiovervåkning 	<ul style="list-style-type: none"> • Elektronisk avgiftsbetaling • Industriell automasjon

Tabell 3.2: Karakteristika til forskjellige RFID-frekvenser. [2] [8] [26] [32] [33] [43] [46]

Av tabellen kan man se at LF og mikrobølge utelukkes, henholdsvis på grunn av lav rekkevidde og høye transponderpriser, i tillegg til at de ikke er IATA-godkjent. UHF overgår kravet til rekkevidde betraktelig, mens HF har en rekkevidde i grenseområdet til hva som er nødvendig for det 1 m brede transportbåndet på Gardermoen. Derimot har UHF dårligere prestasjoner rundt væsker og metaller sammenlignet med HF.

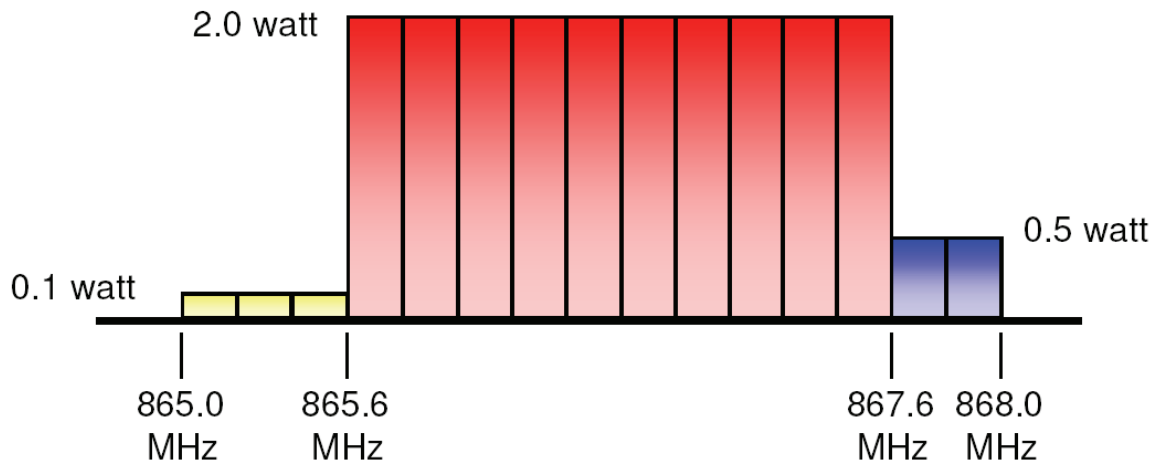
Høyere frekvens og båndbredde fører til høyere datarate, som gir raskere kommunikasjon mellom leser og transponder. Vanlig lesehastighet for 96 bit HF-transpondere er på 50 transpondere per sekund, sammenlignet med UHF som har mellom 100 til 1 000. Tallene avhenger av kapasiteten på leseren, hvilket igjen varierer med produsent og produkt. En utregning av datarate og transponderlesehastighet for UHF-teknologi er vist i kapittel 3.2.1. Hvis man antar at lesesonen er på 1 m, kan en transponder med hastighet på 1 m/sek teoretisk leses 50 ganger i løpet av en passering med HF og mellom 100 til 1 000 med UHF, og begge oppfyller dermed kravet satt i tabell 3.1. I følge RFID Journal [5] er den praktiske verdien vanligvis noe lavere, hvilket har en sammenheng med hvorvidt en antikollisjonsalgoritme brukes og antallet transpondere algoritmen er optimalisert for. [47] [48] [49]

Videre kan man se av tabell 3.2 at UHF har lavere transponderkostnader enn HF, hvilket skyldes i hovedsak at HF har lengre antenner, som igjen medfører høyere produksjonskostnader sammenlignet med UHF. Selv om antennelengden til HF-transpondere er større enn UHF, kan eventuelt begge antennene utformes slik at de får plass inni bagasjemerkelappen. Kostnadene varierer anselig med bestillingsvolumet og transpondermarkedet, som er i relativt hurtig forandring på grunn av økende antall produsenter og kunder. [2]

Det er i dag svært varierende hvilke UHF-frekvensområder som er tilgjengelig til RFID-bruk i forskjellige land og kontinenter, og dette har tidligere vært en stor hindring i forsøket på å lage et globalt bagasjehåndteringssystem. I midlertidig har tester vist at samme transponder kan brukes ved alle disse frekvensene og på grunn av dette, samt lav transponderkostnad og høy datarate, valgte AI og OSL UHF-teknologien til å være den som er best egnet på Gardermoen. [3] [9] [32]

3.2.1 Regulering av UHF-båndet

I september 2004 vedtok de 46 nasjonale kommunikasjonsautoritetene i Europa å fornye reglementet for UHF-båndet, utviklet av European Telecommunications Standards Institute (ETSI), ved å gå fra ETSI EN 300-220 til 302-208. Dette fordi den eldre versjonen begrenser den økende bruken av kortholdskommunikasjon, da især RFID, grunnet begrensinger i transmisjonseffekt og båndbredde. Det nye reglementet i Europa deler opp UHF-området fra 865 MHz til 868 MHz i tre underbånd, kalt bånd 1, 2 og 3, med henholdsvis 3, 10 og 2 kanaler, som vist i figur 3.4.



Figur 3.4: EU-krav, ETSI EN 300-208, for SRD-båndet i UHF-området. [31]

Europas nye reglement ble i løpet av 2005 inkludert i den Europeiske rekommandasjonen for laveffektstyr, beskrevet i ERC/REC 70-03 [50], og implementert i mange europeiske land. Til tross for at Norge vanligvis er raske til å adoptere slike rekommandasjoner ble den, grunnet tidsforsinkelser, ikke tatt med i PT sin forskriftsrevisjon sommeren 2005. Derfor fulgte Norge 302-220-standarden ved prosjektstart, men grunnet planlagt implementering av det nye reglementet i løpet av 2006, innvilget PT for dette prosjektet en sendedispensasjon i henhold til nytt reglement. Tabell 3.3 viser en sammenligning av det nye og gamle reglementet i Europa, samt det i Nord-Amerika bestemt av Federal Communications Commission (FCC).

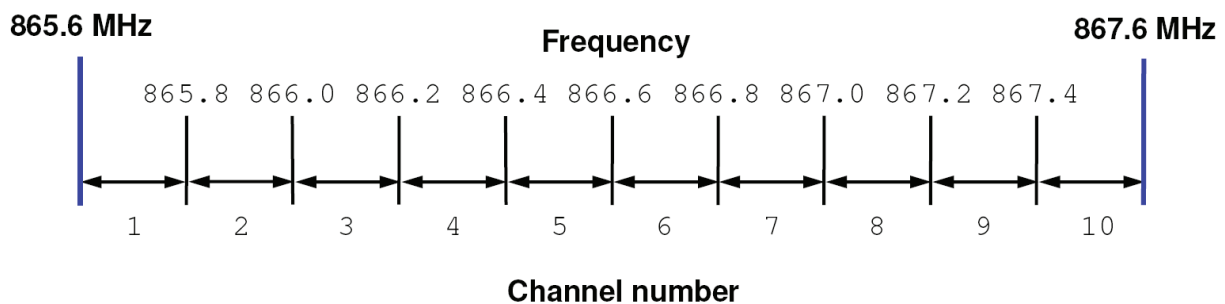
Reglement	ETSI EN 300-220 Tidligere versjon i Europa	ETSI EN 302-208 Ny versjon i Europa	FCC Part 15.247 Nord-Amerika
Frekvens	869.4 – 869.65 MHz	865 – 868 MHz	902 – 928 MHz
Båndbredde	250 kHz	3.0 MHz	26 MHz
Maksimal effekt	500 mW ERP	2.0 W ERP	4.0 W EIRP tilnærmet lik 2.44 W ERP
Antall kanaler	1	15	52
Båndbredde per kanal	250 kHz	200 kHz	500 kHz
Sendebegrensning	10 % driftssyklus, som gir total sendetid på 6 minutter per time	Listen Before Talk (LBT)	Frequency Hopped Spread Spectrum (FHSS)

Tabell 3.3: Krav til RFID-teknologien. [51]

Det nye reglementet erstatter driftssyklus med TDMA-prinsippet, ved navn Listen Before Talk (LBT), hvilket går ut på at kommunikasjonsenheter må finne en ledig kanal å transmittere på ved å lytte til om andre enheter allerede bruker kanalen. Hvis kanalen er i bruk, må enheten fortsette å lytte til andre kanaler til den finner en som er ledig. Dette

FDMA-prinsippet heter Adaptive Frequency Agility (AFA). Når den finner en ledig kanal kan den sende sammenhengende i 4 sekunder før transmisjonen må opphøre i 100 ms, noe som gir andre enheter mulighet til å benytte kanalen. Alternativt kan den, umiddelbart etter sendingen, bytte til en ny ledig kanal og fortsette å transmittere i nye 4 sekunder. Sendere uten LBT har en begrenset driftssyklus på 0.1 prosent. [52]

De tre båndene har forskjellig toleranse for maksimalt tillatt støynivå i en kanal før den betraktes som opptatt, kalt LBT-nivå. Disse er for bånd 1, 2 og 3 henholdsvis -83, -96 og -90 dBm. RFID-systemer i Europa vil med det nye regelverket mest sannsynlig operere i det midtre båndet, ettersom det har bredest båndbredde og tillater mest effekt. Båndet har en kanalinnstilling vist i figur 3.5, og med et LBT-nivå på -96 dBm kan minste avstand mellom to aktive lesere utledes som vist fra ligning 3.1 til 3.5. [51]



Figur 3.5: Europeisk kanalinnstilling av bånd 2 i UHF-området. [31]

Den logaritmiske formelen for dBm, som refererer til 1 mW, er gitt av ligning 3.1

$$P_{LBT\,dBm} = 10 \log \left(\frac{P_{LBT}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \tag{3.1}$$

Snur på ligningen og gjør den lineær.

$$P_{LBT} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{\frac{P_{LBT\,dBm}}{10}} \tag{3.2}$$

Dette gir følgende formel for frittromstapet, når utsendt signal er lik 2 W:

$$a_F = \frac{2\,W}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{\frac{P_{LBT\,dBm}}{10}}\,W} \tag{3.3}$$

Ut fra ligning 2.27 kan man finne følgende formel for rekkevidden:

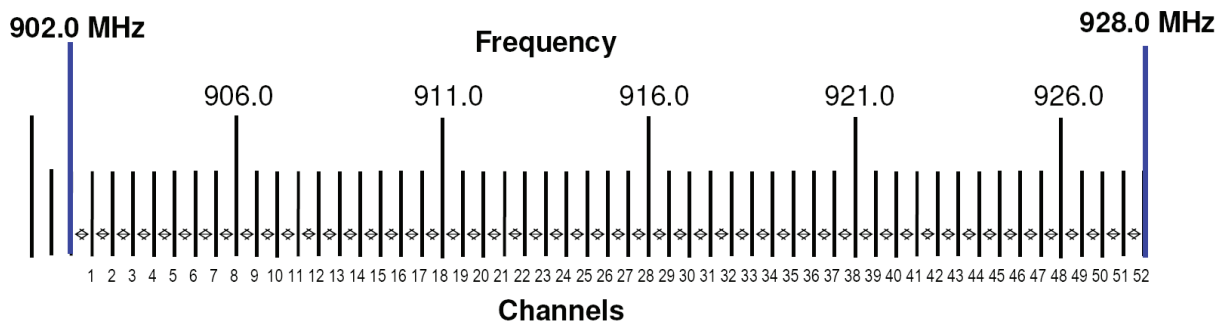
$$r = \sqrt{\frac{2}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{\frac{P_{LBT\,dBm}}{10}} \cdot G_T \cdot G_R} \cdot \frac{10^{-147.6}}{10^{\frac{-147.6}{10}} \cdot f^2}} \tag{3.4}$$

Setter inn i formelen G_T lik 1.64, G_R lik 1, $P_{LBT\ dBm}$ lik -96 dBm, og senterfrekvensen til den kanalen som gir laveste rekkevidde, hvilket gir følgende rekkevidde:

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-24} \cdot 1.64 \cdot 1}{10^{-147.6} \cdot (866.5 \cdot 10^6)^2}} = 100\ 039\ \text{m} \approx 100\ \text{km} \quad (3.5)$$

For at to lesere med 2 W utstråling skal kunne operere på samme kanal uten å forhindre hverandre må de ha en avstand tilnærmet lik 100 km i friluft, men i følge ETSI er den teoretiske verdien nærmere 80 km. På grunn av nødvendig fritt rom i alle retninger er det vanskelig å etterprøve disse verdiene, men avviket kan blant annet skyldes at formel 2.25 ikke tar hensyn til tilleggsdempning, som kan oppstå av for eksempel luftfuktighet. ETSI anslår at den praktiske verdien ved utendørsforhold er tilnærmet lik 20 km, på grunn av demping i naturen fra blant annet elementer som trær, geologisk bakkeformasjon og nedbør. Videre hevder de at ettersom de fleste lesere er installert innendørs i urbane og semi-urbane strøk, vil dette medføre en praktisk rekkevidde på cirka 2 km, grunnet demping fra blant annet vegger og tak i egen og fra andre bygninger. [53]

I Nord-Amerika har FCC bestemt at det er påbudt å bruke Frequency Hopped Spread Spectrum (FHSS) i UHF-området fra 902 til 928 MHz, med kanalfordeling vist i figur 3.6. FHSS metoden går ut på at senderen alternerer hurtig mellom hvilken kanal som er aktiv ved å bruke en pseudotilfeldig tallrekkefølge kjent både av sender og mottaker. [54]



Figur 3.6: Nord-amerikansk kanalinnndeling av UHF-båndet, regulert av FCC. [31]

LBT fører til tilnærmet ingen jamming, men kan forårsake at lesere må bruke relativt mye tid på å finne ledig kanal før kommunikasjon kan begynne. FHSS gjør at noe jamming er uunngåelig, men kan gi leseren mer tilgjengelig sendetid. ETSI hevder at LBT vil gi bedre prestasjoner enn FHSS, ettersom sistnevnte har en atskillig avtagende effektivitet når kanalutnyttelsesgraden overstiger 30 %. [53]

Av tabell 3.3 kan man se at det er stor forskjell mellom avsatt båndbredde i Nord-Amerika og i Europa. Hvis kommunikasjon mellom leser og transponder skal foregå innenfor en kanal, er det mulig å gjøre et enkelt anslag for hvordan denne forskjellen påvirker antall leste transpondere per sekund. For å spare på produksjonskostnadene blir mikrobrikker vanligvis utstyrt med enkle og dårlige filtre, noe som gjør at man får 2. og 3. ordens harmoniske signal-komponenter ved dataoverføring fra transponder til leser. Ved å anta at den Europeiske kanalbåndbredden, BW, på 200 kHz må inkludere minimum tredjeharmoniske komponenter,

samt at signalet har dobbelt sidebånd, blir formelen for tilgjengelig signalbåndbredde følgende:

$$BW_{\text{DSB, 3rd hm}} = \frac{200 \text{ kHz}}{3 \text{rd hm} \cdot 2 \text{ DSB}} = 33.33 \text{ kHz} \quad (3.6)$$

Med en kodingsmetode på $0.5 \frac{\text{bps}}{\text{Hz}}$ gir dette følgende datarate:

$$R = BW_{\text{DSB, 3rd hm}} \cdot 0.5 \frac{\text{bps}}{\text{Hz}} = 16.67 \text{ kbps} \quad (3.7)$$

Hvis man antar at en lesning krever å overføre til sammen cirka 100 bit i kanalen og transmisjonshastigheten til leser og transponder er lik, gir det følgende transponderlesehastighet:

$$\text{Transponderlesehastighet} = \frac{R}{100 \frac{\text{bit}}{\text{transponder}}} = 166 \frac{\text{transpondere}}{\text{sekund}} \quad (3.8)$$

Ved å utføre samme utregningen med BW lik 500 kHz får man en transponderlesehastighet på 415 transpondere per sekund, som er 2.5 ganger raskere enn den utregnet i ligning 3.8. Denne forenklete utregningen inneholder verdier som kan variere, men resultatet er generelt i samsvar med RFID Handbook [2] og RFID Journal [5], samt utregningen foretatt av Kevin Powell 2003 i artikkelen *Passive Radio Frequency Identification (RFID) – A Primer for New RF Regulations* [55]. Det er mange faktorer som må tas i betraktning når man skal gjøre nøyaktige utregninger for å finne velegnede RFID-løsninger til forskjellige bruksområder. Det er flere aktører som jobber med å finne gode løsninger, og i Norge jobber SINTEF med å finne optimale valg mellom utstrålt effekt, tilgjengelig båndbredde, bruk av båndbredde, modulasjonstype, modulasjonsdybde, kanalbredde definisjon, transponderrespons og duty cycle, for å bestemme optimal arkitektur til forskjellige applikasjoner. [56]

3.2.2 EPCglobal UHF Gen2 air interface protocol

UHF-systemer har et globalt varierende RFID-frekvensbånd i Europa, Nord-Amerika og Japan, som henholdsvis bruker 865.6 - 867.6 MHz, 902 - 928 MHz og 950 - 956 MHz, og dette har tidligere vært et stort hinder i forsøket på å lage et globalt UHF-system. Per dags dato er det ikke satt en felles UHF-standard for Asia, men trolig på grunn av at Japan er en av Asias største RFID-aktører, fokuserer de store markedskreftene på å være kompatible med dem.

Med forbedret teknologi har utfordringen blitt overkommet, som vist i kapittel 6.2. Spesifikasjonene til denne teknologien er innlemmet i en ny standard, ved navn EPCglobal UHF Gen2 air interface protocol, også bare kalt Gen2, som en forkortelse av Generation 2. På grunn av at Gen2-transponderne er egnet for global bruk og har et lavt kostnadsnivå, anbefaler IATA at slike transpondere benyttes i bagasjehåndteringssystemer med UHF-teknologi. [3] [23] [32]

Gen2-prosjektet ble initiert i oktober 2002 av MIT Auto-ID senter og etter fullføring av EPCglobal Incorporated stod spesifikasjonene ferdig i 2004. De første transpondere var tilgjengelige i 2005, og tidlig i 2006 ble de solgt i store volum. Gen2 ble 11. juli 2006 fullt akseptert inn i ISO/IEC 18000-6 tillegg 1 standard, som type C. Maksimal skrive- og lesehastighet til denne transpondertypen er betraktelig bedre enn for Gen1, særlig i Nord-Amerika der kanalene har større båndbredde. [23] [57]

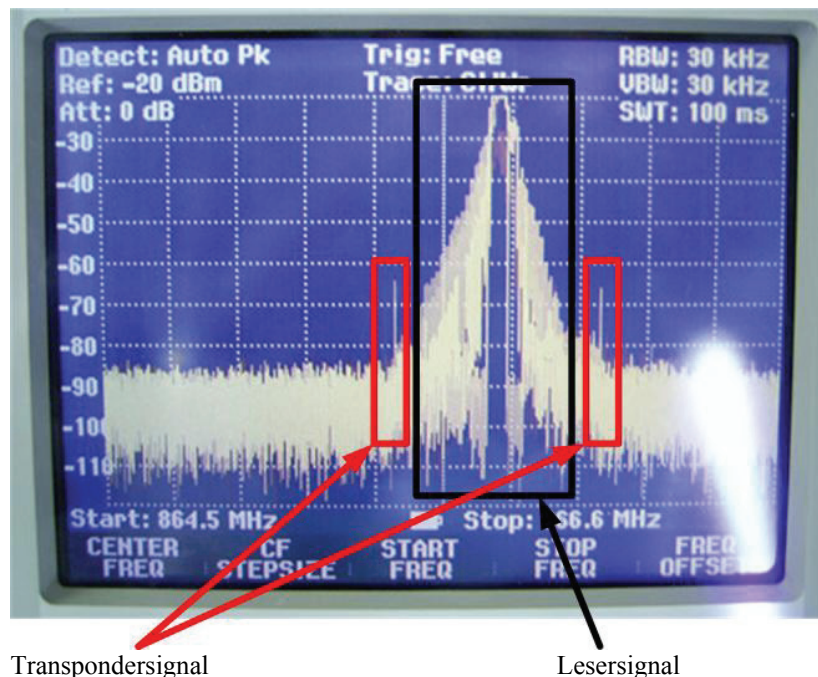
En sammenligning av spesifikasjonene til de forskjellige klasseinndelingene er vist i tabell 3.4, der maksimal lesehastighet av 96-bit transpondere er målt i transpondere per sekund. Den praktiske lesehastigheten vil som oftest være lavere enn den maksimale verdien, men klasse 0 har ingen antikollisjon protokoll, slik at de praktiske målene er tilnærmet lik verdien i tabellen. De vanligste modulasjonstypene for kommunikasjon mellom leser og transponder og mellom transponder og leser er vist i vedlegg 6, og en dyptgående utredning av EPCglobal-standarder er vist i artikkelen *EPCglobal Standard Specification* [58]. [23]

EPC-klasse	Maksimal lese- hastighet av 96-bit transpondere målt i transpondere/sekund		Personvern/ Hemmelig- holdelse	Sikkerhet	Global standard
	Europa	Nord- Amerika			
Klasse 0 og klasse 0+	200	700	24 bits passord	Leser kringkaster Object Identifiser (OID) eller Anonym modus med reduert gjennomløp	Nei
Klasse 1 Gen1	115	230	8 bits passord	Leser kringkaster partiell Object Identifiser (OID)	Nei
Klasse 1 Gen2	460	1 700	32 bits passord og skjult modus	Autentisering og kryptering	Ja

Tabell 3.4: Spesifikasjoner til transponderklassene. [23] [33] [58] [59]

De fleste systemer opererer med en datarate fra 40 til 640 kbps, beskrevet i Gen2-standardens [58], og for å oppnå slike rater bruker RFID-enhetene blant annet hele eller deler av båndbredden til nabokanalene, noe som ikke er ulovlig. Figur 3.9 viser signalelementer til en leser og en transponder, som har en datarate på henholdsvis 40 og 160 kbps, der leser er satt til å sende i kanal 1 i UHF-bånd 2. Dette ble målt med frekvensanalysatoren Rohde & Schwarz FSH6, men på grunn av at frekvensskalaen er satt fra 864.5 til 866.6 MHz vil ikke de ti ruteinndelingene være nøyaktig lik kanalinnstillingen i båndet. Til tross for at hver rute er 10 kHz bredere enn original kanalinnstilling, kan man se at leserensignalet bruker cirka 3 kanalers båndbredde, og transpondersignalet har komponenter som gjør at kommunikasjonen legger beslag på cirka 4 kanaler. Store aktører innen teknologien har, ved utprøvinger av antikollisjonsmetoder, funnet at det er mulig å ha maksimalt 9 og 20 aktive leserenheter i tett fysisk nærhet, for henholdsvis det nye reglementet i Europa og det i Nord-Amerika. Det er

uvisst hvilken datarate som ble brukt i dette forsøket, men eksperimentet viser at flere enheter kan kommunisere samtidig til tross for den brede bruken av båndbredde. [16]



Transpondersignal

Lesersignal

Figur 3.7: Frekvensspekteret med både transponder og leserkomponenter.

3.3 Valg av leverandør

For å finne leverandører til RFID-prosjektet ble flere aktører innen bagasjehåndtering kontaktet i løpet av prosjektoppgaven. De som viste interesse ble tilsendt et skjema med viktige spørsmål om deres erfaring og system, som vist i vedlegg 7. Spørsmålene er i hovedsak hentet fra artikkelen *Plan an RFID Field Trial That Delivers* [60], av Mark Roberti i RFID Journal [5]. Ut fra besvarelsen på skjemaet, og kravene satt i tabell 3.1, ble det i løpet av prosjektoppgaven funnet både HF- og UHF-løsninger fra to leverandørsamarbeidsprosjekter, vist under. I tillegg hadde det tyske firmaet Sick AG [61], som tidligere har levert to strekkodelesestasjoner til Oslo Lufthavn Gardermoen, en HF-løsning som de ønsket å installere. Ettersom det var ønskelig å teste UHF-teknologi, ble det kun fokusert på de leverandørene som kunne levere et UHF RFID-system.

3.3.1 Accu-Sort, Deister Electronic og Maxeta

Accu-Sort Systems Incorporated er en amerikansk bedrift med omtrent 450 ansatte, og har hovedsete i Pennsylvania i USA. De har ervervet seg bred erfaring med strekkode i løpet av 35 år i automatisk identifikasjonsbransjen, og i de siste årene noe erfaring med RFID. Den amerikanske avdelingen har installert fire RFID-lesestasjoner, som står operative på flyplasser i USA, men av sikkerhetsmessige årsaker er bare stasjonen i Dallas offentliggjort. Bedriften har en europeisk produksjonsavdeling i Stahnsdorf i Tyskland, som leverer UHF lesestasjoner basert på utprøvinger i USA. For mer informasjon om bedriften kan firmaets hjemmeside, <http://www.accusort.com> [62], besøkes. I prosjektet vil de ha ansvar for organisering og forberedelser før installasjon på Gardermoen. [62] [63]

Deister Electronic GmbH ble grunnlagt i 1977 i deres nåværende hovedkontor i Barsinghausen i Tyskland, og de har 16 års erfaring med RFID. Bedriften utvikler og distribuerer elektronisk hardware innen strekkode, magnetstripe og RFID, samt software løsninger. Utstyret lages i hovedsak for anvendelse innen adgangskontroll, fasilitetsforvaltning og kontaktløs identifikasjonsteknologi. Innenfor RFID fokuserer de mest på leserenheter, for alle de egnede frekvenser, men i tillegg tilbyr de også noen aktive og passive transpondertyper. For mer informasjon om firmaet og deres produkter, gå inn på <http://www.deister.com> [64]. De vil i prosjektet være ansvarlig for den tekniske lesestasjonsløsningen. [21] [64] [65] [66]

Maxeta AS er per 2005 en arbeidsplass for cirka 60 personer, og har en årlig omsetning på rundt 75 millioner NOK. Firmaet driver agentur for flere ledende produsenter av elektroteknisk materiale i Europa. Bedriften har levert og installert strekkodelesere siden 1981, blant annet cirka 60 omnidireksjonelle strekkodestasjoner og mange hundre lineære strekkodelesere over hele landet, til blant annet Posten og Tollpost Globe. For mer informasjon kan deres hjemmeside, <http://www.maxeta.no> [67], besøkes. Firmaet vil i prosjektet ha ansvaret for RFID-skriverløsningen og med å anskaffe transpondere for uttestingen. [67] [68]

3.3.2 EMS og Tyco Fire & Security

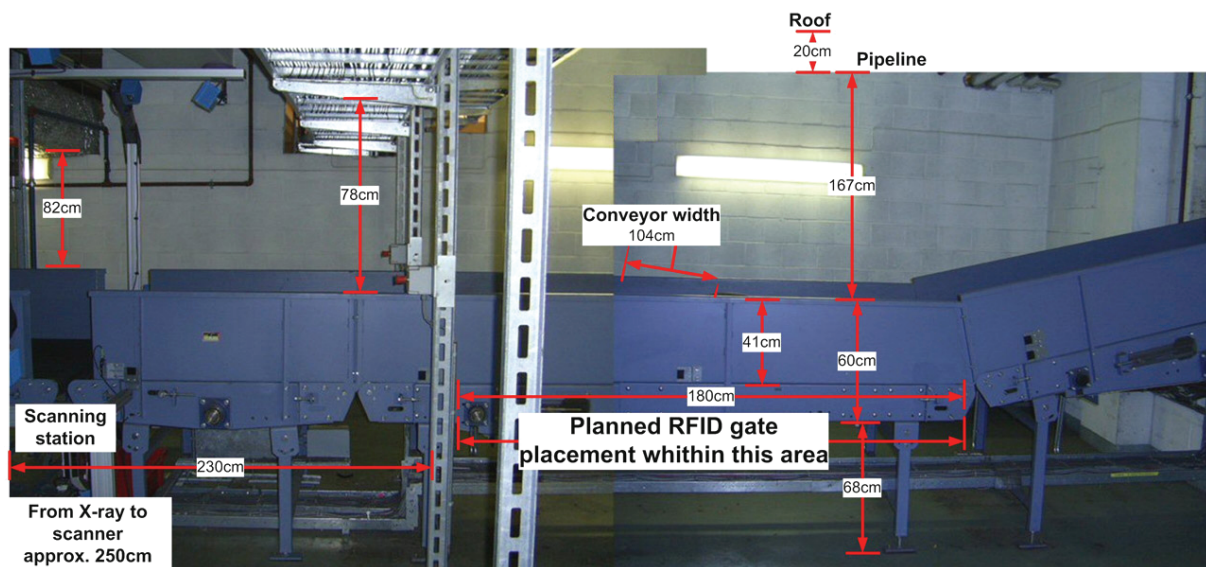
Escort Memory Systems (EMS) ble grunnlagt i USA i 1985 og er i dag en del av Datalogic-kjeden, som har levert strekkodelesere til blant annet Oslo Lufthavn Gardermoen. EMS er et internasjonalt firma som driver utvikling, produksjon og installasjon av RFID-teknologi, og de har en svensk avdeling ved navn EMS RFID AB med fire ansatte. De hadde sitt hovedsete i Santa Cruz County under USAs store satsning på RFID i slutten av 1970-tallet. Denne lokaliseringen, samt bedriftens egne satsinger på forskning og utvikling, muliggjorde å oppnå gjennombrytende teknisk fremgang som har gjort det mulig for bedriften og deres svenske avdeling å være en av de ledende i markedet. Avdelingen har i samarbeid med Arca System og Svenske Retursystem utviklet en RFID-transportpalle, og de har levert RFID-løsninger til Volvo Gent, Volvo Olofström, Volvo Köping, Volvo Umeå, Ford, Toyota, Italienske posten og Swedoor. For mer informasjon, se <http://www.ems-rfid.se> [69]. [70]

Tyco Fire & Security er en stor del av Tyco International Limited Company, og har over 90 000 ansatte, derav blant annet mer enn 33 000 service ingeniører og 950 forsknings- og utviklings ingeniører. Firmaet har cirka 1 200 kontorer og 35 produksjonslokaler i over 100 land, samt en årlig omsetning på over 11 milliarder. Bedriften leverer lesere, transpondere, antenner og RFID-programvare, og de har av Tesco UK mottatt den største offisielt annonserte enkeltordren på 4 000 EPC RFID-lesere og 16 000 antenner. Mer informasjon om bedriften står på deres hjemmesider, <http://www.tycofireandsecurity.com> [71].

For installasjonen på ønsket Gardermoen EMS RFID AB og Tyco Fire & Security å bygge en UHF-lesestasjon med RFID-leser og –antenner, vist i henholdsvis vedlegg 8 og 9. Etter en omvisning på flyplassens bagasjehåndteringsanlegg la de frem et installasjonsbudsjett vist i vedlegg 10, der budsjettet er oppgitt i euro. Ved forhandlinger ble det klart at de ikke ville utføre en installasjon uten at OSL kjøpte RFID-utstyret på forhånd. Det ble derimot klart, etter samtaler med AI og OSL, at det ikke var interessant å kjøpe før de var overbevist om at teknologien kunne innfri de høye prestasjonsforventningene, og det ble derfor valgt å avbryte samarbeidet med EMS og Tyco.

4 Forarbeid før installasjon på Gardermoen

Som beskrevet i forrige kapittel ble det valgt å installere og teste UHF-løsningen til Accu-Sort, Deister Electronic og Maxeta. For å på forhånd kunne best mulig avklare de fleste elementer rundt installasjonen på Gardermoen, ble leverandørene forespurt om å fylle ut installasjonsskjemaet vist i vedlegg 11. Representanter fra firmaene ble gitt en omvisning av bagasjehåndteringssystemet, og etter det ble det holdt et møte der de fleste av spørsmålene i skjemaet besvart [3]. I løpet av møte ble det klart at de ikke kunne installere i februar som avtalt, men i mars eller april grunnet konstruksjonsforsinkelser. For å tilordne slik at RFID-stasjonen ble utformet i henhold til kravene gitt av plasseringsforholdene, ble leverandørene gitt en skisse, vist i figur 4.1, med mål av de fysiske forholdene ved tilegnet lokalisering.



Figur 4.1: Oversikt over de fysiske forholdene i bagasjehåndteringslokalet på Gardermoen.

OSL tillater kun enkle forandringer på sitt system, og disse må utføres når systemet ikke er i drift, hvilket medfører at installasjoner må utføres på natten. I tillegg tillater de ikke forandringer i, eller før, høytrafikkperioder, som høytider og helger. Dette medfører at installasjoner bare kan gjennomføres natt til tirsdag, onsdag, og torsdag. I den forbindelse ble det laget oversiktstabeller, som den vist i vedlegg 12, for når det var mulig å installere RFID-systemet på Gardermoen, og av vedlegget kan man se at det var få tilgjengelige installasjonsnetter i mars og april. [34]

Det finnes flere selskaper som har deltatt i, eller utført, implementering av RFID på flyplasser, og under Passenger Terminal Expo 2006- og Inter Airport Europe 2005-messen ble utstillere og foredragsholdere, fra firmaer og flyplasser som FKI-Logistex [72], F+D [73], Ultra Electronics [74], Lyngsoe Systems [75] og Hong Kong International Airport [76], kontaktet for å lære om deres erfaringer. Det ble da klart at de største utfordringene med de fleste RFID-systemer er vanskelige leseforhold grunnet metall, og at bagasje blir lest i feil rekkefølge grunnet kort avstand mellom bagasje. Som nevnt i kapittel 3.1 vil den gjennomsnittlige bagasjeavstanden variere med trafikkpågang, men kravet til RFID-stasjonen var å kunne skille bagasje som har en avstand på 40 cm. Dette ble leverandørene opplyst om, slik at de kunne ha fokus på dette helt fra start av.

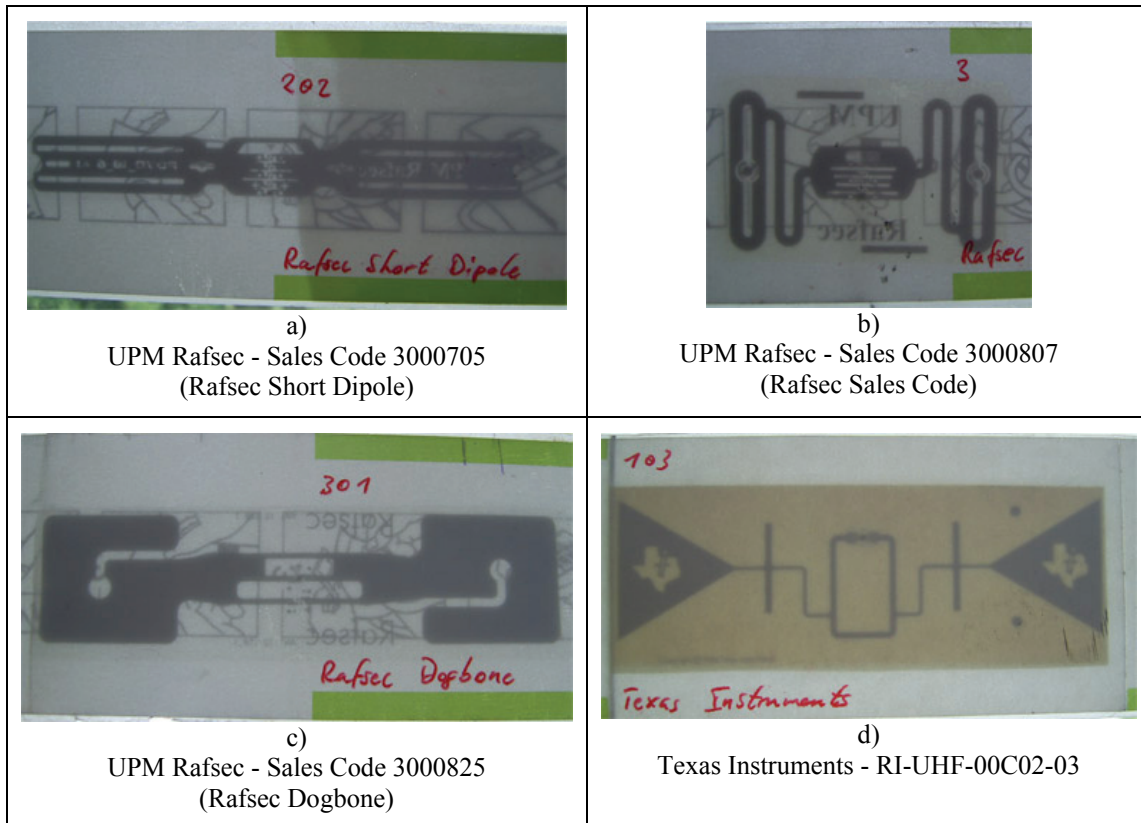
For å minimalisere risikoen for uheldige innvirkninger som kan medføre stopp eller forsinkelser på fungerende bagasjehåndteringssystem, krevde OSL at RFID-systemet måtte være en "stand alone"-løsning, noe som innebærer at data ikke blir overført fra RFID-systemet til fungerende bagasjesystem. OSL ble også skeptisk til å koble RFID-systemet til sitt system, etter at de leste artikkelen *RFID Viruses and Worms* [77] av Rieback, Simpson, Crispo og Tanenbaum, som utreder om muligheten for å smitte et RFID-system med datavirus. Senior Technology Consultant Graham Cluley hos antivirus selskapet Sophos hevder i artikkelen *Sophos calls calm over "RFID viruses"* [78] at rapporten inneholder mange antagelser, og at et system må ha alvorlige sikkerhetsproblemer for å bli påvirket av en viruskode. Videre poengteres det at hvilken som helst lagringsenhet kan inneholde et virus, men det medfører ikke av den grunn at det kan spres omkring i den virkelige verden. [79]

4.1 RFID-skriver og -transpondere

De manuelle operasjonene som utføres av innsjekkingspersonellet medfører usikkerhetsmomenter, og av den grunn var det ønskelig at transponderne ble automatisk festet til hvert kolli. Derfor ble alternativet om at innsjekkingspersonellet selv fester på en transponder på hvert kolli forkastet, og det ble satt som krav at transponderne måtte være ferdig innlagt i bagasjelappullene i henhold til IATAs spesifikasjoner beskrevet i *Passenger Services Conference Resolutions Manual, 25th edition* [80].

For å finne transponderleverandører kontaktet Maxeta flere bedrifter, og blant flere useriøse aktører fant de trykkerfirmaet Mathias Lück, som leverer transpondere innlagt i bagasjemerkelapper i henhold til IATA, som den vist i vedlegg 13 produsert av UPM Raflatac, tidligere ved navn UPM Rafsec. Videre ble det også anskaffet transponderprøver fra Texas Instruments, som det var nødvendig å selv feste på innsiden av bagasjelappapiret. Når en transponder er innlagt på innsiden av bagasjelappapiret betegnes den også som "inlay". Under produksjon fjernes de transpondere som det ikke er mulig å kommunisere med, og på den måten kan trykkeriet tilnærmet garantere 100 % funksjonalitet for hel bagasjerullen. [68] [81] [82] [83]

Til prosjektet ble det i hovedsak anskaffet fire forskjellige inlays; UPM Rafsec - Sales Code 3000705, UPM Rafsec - Sales Code 3000807, UPM Rafsec - Sales Code 3000825 og Texas Instruments - RI-UHF-00C02-03, med antenneutforming vist i figur 4.2, samt datablad henholdsvis vist i vedlegg 14, 15, 16 og 17. I løpet av prosjektet ble det klart at det hadde skjedd en navneforvirring angående transponderne UPM Rafsec - Sales Code 3000705, 3000807 og 3000825. Grunnen for dette var at Deister Electronic benyttet egne kallenavn på dem, henholdsvis Rafsec Short Dipole, Rafsec Sales Code og Rafsec Dogbone, og disse navnene kan derfor finnes enkelte steder i rapporten.



Figur 4.2: Transponderantenneutforminger.

Maxeta anskaffet RFID-skriveren av type Toshiba B-SX4T, vist i figur 4.3, og datablad er vedlagt som vedlegg 18, for å kunne initiere hvert inlay med samme IATA-nummer som skrives på strekkoden. Skriveren har en RFID-leser koblet til en antenne plassert ved det termiske strekkodeskrivehodet. Den kommuniserer med transponderen ved å spole ut en bagasjelapp fra rullen frem til en forhåndsprogrammert plassering, der mikrobrikken er direkte under antennen. Hvis den ikke oppnår kommunikasjon med mikrobrikken ved programmert lokalisasjon, vil den utføre et forhåndsdefinert antall søk innenfor et gitt område for å finne enheten. Når enheten er ferdig initiert, spoler den lappen tilbake igjen, slik at den kan starte skriveprosessen der strekkode og annen informasjon blir påskrevet.



Figur 4.3: Toshiba B-SX4T, RFID-skriver. [84]

Under en demonstrasjon av Toshiba Regional Sales Manager Nordic, Martin Borglin [84] ble det klart at skriverens RFID-komponent er ettermontert, og dens antenne er plassert vinkelrett på normal lengderetning til transponderantennene i bagasjelapprullene. Dette gjør at leserantennen i hovedsak bare utstråler på den midtre delen av transponderen. Dermed oppstår det et problem for skriverens leserantenne å danne et elektromagnetisk felt som er sterkt nok til å indukere nok energi til å drive mikrobrikken, selv om transponderen plasseres direkte under antennen som utstråler ved maksimal styrke.

I følge Andreas Unterbusch, Key Account Manager North Identification and Printing Division i Toshiba [85], er det svært varierende hvilke transpondere som skriveren kan kommunisere med, og han anbefalte å utføre praktiske forsøk for å finne ut hvorvidt skriveren kan lese og skrive til de transponderne som skal brukes i dette prosjektet. Dette ble senere utført, og det viste seg da at alle de fire enhetene, vist i figur 4.2, var kompatible med skriveren, og dermed ble transponderne sendt til Tyskland for uttesting.

4.2 Konstruksjon og testing ved Deister Electronics lokaler i Tyskland

Deister Electronic har ikke tidligere konstruert en RFID-lesestasjon for bagasjehåndteringsindustrien, selv om de har utført flere andre konstruksjoner, som vist på deres hjemmeside. Derfor ble de gitt artikkelen *EPC Bag Tagging Takes Wing* [9], som beskriver en internasjonal storskalatest med UHF-teknologi ved flyplassene Tokyo Narita International Airport, Amsterdam Schiphol Airport og Chicago O'Hare International Airport. Artikkelen har figurer, vist i vedlegg 19, som viser forskjellige utforminger av lesestasjonene brukt ved nevnte flyplasser, og bedriften baserte stasjonskonstruksjonen på disse.

For å finne hvordan konstruksjonen bør konstrueres for å få den mest hensiktsmessige utformingen på lesefeltet, konstruerte og testet bedriften to forskjellige oppbygninger, vist i

vedlegg 20. Det ble da brukt tre UDL 500 leserenheter, som er en leser kombinert med to sirkulære antenner, for sending og mottak av radiobølger. Av databladet, vist i vedlegg 21, kan man se at enheten har et antikollisjonssystem som kan kommunisere med 100 transpondere i sekundet, noe som er i samme størrelsesforhold som det beskrevet i kapittel 3.2.1.

Etter noen utprøvinger ble det klart at for å kunne lese bagasje i riktig rekkefølge med stor sikkerhet når den har minimumsavstanden på 40 cm, krever det en avgrensning av antennes strålingsområde. Dette gjøres ved å skjerme lesefeltet med en innhyllingskonstruksjon, vist i figur 4.4, med elektromagnetisk dempningsmateriale, av type Eccosort AN77 fra Emmerson & Cuming, i veggene, og selvlagde refleksjonsgardiner på de sidene hvor bagasje transporteres inn og ut av boksen [86]. Figuren er hentet fra rapporten *RFID baggage identification - summary of test results from model c*, som er vist i vedlegg 22. Av vedlegget er data for sendestyrke, vist i tabell 4.1, hentet, og tabellen er konstruert for å enkelt kunne sammenligne antennennummer og sendestyrke med figur 4.4. Strålingen ble begrenset til disse verdier for å minske sannsynligheten for at kolli blir lest i feil rekkefølge, derfor ble også antenne nummer 2, som er rettet mot innkommende bagasje, begrenset til 250 mW.



Figur 4.4: Innhyllingskonstruksjon sett fra posisjonen til innkommende bagasje. [86]

Antenne-nummer	4	3	2	1
Sendestyrke	500 mW	250 mW	500 mW	750 mW

Tabell 4.1: Sendestyrke til de fire antennene i lesestasjonen.

For å overholde restriksjonene på stasjonens fysiske størrelse ble UDL 500 leserne demontert slik at bare antennene er plassert inne i boksen. Hver antenne er koblet til en ekstern modulator, bestående av en leseenhet og en sirkulator, som alternerer hvorvidt antennene skal

være i sende- eller mottakermodus. Alle fire modulatorene er koblet til en Data Management Unit (DCU), vist i figur 4.5, som skifter hvilken antenne som til enhver tid er aktiv, dette for å unngå eventuelle leserkollisjoner. DCU-enheten viderekobles, via en USB-kobling, til en applikasjon som er satt til å motta informasjonen fra RFID-systemet.



Figur 4.5: Deister Electronic sin Data Management Unit (DCU).

Helt nederst på figur 4.4 kan man se en fotocelle og dens reflektor. Strålen brytes like før bagasje blir transportert inn i stasjonen, og fotocellen er koblet til DCU-enheten som aktiverer lesefeltet ved brudd, og holder det aktivt i en forhåndsdefinert tidsperiode. Innstillingene til enheten kan forandres med programmet deBus WebConfig, som er designet av Deister Electronic. Bedriften har også laget programmet RDemo, som brukes til å regulere alle innstillinger til modulene, samt til å logge informasjon som utveksles mellom lesestasjon og transponder. Firmaet ga en enkel opplæring av programmene, men grunnet konkurransemessige årsaker kan de ikke videredistribueres eller bli nærmere beskrevet. [87] [88]

4.3 Testing ved Accu-Sorts lokaler i Tyskland

For å få mer realistiske testinger av lesestasjonen med de forskjellige transponderne, samt for å eventuelt oppdage nødvendige justeringer, ble stasjonen transportert til Accu-Sorts lokaler for uttesting. Der har de et transportbåndsystem som kan ved testing av RFID-systemet delvis simulere deler av påvirkningen som omgivelsene på Gardermoen kan gi. Av praktiske årsaker ble testingen utført i løpet av tre dager, og representanter fra Accu-Sort, Deister Electronic og Maxeta, deltok også under testingen.

Før stasjonen ble transportert, ble skjermingsboksen, vist i figur 4.4, byttet ut med en mer robust konstruksjon, vist i vedlegg 23 og 24. Boksen ble bygd opp av aluminiumsarmatur og -plater, samt foret innvendig med et 5 cm lag med absorberingsmateriale. Antennene og modulene ble plassert som vist i vedlegg 25, der pilen i diagrammet angir retningen på bagasjegjennomstrømningen. Antennestykken ble satt til samme effektverdier som vist i tabell 4.1. Stasjonen, vist i figur 4.6, ble montert på et transportbånd som gikk i en lukket sløyfe med en hastighet på 1 m/s, noe som ble kontrollmålt med et digitalt tachometer av type Hornel HT341. Stasjonen ble montert med egne vanger ved dens inngang og utgang for å simulere mulige signalrefleksjoner som kan oppstå grunnet vangerne på Gardermoen

transportbånd. Dette var nødvendig ettersom slike refleksjoner kan medføre at transpondere utenfor stasjonen kan motta energi og at det dermed kan oppstå feillesninger. Fotocellen og reflektoren ble montert på vangen fremst på stasjonen.



Figur 4.6: RFID-lesestasjonen installert ved Accu-Sorts lokaler.

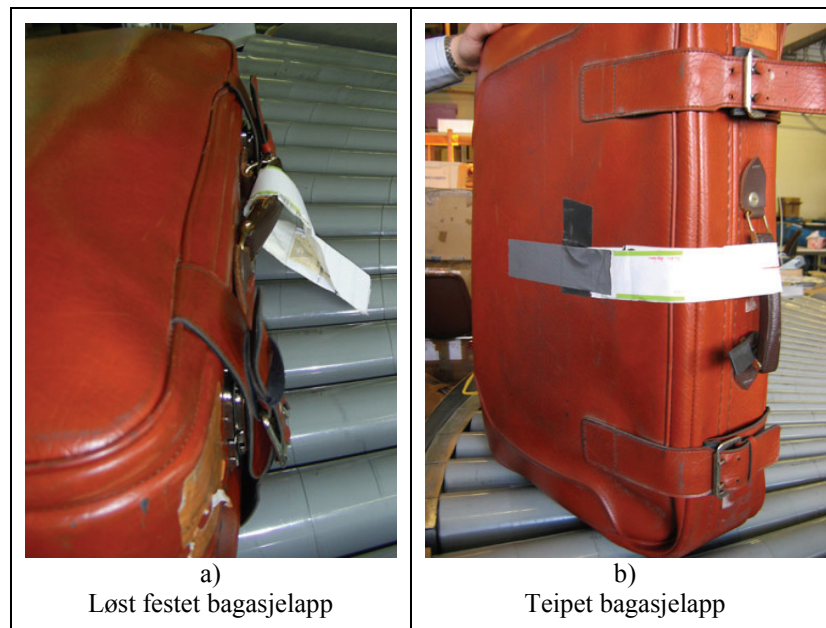
Refleksjongardinen, vist i figuren over, var en midlertidig løsning og det ble antatt at den ikke var robust nok til å tåle påkjenningen fra gjennomstrømming av flere tusen kolli. Derfor bestilte Accu-Sort gardinen MAC-8101 RFID Isolation Curtains fra USA, grunnet dens evne til både å reflektere og å absorbere elektromagnetisk energi, som vist i dens spesifikasjoner i vedlegg 26. Gardinen ble midlertidig stoppet i tollen, og disse forsinkelsene medførte at det ikke var mulig å utføre tester med gardinen før siste dag i testperioden.

Testingen ble utført ved å transportere fire forskjellige kolli med forskjellige utforminger og innhold, som vist i figur 4.7, gjennom lesestasjonen. Aluminiumskofferten inneholdt fastmontert måleutstyr og for å beskytte innholdet ble den lagt i en plastbeholder, som vist i figuren. Ved hver lesning ble transponderinformasjonen logget med programmet RDemo. Selv om det er sjeldent at bagasje inneholder slike kvanta med metall og væske, var det interessant å teste ut hvor mye disse ekstremtilfellene påvirket leseraten til RFID-stasjonen.



Figur 4.7: Testbagasje.

Når bagasje blir skannet av strekkodelestasjonene på Gardermoen kan posisjonen til merkelappene variere atskillig, og derfor ble det sett på i hvilken grad forskjellige posisjoner påvirker leseraten til RFID-stasjonen. Dette ved å utføre tester der bagaselappen er løst festet til kolliet, som vist i figur 4.8 a), og der lappen er teipet til oversiden eller undersiden på kolliet, vist i figur 4.8 b). For å kunne måle hvorvidt bagasje ble lest i riktig rekkefølge til bagasjen, ble transponderne gitt en unik identifikasjonskode og plassert på båndet i en bestemt rekkefølge. Videre ble DCU-enheten konfigurert til å registrere hver transponder ved første vellykkede lesning, for å minske sannsynligheten til å lese i feil rekkefølge.



Figur 4.8: Transponderposisjon i forhold til kolli.

Under den første dagen med testing, den 7. juli 2006, ble kolli med væske, metall og plast, henholdsvis vist i figur 4.7 a), b) og d), brukt for å teste de fire transpondertypene. Med en innbyrdes avstand på 40 cm ble kolli transportert gjennom stasjonen i fire forskjellige posisjoner, for å simulere mulige transponderplasseringer, med ti runder i hver posisjon. Med dette oppsettet, vist i vedlegg 27, var det mulig for lesestasjonen å lese totalt 120 kolli for hver transpondertype, og vedlegg 28 viser logget informasjon fra testingen. Prestasjonene til lesestasjonen er vist i vedlegg 29, og en oppsummering av den prosentvise leseraten til de forskjellige transponderne er vist i tabell 4.2. Ut fra resultatet ble det bestemt at UPM Rafsec - Sales Code 3000807 og 3000825 var uegnede til å bruke i dette prosjektet, og det ble valgt å ikke teste mer med disse. Videre vurdering av resultatet er beskrevet i kapittel 4.3.1.

Tag type	Read rate summary			
	Water inside	Plastic inside	Metal inside	Total
Texas Instruments - RI-UHF-00C02-03	100 %	98 %	80 %	92,5 %
UPM Rafsec - Sales Code 3000807	100 %	100 %	50 %	83,4 %
UPM Rafsec - Sales Code 3000825 *)	90 %	75 %	75 %	82,3 %
UPM Rafsec - Sales Code 3000705 *)	100 %	100 %	98 %	99,2 %
Total read rate for the different bag types	97,5 %	93,1 %	75,6 %	

*) = 1 error in the reading sequence

Tabell 4.2: Total prosentvis leserate 7. juni 2006.

Neste dag, 8. juli 2006, ble Texas Instruments- og 3000705-typen testet, som vist i vedlegg 27, og loggen for hvor mange av de totalt 180 mulige lesninger stasjonen lest er vist i vedlegg 30. Resultatet fra testingen er vist i vedlegg 31, og en oppsummering av den prosentvise leseraten er vist i tabell 4.3. Etter testingen ble den selvlagde refleksjonsgardinen byttet ut med den mer robuste MAC-8101 RFID Isolation Curtain.

Tag type	Read rate summary			
	Metal inside	Water inside	Aluminium suitcase	Total
UPM Rafsec - Sales Code 3000705 *)	98,3 %	98,3 %	75,0 %	90,5 %
Texas Instruments - RI-UHF-00C02-03	85,0 %	100,0 %	33,3 %	72,8 %
Total read rate for the different bag types	91,7 %	99,2 %	54,2 %	

Tabell 4.3: Total prosentvis leserate 8. juni 2006.

I løpet av den tredje dagen ble de to valgte transpondertypene testet med 600 gjennomkjøringer for hver type, som vist i vedlegg 27, og loggfilen fra denne dagen er vist i vedlegg 32. Resultatet av testene er vist i vedlegg 33, med en oppsummering vist i vedlegg 34, og ut fra sistnevnte vedlegg er tabell 4.4 hentet.

Tag type	Read rate summary				Total
	Water inside	Aluminium suitcase	Metal inside	Plastic inside	
UPM Rafsec - Sales Code 3000705	96,7 %	36,7 %	100,0 %	100,0 %	83,3 %
Texas Instruments - RI-UHF-00C02-03	67,3 %	33,3 %	100,0 %	93,3 %	73,5 %
Total read rate for the different bag types	82,0 %	35,0 %	100,0 %	96,7 %	

Tabell 4.4: Total prosentvis leserate 9. juni 2006.

4.3.1 Vurdering av resultat

Av tidsmessige årsaker, og på grunn av dårlige prestasjoner, ble det etter den første testingen valgt å ikke foreta flere tester med UPM Rafsec - Sales Code 3000807 og 3000825. Dirk Engelking [88], fra Deister Electronic, hevder ut fra sin erfaring med transpondere, at det er mest sannsynlig på grunn av antenneutformingen til transponderne. Noen produkter har dårligere prestasjoner ved enkelte brukstyper, og det er trolig at de to transponderne har en utforming som er ugunstig i dette tilfellet. Videre kan man se av resultatene for de tre testene, at den totale leseraten til 3000705- overgår Texas Instruments-typens prestasjoner. Det er bare ved ett tilfelle, vist i tabellene over, at sistnevnte transponder overgår førstnevnte, og dette er ved lesing av kofferten fylt med væske, hvor 3000705 har en total leserate på 98,3 % mot Texas Instruments som har 100 %.

De fleste transponderne ble lest umiddelbart da kolliet kom inn i lesesonen. Transponderne av type 3000705 ble lest feil rekkefølge ved to anledninger, i motsetning til de fra Texas Instruments som alltid ble lest riktig. Feillesninger oppstår trolig når to påfølgende kolli har gunstig og ugunstig antenneposisjon til henholdsvis bakre og fremre transponder, og det er mest sannsynlig antenneutformingen til 3000705, som gjør at den er mer utsatt for dette fenomenet. Det ene av transportbåndene var et rullebånd, og for hver passering flyttet bagasjen delvis posisjon, noe som krevde manuelle korreksjoner for å holde hvert kolli med en innbyrdes avstand på 40 cm. På grunn av vanskeligheter med å holde nøyaktig avstand mellom dem, er det mulig at forflytninger kan ha gitt dem en avstand mindre enn 40 cm, noe som kan ha bidratt til at de ble lest i feil rekkefølge. [88]

Av resultatene kan man se at begge transponderne har svært dårlig leserate for aluminiums-kofferten, hvilket trolig skyldes at aluminiumen reflekterer store deler av den bestrålte elektromagnetiske energien, som medfører vanskelige mottaks- og sendeforhold. Det er

derimot verdt å merke seg at hvert forsøk ga en leserate på 100 % når transponderen er løst festet, og 0 % når den er teipet til undersiden av kolloiet, foruten ett forsøk der 3000705 har 65 % leserate. På grunn av refleksjoner var det forventet lavere leserate i sistnevnte tilfelle, og en mulig forklaring dette er at bagasjelappen ikke var teipet helt inntil kofferten. En annen forklaring kan være at plastbeholderen til aluminiumskofferten påvirker leseraten i positiv favør, ettersom det gir et lite glipp med plasti mellom kofferten og båndet, som muligens slipper igjennom nok energi til å gjennomføre en vellykket lesning.

Den gode leseraten til kofferten med væske kan skyldes avstand og separasjon mellom væske på innsiden i plastkofferten og transponderen på utsiden. Tilsvarende separasjon kan ha vært en viktig faktor for at kofferten som inneholder metall kan ha leserate på 100 %. Det er derfor trolig å anta at væske og metaller inne i bagasjen ikke vil påvirke leseprestasjonene i stor grad, men at en betraktelig større negativ påvirkning vil oppleves når bagasjelappen kommer i nærkontakt med metallkofferter. Leseraten til 3000705 var høyere i nærheten av metall og væske enn tidligere antatt, og på grunn av de gode prestasjonene ble det valgt å bruke transpondertypen ved testing på Gardermoen. Raten til denne typen var ved dag 2 og 3 lavere enn hva OSL hadde oppgitt som rate til fungerende strekkodesystem, men ettersom det ble testet med hva som betegnes som problembagasje, var det forventet at leseraten ville være høyere på Gardermoen.

4.3.2 Kommentarer angående stasjon og testing

Maksimal bagasjehøyde på Gardermoen er 55 cm, og av vedlegg 24 kan man se at stasjonen ble laget med en høyde på 60 cm, noe som ga en sikkerhetsmargin på 5 cm. I løpet av testperioden ble det klart at stasjonens bredde var på 88 cm i stedet for 104 cm, som angitt på figur 4.1. Årsaken til dette var i følge leverandørene at Deister Electronic hadde blitt gitt bredden til Accu-Sorts transportbånd i stedet for det på Gardermoen. Ettersom refleksjongardinen var 100 cm bred ble det klart at den ikke kunne utvides til 104 cm, da dette ville medført en 4 cm glippe. Etter samtaler med Per Viggo Andersen, fra OSL, ble det klart at hvis stasjonen ble utvidet til 100 cm ville det ikke forhindre bagasjegjennomstrømningen. Accu-Sort ble gitt ansvaret for å rette opp i denne feilen ved å utvide det midtre partiet til ønsket bredde.

Kommunikasjonshastigheten ble satt til å være 40 kbps fra leser til transponder og 160 kbps fra transponder til leser med RDemo, og det ga ved lesning frekvensspektrumet vist i figur 3.7. Ettersom det ikke var andre leserenheter i nærheten av stasjonen, ble det naturligvis ikke erfart noen problemer med leserkollisjoner. Det ble i midlertidig klart at det ikke var mulig for lesestasjonen å skrive til transpondere når flere enn én antenne er fysisk koblet til DCU-enheten. Dette fordi skriveprosessen er, som tidligere forklart, en sensitiv prosess, og det er derfor store sjanser for feilskrivning og delvis kommunikasjonssvikt når stasjonen altererer mellom flere antenner i løpet av prosessen. [88]

Det er vanskelig å anslå hvor stor innvirkning den nye refleksjongardinen hadde i forhold til den forrige, ettersom testforholdene ikke var de samme, blant annet ble det brukt noe forskjellig bagasje, samt det ble lagt i en forskjellig rekkefølge. Videre hevder Dirk Engelking [88] i Deister Electronic, at det er svært mange forhold som spiller inn under en RFID-test, slik at det generelt er vanskelig å direkte sammenligne tester opp mot hverandre når de utføres på forskjellige dager under forskjellige forhold. Det ble ikke lagt vekt på å finne forskjellen mellom de to gardinene, da det i prosjektet var mest interessant å teste leseraten til RFID-stasjonen.

5 Installasjon og testing på Gardermoen

5.1 Installasjon

5.1.1 RFID-lesestasjon

Lesestasjonen ble av praktiske årsaker demontert før den ble transportert til Gardermoen, hvor de ble delvis sammenmontert, som vist i figur 5.1, før selve installasjonen. Flyplassens bagasjeanlegg er bygget for 15 000, men håndterer per dags dato opptil 28 000 kolli per dag, noe som fører til at systemet blir svært presset, med liten aksept for forsinkelser eller feil. For ikke å hindre bagasjeflyten til innsjekkingsøyen begynte installasjonen etter siste innsjekk klokken 23:30, og varte til første innsjekk kl 03:30. Denne tidsluken var opprinnelig tenkt større, men grunnet leverandørforsinkelser måtte installasjonen gjennomføres i en høysesongsperiode, med tidenes største antall innsjekk bagasje, der systemet var i nesten konstant drift. [34]



Figur 5.1: Montering av RFID-lesestasjon.

Ettersom installasjonen måtte utføres i en slik høytrafikkperiode, tillot ikke OSL fjerning eller flytting av transportbåndets fotoceller, som tidligere var godkjent for å få plass til RFID-stasjonen. Etter nærmere inspeksjon ble det klart at det var 120 cm med bånd som kunne frigjøres mellom nedadgående transportbånd fra innsjekkingsøyen og båndets første fotocelle. Av vedlegg 25 kan man se at stasjonens lengde er på 158 cm, men ettersom vangene på konstruksjonen bare var laget for å simulere effekten av de på flyplassen, kunne disse fjernes ettersom det trolig ikke ville påvirke prestasjonene.

Etter testingen i Tyskland hadde Accu-Sort monterte bærekonstruksjon og konstruksjonsavstivinger uten å rådslå seg om hvordan dette burde gjøres, og disse, samt modulene, måtte modifiseres for å kunne plassere stasjonen på båndet. Fotocellen til RFID-stasjonen ble

montert foran stasjonen der den ikke ble påvirket av refleksjonsgardinen. For å unngå eventuelle sammenstøt mellom bagasje og RFID-stasjonen, ved innsnevringen fra det 104 cm brede transportbåndet til den 100 cm brede stasjonen, ble det montert to plastplater på hver side av inngangen til stasjonen som delvis senterer bagasje på båndet. Etter at disse modifikasjonene ble utført fikk stasjonen en lengde på 100 cm, og ved å plassere den lengst unna båndets fotocelle ble det forhindre at dens lysstråle brytes grunnet bevegelser til refleksjonsgardinen.

Like før installasjon ble det observert et tilfelle der oversize-bagasje kilte seg fast ved inngangen til røntgenmaskinen, som hadde en bredde på cirka 110 cm og en høyde på 80 cm, og det var et usikkerhetsmoment hvorvidt stasjonen ville medføre slike kollisjoner. RFID-stasjonen ble montert ved et skrått nedovergående bånd som vist i figur 5.2, noe som medførte at den effektive åpningen var på 58 i stedet for 60 cm. Etter at cirka 10 000 kolli hadde passert gjennom stasjonen, var det i midlertidig ikke registrert én eneste kollisjon og faren for dette ble ansett som liten. Frekvensspekteret til røntgenmaskinen ble målt, med tidligere nevnt spektrumsanalysator, for å se om den hadde signalkomponenter som kunne påvirke RFID-stasjonen, noe den ikke hadde. Sendestyrken til RFID-antennene ble satt til samme verdi som den vist i tabell 4.1.



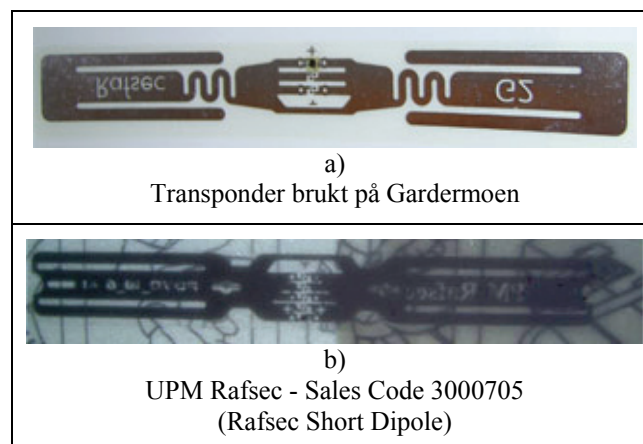
Figur 5.2: Ferdig montert RFID-stasjon.

5.1.2 Transpondere og skrivere

For å måle leseraten, ble det planlagt å initiere hver transponder med tilsvarende identifikasjonsnummer som strekkodens IATA-nummer, ved bruk av RFID-skriveren, og å sammenligne hver lesning til RFID- og strekkodestasjonen opp mot hverandre, med AccuSort sin datakonsentrator av type DT-A3000. Etter samtaler med Johnny Solhaug [89], Senior Site Administrator i Sita, ble det klart at Sita eier alle skriverenhetene på Gardermoen og kun forhåndsgodkjente skrivere kan kobles til Sitas eget operativsystem CUTE. Per dags dato er ingen godkjent skriver kompatibel for RFID, og det tar 8 uker å sertifisere en ny skriver som i tillegg må bestå visse kravspesifikasjoner. Dette medførte at det var nødvendig å selv holde oversikt over hvor mange transpondere som ble sendt gjennom stasjonen og hvor mange som ble lest.

I løpet av prosjektet ble det undersøkt om hvorvidt det var mulig å oppgradere strekkode-skriverne på Gardermoen, av type UBI/IER BT-201e og heretter også bare omtalt som UBI, med en RFID-enhet. Dette var ikke mulig blant annet på grunn av plassproblemer i følge David Berglund [90] i Tyco Fire & Security. Før bestilling av transpondere ble en rull med noen få RFID-bagasjelapper testet på en av UBI-skriverne, og det ble ikke registrert noen kvalitetsforskjell på strekkoden mellom vanlig bagasjelapper og de med RFID. Maxeta opplevde kommunikasjons- og leverandørproblemer med trykkeriet Mathias Lück, ved bestilling av transpondertypen som ble valgt ut fra testresultatene hos Accu-Sort. Trykkeriet ønsket sterkt å levere en ny transpondertype med, i følge dem, langt bedre egenskaper og prestasjoner, men ettersom bedriften ikke kunne presentere måledata fra tilsvarende tester for å bekrefte sitt utsagn, ble det krevd å få transpondere av ønsket merke.

2 000 ferdiglagde RFID-bagasjelapper fordelt på 12 ruller, med 180 lapper per rull, ble mottatt like før installasjon, til en kostnad på cirka 0.95 USD per lapp. Den høye enhetskostnadsprisen er i hovedsak grunnet lavt bestillingsvolum. Det ble i midlertidig klart at til tross for enighet rundt valg av transpondertype, leverte de en annen type som lignet. Figur 5.3 a) og b) viser henholdsvis transpondertypen brukt under testing på Gardermoen, samt valgt type ut fra testingene hos Accu-Sort. Trykkeriet hevder at de er tilnærmet like bare at den nye er delvis forbedret i forhold til den vist i b). Selv om antenneutformingene er noe like, er det vanskelig å bekrefte eller avkrefte dette uten videre testdata. Maxeta ble ikke tilsendt noe datablad for den nye transponderen, og på grunn av sommerferie har det ikke vært mulig å anskaffe spesifikasjonene. [68]



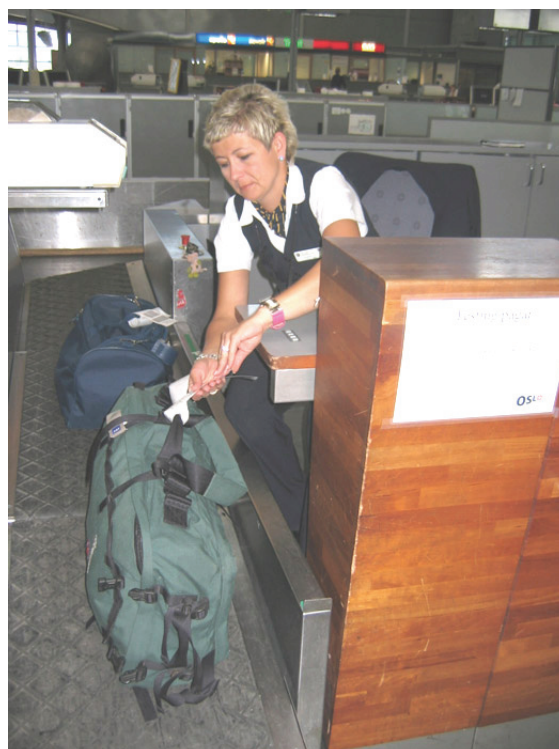
Figur 5.3: Transponderantenneutforming for mulig sammenligning.

Alle de 2 000 transponderne inneholdt samme identifikasjonsnummeret fra produksjon, til tross for forsikringer om unik identifisering fra Maxeta. Det ble derfor nødvendig å gi dem et unikt nummer med Toshiba RFID-skriveren. Under denne prosessen opplevde transponderne påkjenningen av å passere skriverens skrivehode, som presser på bagasjelappene ved passering, for så å bli rullet maskinelt tilbake på rullen. Under denne nummereringen ble de få bagasjelappene som skriveren ikke kunne kommunisere med, merket med streker for å vise innsjekkingspersonellet at de ikke kunne brukes. Det ble i midlertidig klart at lappene var pårullet i motsatt rekkefølge i forhold til hva UBI-skriveren må ha for å skrive informasjon korrekt på lappen, og det ble derfor behov for å rulle dem maskinelt over på nye ruller i motsatt rekkefølge. [68]

5.2 Testing

Til å verifisere at stasjonen fungerte etter installasjon ble noen enkle tester utført med RFID-merket testbagasje, men for å få reell måledata ble det valgt å teste med innsjekket bagasje. Etter ønske fra OSL ble RFID-rullene brukt ved Norwegian-skrankene ved vestre øy. Service Air, som er de som leier ut innsjekkingskrankene til Norwegian, og representanter fra Norwegian ble informert om hva testingen innebar og de videreformidlet informasjon til innsjekkingspersonellet. De ble også gitt arket, vist på første side i vedlegg 35, og skiltet, vist på side 2 i samme vedlegg, for å gi henholdsvis personell og passasjerer kort og enkel informasjon om testingen.

For personellet som ble gitt RFID-ruller, var den eneste rutineforandringen at de måtte ta vare på forkastede lapper og ikke bruke de med striper. Figur 5.4 viser RFID-merking av bagasje ved en av innsjekkingskrankene til Norwegian. På grunn av at flyselskapet sendte oversize-bagasje til andre innsjekkingsøyer, var det nødvendig å notere antallet til disse for å kunne vite hvor mange med RFID som ble sendt ned til stasjonen. Det var først planlagt at innsjekkingspersonellet kunne selv holde oversikt over bagasjelappene, men i følge Hans-Erik Kvernberg [91] i Service Air, var personellet under stort press, og det ble derfor valgt å ha en egen representant ved hver skranke med RFID for å følge med personellet og oversize-bagasje. Det ble forsøkt å logge informasjonen fra strekkodeskriverne for å vite nøyaktig antall utskrevne bagasjelapper, men loggeprogrammet "Comsniff" sluttet å fungere etter kort tid. Ettersom hver skranke likevel måtte overvåkes, ble det valgt å ikke bruke mer tid på å finne en løsning på feilen.



Figur 5.4: RFID-merking av bagasje ved en av innsjekkingskrankene til Norwegian.

Testingen ble utført i løpet av to dager, fra 6. til 7. juli 2006, og i løpet av den første dagen ble én transponderrull brukt til testing. Informasjonen fra RFID-stasjonen ble logget med en PC, og loggen er vist i vedlegg 36. Datamaskinen var uheldigvis konfigurert til å innta hvilemodus

etter 15 minutter, hvilket førte til at måledata for cirka 31 transpondere gikk tapt før feilen ble oppdaget. I vedlegget kan man se transpordernumrene er i synkende rekkefølge, bortsett i fra enkelte tilfeller der numrene er i motsatt rekkefølge. Det ble tolket som mer sannsynlig at dette har oppstått fordi innsjekkingspersonellet har skrevet ut flere lapper og merket bagasjen i motsatt rekkefølge, enn at det har skjedd på grunn av at stasjonen har lest dem i feil rekkefølge. Dette fordi testen ble gjort i en relativt rolig periode, og det var derfor stor avstand mellom hvert kolli.

I løpet av testingen ble det notert antall RFID-merket oversize-bagasje som ble tatt med til en annen øy, men tidspunktet ble ikke notert og det er derfor vanskelig å si med sikkerhet hvilke av dem som var innenfor tidsperioden da datamaskinen var i hvilemodus. Det ble notert 6 oversize-bagasje, og listen mangler 4 nummer. På grunn av denne feilen ble det valgt å forkaste hele testen, og i stedet fokusere på å notere tidspunktet til hver oversize-bagasje ved neste test.

Under den siste dagen ble tre skranker brukt til testing og til sammen ble 384 bagasjelapper med inlays sendt gjennom RFID-stasjonen. Tabell 5.1 viser en oversikt over hendelsesforløpet til skrankene. Enkelte lapper ble forkastet i løpet av prosessen blant annet feilskrivninger som ble gjort av innsjekkingspersonellet, og disse er i tabellen oppgitt som ”Not used tags”. Tabellen er hentet fra vedlegg 37, som viser et sammendrag av testingen den dagen, og av vedlegget kan man se at stasjonen registrerte 371 transpondere, der loggen er vist i vedlegg 38. Dette gir en leserate på cirka 96.61 %, men det vites ikke hvorvidt all bagasje ble lest i riktig rekkefølge, ettersom de ble sendt vilkårlig fra innsjekkingsøyen. Ettersom vestre øy har totalt 24 innsjekkingssskranker, der nesten alle var i bruk, var det som regel bagasje mellom hver RFID-merket kolli. Dette medførte en generell stor intern avstand og det er derfor meget sannsynlig at rekkefølgen var korrekt.

	Check in 1	Check in 2	Check in 3	Total
EPC numbers in the tags	136 to 280	351 to 488	489 to 636	
Tags on the roll	145	138	148	431
- Oversize luggage	13	12	10	35
- Not used tags	3	7	2	12
= Tags in the system	129	119	136	384

Tabell 5.1: Hendelsesforløp til de tre innsjekkingssskranker med RFID.

Av de 384 transponderne som ble sendt gjennom stasjonen var det 13 som ikke ble lest, noe som ga en leserate på 96,61 %.

5.2.1 Vurdering av resultat og forslag til mulige forbedringer

Mulige årsaker for at 13 transpondere ikke ble lest er:

- Transponderne ble ødelagt i løpet av de tre mekaniske omrullinger hvor de ble initiert og lagt i riktig rekkefølge
- Transponderne ble ødelagt av strekkodeskriveren
- Inlay ble ødelagt av dens behandling fra innsjekkingspersonellet
- Transponderne ble ødelagt på transportbåndet i løpet av nedstigningen fra innsjekk
- Leseren klarte ikke å lese fungerende transpondere som passerte gjennom porten, grunnet ugunstig transponderposisjon, lav antennestyrke og/eller -posisjon
- RFID-merket oversize-bagasje ble sendt til annen øy uten at det ble notert

I følge observasjonspersonellet ved skrankene var det uproblematisk å oppdage når RFID-merket oversize-bagasje ble sendt til annen øy, men feil kan ha oppstått grunnet lite søvn etter mye arbeid med installasjon og testing. Det var planlagt å teste med alle de 2 000 transponderne, men på grunn av tidsnød var dette ikke mulig. Under testingen kunne det ha blitt brukt flere innsjekkingsskranger for å få mer måledata, men da ville også usikkerheten for manglende registrering av oversize-bagasje ha økt. Dette fordi det var begrenset med overvåkingspersonell, og hver måtte da ha overvåket flere skranker. En mulig løsning for å unngå behovet for manuell observasjon er å elektronisk overvåke fotocellen ved innsjekk, ettersom den registrerer når kolli blir transportert fra skranken og ut på hovedbåndet, som frakter bagasje ned til innsjekk.

Det er vanskelig å si i hvilken grad den nye transpondertypen påvirket testresultatet i forhold til den som ble valgt etter testingen hos Accu-Sort, og ved senere anledninger bør det utføres tester for å sammenligne typenes prestasjoner. Videre har det vært ønskelig å utføre grundige tester for å se om det er mulig å justere antennestyrke eller -posisjon til verdier som gir bedre prestasjoner, men på grunn tidsnød var dette ikke mulig. Hvis en slik testing har blitt gjennomført og det viser seg at det ikke er spesielle posisjoner eller type bagasje som ikke blir lest, vil det være ønskelig å teste med en annen transpondertype for å se om det gir bedre resultater. Dette med for eksempel Texas Instruments-typen, som ble testet hos Accu-Sort, eller transpondere fra Symbol eller Alien Technology, som er store selskaper med mye erfaring fra RFID-industrien.

Ettersom det ble testet med bare 384 transpondere, ville det ha gitt store konsekvenser for leseraten hvis det har oppstått noe uheldig med enkelte av transponderne slik at de ikke kan leses. Dette vil ikke være like drastisk hvis det skjer med et tilsvarende antall transpondere ved større tester, men da er det også mulig for at flere slike særtilfeller kan oppstå. For å få gode måledata for lesestasjonens prestasjoner i høytrafikkperioder har det vært ønskelig å teste med langt flere innsjekket bagasje, samt å utføre en eller flere stresstester, der cirka 200 til 500 testbagasje blir merket og sendt ned fra innsjekk med en intern avstand på 40 cm. Dersom bagasje ved en stresstest blir sendt gjennom stasjonen i en bestemt rekkefølge vil det også være mulig å oppdage eventuelle tilfeller der transpondere blir lest i feil rekkefølge. Hvis i tillegg ulest bagasje blir testet for å se om transponderen fungerer, kan man få ett innblikk i om det er transponderen eller stasjonen som forårsaker feillesninger.

For å muliggjøre at stasjonen kan skrive til transpondere uten manuell avkobling av antennene, bør en elektrisk koblingsenhet konstrueres til dette formålet. DCU-enheten bør da kunne velge hvilken antenne som skal brukes ut i fra hvilken som har oppnådd best kontakt med transponderen i lesefeltet. Ett annet virkemiddel, som det har vært ønskelig å bruke for å forbedre systemet, er å montere et kamera til å ta bilde av bagasje som ikke blir lest for å finne ut om det er spesielle posisjoner eller lignende som fører til dette.

6 Sammenligning av testresultat

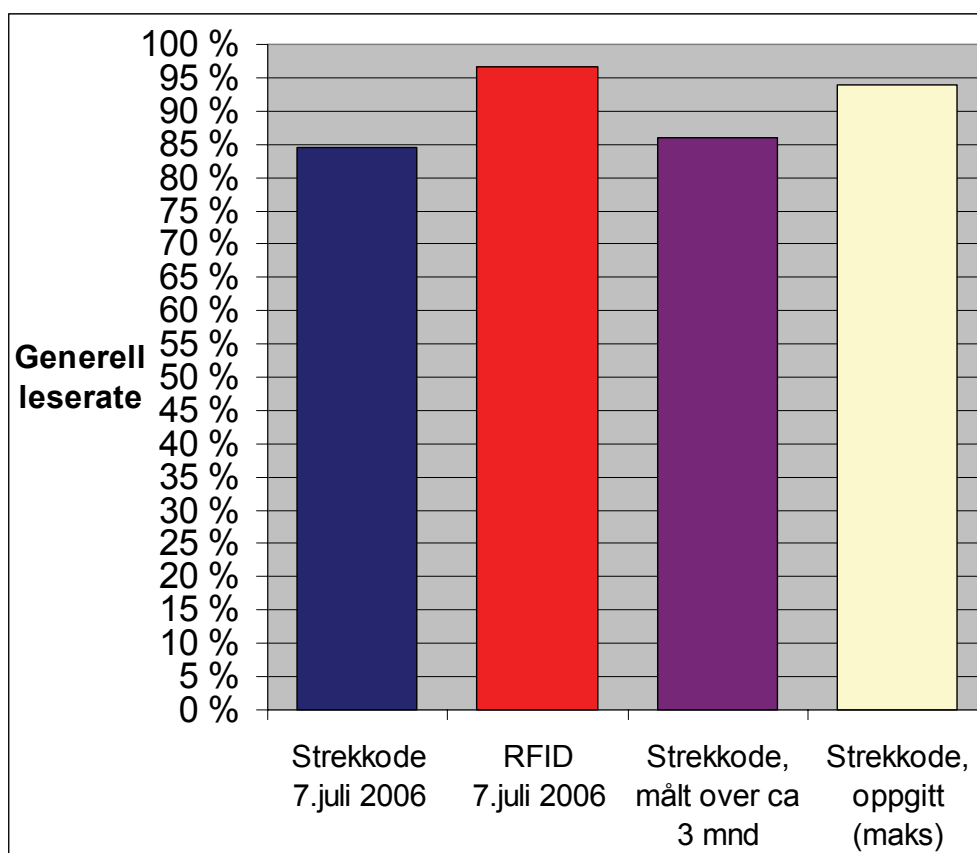
6.1 Strekkode og RFID

6.1.1 Strekkode og RFID-lesestasjon på vestre innsjekkingsøy

Ved vestre innsjekkingsøy var det fra før installert en strekkodeskanner, fra Sick AG, og prestasjonene til strekkode- og RFID-stasjonen er vist i tabell 6.1, samt illustrativt i figur 6.1. Dataen for leseraten til strekkodeskanneren ble anskaffet av Klas Einersen [35], Service Engineer i AI, og er vist i vedlegg 39.

Lesestasjon ved vestre øy	Strekkode, målt 7. juli 2006	RFID, målt 7. juli 2006	Strekkode, målt 20. april - 17. juli 2006	Strekkode, oppgitt (maksimal verdi)
Totalt antall bagasje	3 184	384	217 123	Uvisst
Generell leserate	84.61 %	96.61 %	85.95 %	94.00 %

Tabell 6.1: Sammenligning av prestasjonene til lesestasjonene ved vestre øy.



Figur 6.1: Sammenligning av prestasjonene til lesestasjonene ved vestre øy.

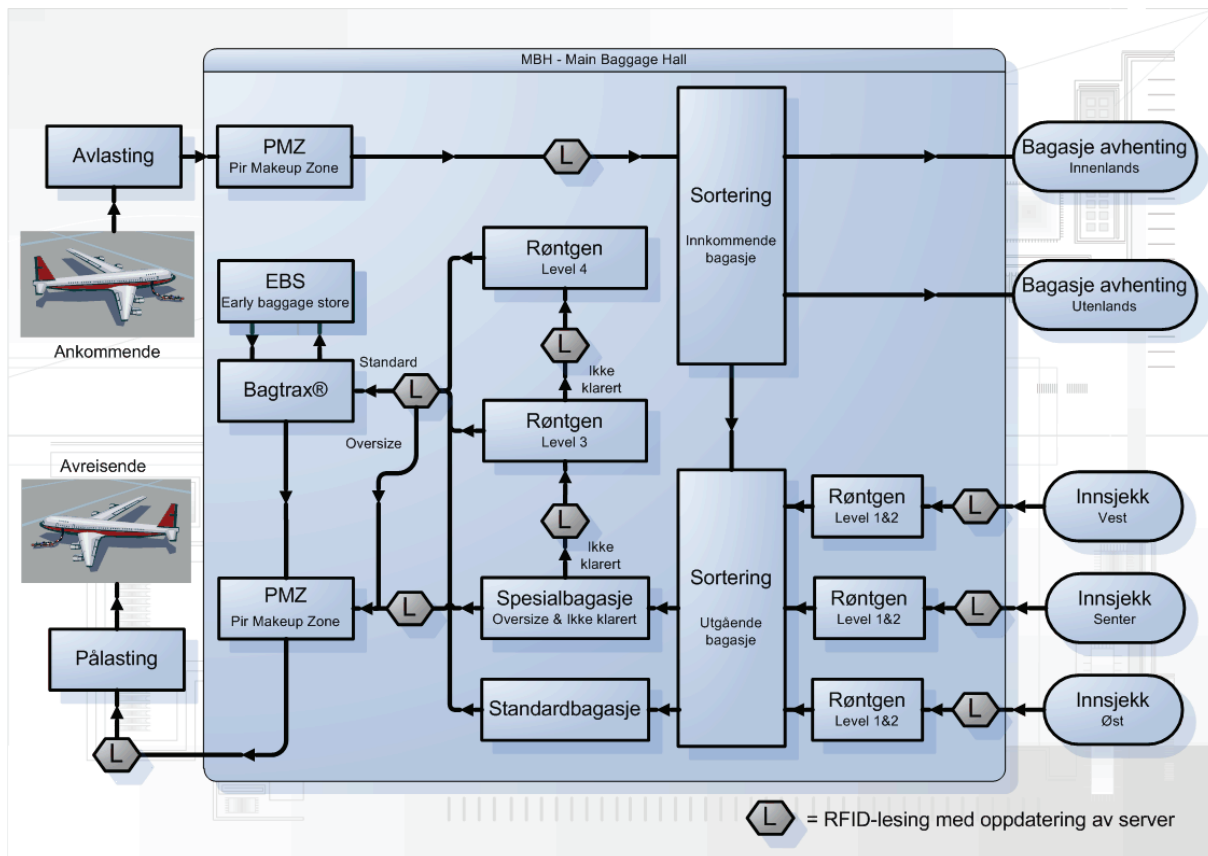
Gjennomsnittlig leserate til strekkodeskanneren ble ved prosjektstart oppgitt til å ligge mellom 92 og 94 %, men i følge vedlegget har den fra 20. april til 17. juli 2006 hatt en gjennomsnittlig rate på 85.95 %, cirka 7.7 til 6 % lavere enn oppgitt. Dette kan skyldes anleggets store belastning og/eller at passasjerer i økende grad benytter muligheten for selvinnsjekk, der de selv fester lapper på egen bagasje, noe som kan medføre ugunstig festing til kolli.

Av tabell og figur kan man se at RFID-systemet har 11 % bedre leserate enn strekkode-stasjonen den 7. juli 2006, mellom 2.6 til 4.6 % bedre enn oppgitt rate og 10.66 % bedre enn målt rate. Det var 490 kolli som ikke ble lest av strekkodestasjonen i løpet av den dagen med RFID-testing. Hvis alle de 3 184 kolloene var merket med transpondere og RFID-stasjonen hadde samme leserate som under testingen, ville det ført til at bare 108 kolli ikke hadde blitt lest. I perioden fra 20. april til 17. juli 2006 ble tilsammen 217 123 kolli sendt ned fra vestre innsjekkingsøy og av de ble 30 506 kolli ikke lest av strekkodestasjonen. Hvis de var RFID-merket, og RFID-stasjonen hadde samme leserate som under testingen, ville 23 145 av disse blitt lest og bare 7 361 forbli uleste.

6.1.2 Generell sammenligning

Den nødvendige infrastrukturen som kreves for å implementere et RFID-bagasjehåndterings-system er relativt billig i forhold til dagens komplekse omnidireksjonelle strekkodelesere med mange bevegelige deler og lesehoder som krever jevnlig vedlikehold. RFID-lesere har ingen bevegelige deler, krever nesten ikke vedlikehold, kan både lese og skrive til transpondere og er mye billigere, i tillegg til at transponderne kan inneholde mer informasjon. Dette medfører at man kan ha mange flere lesepunkter i bagasjesystemet, og dermed forbedre sporingen av bagasjen, noe som igjen kan medføre høyere ytelse og kapasitet og en generelt raskere bagasjeprosessering.

Hvis RFID-teknologien gir leserater på over 99 % vil det være mulig å forenkle bagasje-håndteringssystemene, samt muligens fjerne behovet for sporing av bagasje på PLS-nivå. Dette har ikke vært mulig før på grunn av lav rate og fordi andre deler av håndterings-teknologien, blant annet serverkapasitet og lagringsmulighet, ikke har hatt kapasitet til å håndtere slike store datamengder. Det ble derfor laget en oversikt, vist i figur 6.2, over hvordan systemet på Oslo Lufthavn Gardermoen kan bygges opp hvis det brukes RFID-teknologi. Oversikten er konstruert basert på samtaler med Knut Brenna [92], som er System Manager i AI, fungerende system på Gardermoen og en analyse av RFID i luftfartsindustrien utført av BDC [93].



Figur 6.2: Mulig utforming av RFID-bagasjehåndteringssystem på Gardermoen.

Strekkode på bagasjelappen representerer 10 siffer med 10 forskjellige kombinasjoner, som gjør at hvert siffer må ukodet representeres med 4 bit, og som medfører at hele koden kan representeres ukodet med 40 bit. UHF-transpondere kan som regel lagre 96 bit i minnet, hvilket tilsvarer cirka 776 siffer, og overgår dermed strekkodesystemet atskillig. Dette antallet tilsvarer $8 \cdot 10^{28}$ unikt merkede objekter, som gir tilnærmet $1.6 \cdot 10^{19}$ objekter for hvert menneske i verden. EPCglobal holder nå på å sette bestemmelser for hva den ekstra informasjonen skal brukes til. [2] [9]

Bagasjelappene festes normalt til håndtaket på bagasjen, noe som medfører et problem ettersom håndtaket er den ideelle plassen å holde når man løfter den. Dette resulterer ofte i lapper med krøllede strekkode som er vanskelige å lese. En krøllede smartlabel kan fortsatt leses, selv om det er grenser for hvor mye den tåler før den ikke lenger er lesbar. Transpondere er fortsatt kostbare, til tross for forbedringer i produksjonsprosessen. Nyere utvikling innenfor produksjonen basert på Gen2-standarden ser ut til å kunne tilby lavkostnadstranspondere med god kvalitet. Tabell 6.2 viser en sammenligning av strekkode og RFID-system. [94]

System	Strekkode	RFID
Typisk datakvantitet i bytes	1 – 100	16- 64 k
Datatetthet	Lav	Veldig høy
Maskinleselighet	God	God
Lesbarhet uten hjelpemidler	Begrenset	Umulig
Innflytelse fra skitt og damp	Svært høy	Tilnærmet ingen påvirkning
Innflytelse ved optisk tildekking	Absolutt umulig	Tilnærmet ingen påvirkning
Innflytelse fra direksjon og posisjon	Lav	Tilnærmet ingen påvirkning
Degradasjon/slitasje	Begrenset	Ingen påvirkning
Innkjøpskostnader	Veldig lav	Medium
Driftskostnader	Lave	Tilnærmet ingen
Uautorisert kopiering/modifisering	Delvis mulig	Delvis mulig
Lesehastighet, inkludert håndtering av databærer	Lav, cirka 4 sekunder	Veldig rask, cirka 6 ms
Maksimal avstand mellom databærer og leser	0 – 2 m	0 – 7.1 m, ved 868 MHz og 2 W ERP

Tabell 6.2: Sammenligning av strekkode- og RFID-system. Deler tatt fra RFID Handbook [2]. [88]

Per dags dato slutter sporingen av bagasje når den kommer til sorteringshallen. Med RFID kan man installere billige leseenheter på blant annet trallene som kjører bagasjen ut til flyet, og på båndet som transporterer bagasje inn på flyet. Dette skal ifølge OSL være ønskelig for både flyselskaper og flyplasser, og er et tilleggsområde som er verdt videre utforskning. En mulig utvidelse av RFID i bagasjehåndtering kan være å plassere transpondere i bagtrax®-vognene, og med enkle lesere plassert langs skinnene kan det oppnås full sporing av hver vogn på en kostnadseffektiv måte. Her kan aktive transpondere, samt kjent plassering på vognen bidra til 100 % leserate. [24] [34]

Det er vanskelig å kartlegge alle økonomiske fordeler og muligheter RFID gir, ettersom det kreves samarbeid mellom flyplasser og -selskaper for å bygge opp nødvendig infrastruktur. Dette innebærer analyser av fordeler på tvers av mange forskjellige prosesser, ofte utført av ulike avdelinger og selskaper. I følge flyplasser som har prøvd ut RFID har de oppdaget mange fordelsområder først når systemet var satt i drift. [3]

Den største fordelene med å implementere RFID, er at det kan gi et potensielt billigere bagasjehåndteringssystem med færre feilbehandlinger og større synlighet og pålitelighet i bagasjehåndteringsprosessen. Dette gjør at flyselskapene kan få en lavere kostnad per

passasjer, samt at kundene sjeldnere opplever feilbehandling av bagasje. I følge IATA blir mer enn 17 millioner kolli feilbehandlet hvert år og hver feilbehandling koster flyselskapene gjennomsnittlige 100 USD. Basert på forskjellige utprøvningsperioder, hevder organisasjonen at RFID kan redusere antall tapt og forsinket bagasje med 12 %. Videre hevder de at hvis transponderkostnadene faller til 10 cent, vil industrien årlig netto spare 760 millioner USD. [3] [95]

6.2 RFID-installasjoner og -tester ved andre flyplasser

Hong Kong International Airport begynte som en av de første å bruke RFID på innsjekket bagasje. De startet 1. august 2005 ved å implementere et UHF-system med 11 millioner transpondere, av klasse 0+. Deres system har over 200 lesere og 500 antenner, samt et uvisst antall håndholdte lesere, som kan lese både strekkode og RFID, kalt "dual mode". Utstyret er levert av Symbol og Lyngsoe Systems har stått for integreringen av RFID-løsningen på flyplassen. Leserne bruker frekvensspekteret mellom 920 – 925 MHz og sender med 1 W ERP selv om de har tillatelse til å bruke 4. Dette er trolig for å unngå å lese bagasje i feil rekkefølge. [75] [76]

Før installasjon var den gjennomsnittlige leseraten på 75 %, men etter implementering økte det til mellom 95 og 97 %, noe som har muliggjort en bemanningsreduksjon på 50 % ved hvert av deres lastepunkt i sorteringshallen. Flyplassen skal ha tatt i bruk Gen2-transpondere fra og med juni 2006, men det er uvisst hva deres nye leserate er, selv om de forventet mellom 97 til 100 %. Deres største utfordringer har i følge Howard Eng [76], Airport Management Director ved Hong Kong International Airport, vært:

- Håndtering av bagasje som består av metall eller inneholder væske
- Helsebekymringer pga RF-utstyr, til tross for at EMC-målinger har vist at de utsettes for betraktelig lavere støy enn det de blir utsatt for fra mobiltelefoner
- Lærekurve til operatører av håndholdte RFID-lesere
- Eldre transpondere som har blitt festet til bagasjen ved tidligere reiser

Narita International Airport, i Tokyo Japan, deler opp bagasjeprosesseringssystemet i flere lag, der de nedre vil virke selv om de høyere ikke gjør det. To av deres største fordeler med å bruke RFID er at de kan garantere at bagasjen er gjennomlyst av røntgen og at de kan ha 100 % sporing fra innsjekk. I tillegg har de full prosesseringsoversikt med mulighet til å oppdage og unngå flaskehals og enkeltpunkter, som kan forårsake stopp i hele, eller store deler av systemet, kalt Singel Point of Failure (SPF). [72]

San Francisco International Airport i Las Vegas har årlig cirka 34 millioner passasjerer. Deres første system ble integrert av Alien Technology og besto av 14 lesere med operasjonsfrekvens på 2.45 GHz, Til tross for gode prestasjoner, samt at transponderkostnadene falt fra 0.5 til 0.4 USD per stykke, ble prisen vurdert til å være for høy, og de byttet til et UHF-system. Nåværende UHF-system ble installert for cirka 2 år siden av Symbol og integrert av FKI Logistex. Per mars 2006 hadde systemet en leserate på 97.5 %, som har medført en arbeidsbesparelse på 500 ansatte og en tilbakebetaling av investering etter bare 25 dager. Dagens status på implementering av Gen2-transpondere er noe uklar, men i mars forventet de at det ville bli utført i løpet av sommeren 2006 og at den ville gi en leserate på over 99 %. RFID-systemets to største leseproblemer oppstår når transpondere kommer for nærme hverandre, og hvis det er mye metall i, eller i nærheten av, lesefeltet. [72]

Quatrotec, som er en del av Alien Technology, har i samarbeid med Sick AG laget UHF-stasjonen, vist i figur 6.3, som består av fire lesere fra Alien og åtte strekkodelesehoder fra Sick. Stasjonen begrenser antennens stråling, og kan ifølge produsenten unngå å lese transpondere hvis de ikke befinner seg direkte inne i boksen, noe som betyr at lesefeltet er begrenset til å ligge ganske nøyaktig mellom søylene til selve konstruksjonen. Stasjonen var ferdig til produksjon i løpet av februar 2006, og ble kåret, etter utfordrende tester av Wal-Mart, til markedets beste lesestasjon. Tidligere i prosjektet ble Sick vurdert som RFID-leverandør, men ved oppgavestart informerte de om at deres UHF-løsning ikke var planlagt ferdig før cirka juni 2006, til tross for ferdigstilling i februar, og derfor ble de ikke valgt som leverandør i dette prosjektet. [30]



Figur 6.3: Kombinert strekkode- og RFID-lesestasjon, konstruert av Quatrotec og Sick.

På grunn av usikkerhet om hvorvidt UHF-transpondere virkelig kan fungere globalt, da hovedsakelig ved de tre regulerte sonene Nord-Amerika, Europa og Japan, inngikk flyselskapet United Airlines og U.S. Transportation Security Administration (TSA) en avtale med flyplassene Narita i Tokyo, O'Hare i Chicago og Schiphol i Amsterdam, for å bekrefte dette. De brukte 100 000 Symbol EPC Gen1 klasse 0+ transpondere i dette prosjektet og totalt installerte Symbol 22 UHF AR400 lesere og cirka 55 antenner. Mid South Graphics festet transponderne på innsiden i bagasjelappene, og brikkene ble kodet med en 10-sifret kode for å simulere IATA-koden. Etter koding ble de festet til testbagasje i Tokyo og sendt til Chicago før de ble videresendt til Amsterdam og tilbake til Tokyo igjen. Ved hver flyplass var lesere installert slik at bagasjen ble lest både ved ankomst og avgang. Frekvensområdet, samt leseraten til de forskjellige flyplassene, er vist i tabell 6.3. [9]

Flyplass	Frekvensområde	Ankomst	Avgang
Tokyo, Narita	950 - 956 MHz	99.2 %	100 %
Chicago, O'Hare	902 - 928 MHz	100 %	99.2 %
Amsterdam, Schiphol	865.6 - 867.6 MHz	99.2 %	99.4 %

Tabell 6.3: Leserater ved internasjonal testing av UHF.

Tabellen viser svært gode leserater og totalt gir det en gjennomsnittlig rate på 99.5 %, som er cirka 2.9 % bedre enn den oppnådd på Gardermoen. Den trolige grunnen for at leseraten er høyest for avgang ved Tokyo Narita og ankomst ved Chicago O'Hare, er fordi disse

lesningene var de to første og bagasjelappene var ennå ikke blitt utsatt for store stresspåkjenninger fra frakthåndteringen. Mulige årsaker til den økte leseraten ved denne testen i forhold til den utført på Gardermoen, kan være:

- Leserne fra Symbol er bedre designet enn lesestasjonen fra Deister Electronic
- Symbol sin transpondertype har bedre prestasjonsevner enn den brukt på Gardermoen
- Testbagasjen er tom eller inneholder RFID-egnet materiale, som for eksempel plast og papir
- Bedre innstillinger av antenneposisjon og eller -styrke
- Større testmengde og dermed sikrere måledata, som ikke blir påvirket i tilsvarende grad hvis noen få transpondere ikke kan leses grunnet uheldige forhold, så lenge antall tilfeller ikke er proporsjonalt med testmengde

7 Diskusjon

RFID er ingen moden teknologi innen flybagasjeindustrien, men internasjonale tester har vist at UHF-teknologien kan ha globalt høye leserater, fra 99.2 til 100 %, til tross for frekvensforskjeller. På Gardermoen ble det oppnådd en rate på cirka 96.6 %, da 13 av 384 transpondere ikke ble lest, og hovedårsakene til resultatforskjellen er trolig grunnet ugunstige leserinnstillinger, testforhold, dårlige transponderprestasjoner og/eller lesestasjonsegenskaper. [9]

Det var planlagt å utføre flere tester for å oppnå mer måledata, samt å eventuelt finne bedre innstillinger for antennestykke og -posisjon, men på grunn av leverandørforsinkelser var det ikke tid til dette. Lesestasjonen vil ikke bli demontert før om tre måneder, slik at flere tester kan utføres senere for å prøve å forbedre systemets prestasjoner. Ved å teste med mer innsjekket bagasje, samt å gjennomføre en eller flere stresstester med cirka 200 til 500 RFID-merket testbagasje, plassert i en bestemt rekkefølge fra innsjekk og med en intern avstand på 40 cm, vil de gi sikrere og mer nøyaktig måledata for systemprestasjonen. Hvis i tillegg uleste kolli blir testet for å se om dens transponder fungerer, kan man få et godt innblikk i om det er transponderen eller stasjonen som forårsaker at kolli ikke blir lest. Dette ble ikke utført grunnet tidsmangel, samt vanskeligheter med å anskaffe nok testbagasje.

Ut i fra testingen hos Accu-Sort ble det klart hvor viktig det er å velge transpondere med gode egenskaper. Etter den første dagen kunne man se at forskjellen på leseraten med den beste og den dårligste enheten var på cirka 17 %. For et RFID-system som prøver å oppnå svært høye leserater vil et fall på 17 % medføre at RFID-systemet mister en av dens viktigste fordeler. Under testingen på Gardermoen var det nødvendig å bruke en annen transpondertype enn den som ble valgt ut i fra testingen hos Accu-Sort. I følge trykkeriet har de tilnærmet like egenskaper, selv om den nye har litt bedre prestasjoner, men produsentene kunne ikke verifisere dette med testdata fra tilsvarende tester og det var ikke mulig å selv teste dette grunnet tidsnød.

Andre transpondertyper enn de som ble testet i dette prosjektet kan ha bedre prestasjoner, men dette er uvisst ettersom det kun var mulig å teste med de nevnt i rapporten. Det var ønskelig å velge blant et bredere utvalg Gen2 transpondertyper, særlig de som har blitt brukt i lignende tilfeller, men det var vanskelig å få tak i forskjellige typer transpondere, på grunn av lavt bestillingsvolum og en del useriøse aktører. Hvis ikke de nevnte tester kan øke leseraten fra 96.61 % på Gardermoen, bør andre transpondertyper eller lesestasjoner prøves. [68]

Det var planlagt å installere i februar eller mars, men dette ble ikke gjort før i til juli. Den store forsinkelsen skyldtes i hovedsak at Accu-Sort hadde interne problemer i Tyskland, og valgte å nedprioritere prosjektet. Dette, kombinert med dårlige kommunikasjonserfaringer, gjør at det anbefales å benytte andre leverandører, som for eksempel Symbol, Sick og Alien Technology, ved senere installasjoner. Bare i løpet av prosjektutførelsen har flere store selskaper, som de nevnt over, lansert RFID-lesestasjoner som har oppnådd høye leserater ved tilsvarende tester. [21] [24] [96] [97] [98]

I følge RFID Journal [5] ligger prisen for bagasjelapper med RFID i dag mellom 0.2 til 0.4 USD per stykk ved store bestillingsvolum, mens vanlige bagasjelapper ligger rundt 0.07 USD. Prisforskjellen er fortsatt stor, men hvis de nevnte fordelene ikke oppveier den økte materialkostnaden per kolli, kan robuste aktive transpondere i plastemballasje, som passasjerer kan gjenbruke etter et kjøp, være et alternativ. Ved innkjøp av transpondere var

enhetskostnadene på 0.95 USD per stykke, noe som skyldes lavt bestillingsvolum. Ettersom AI og OSL i første omgang var interessert i å teste RFID-teknologien, ble det ikke gjort investeringsanalyser for å finne hvilke verdier de forskjellige faktorene må ha for at flyplasser og -selskaper kan oppleve akseptable vilkår for tilbakebetaling av investering. Ved innføring av RFID på flyplasser bør pådriverne begynne med å gjennomføre tiltak der de enkelt kan oppleve fortjenesten av implementeringen. Det anbefales da å velge ikke-proprietære løsninger, da de kan låse kunden til en potensiell ”blindgate”-løsning. [9] [99]

Ettersom Deister Electronic aldri før har konstruert en RFID-stasjonen til dette formålet kan stasjonen betegnes som en prototyp, og i likhet med de fleste prototyper vil det mest sannsynlig være muligheter til forbedringer. Da mulige leverandører ble vurdert var det vanskelig å oppnå kontakt med de få store RFID-aktørene som tidligere hadde offentliggjort gode prestasjoner fra tilsvarende installasjoner. I løpet av prosjektet har det vært en atskillig økning av bedrifter som har oppnådd erfaring innen industrien, og som har offentliggjort måledata til å bevise dette. Gjennom deltakelse ved Passenger Terminal Expo 2006- og Inter Airport Europe 2005-messen, ble det oppnådd kontakt med mange av disse, og de fleste virket svært positive til et mulig samarbeid. Det er derfor ingen åpenbar grunn for at AI bør binde seg til leverandørene av det installerte systemet på Gardermoen. Hvis det ikke er mulig å oppnå høy leserate med installert RFID-system, bør leverandører med mer erfaring og gode internasjonale resultater velges ved senere installasjoner.

Med stadig økende flytrafikk vil det i fremtiden trolig stilles høyere krav til merking av bagasje, blant annet for sporbarhet gjennom forskjellige bagasjehåndteringssystemer og informasjonskapasitet. Per dags dato er bagasjehåndteringsprosessen svært ressurskrevende med tanke på system, personell og økonomi. Med RFID har det blitt oppnådd bedre leserater enn med andre sporingsmetoder. Dette, i kombinasjon med synkende transponderkostnader, vil mest sannsynlig føre til økt implementering innen luftfartsindustrien. Flyplasser kan med økt sporbarhet, samt flere lesepunkter grunnet billigere lesestasjoner, oppleve økt pålitelighet, samt bedre oversikt og synlighet ved håndtering av bagasje. Dette vil ikke bare være fordelaktig for flyplassen, men også for flyselskaper som kan gjøre store innsparinger ved å oppnå kontroll over uavhentet og eventuelt feilsendt bagasje. [3] [37]

8 Konklusjon

Passive UHF Gen2-transpondere vurderes som best egnet til sporing av flybagasje grunnet høy datarate, mulighet for global kompatibilitet og lave enhetskostnader ved store bestillingsvolum. Accu-Sort, Deister Electronic og Maxeta ble valgt som leverandører grunnet deres erfaring innen identifikasjons- og luftfartsindustrien. Etter konstruksjon av en RFID-lesestasjon og testing med forskjellige transpondertyper ble UPM Rafsec Sales Code 3000705 funnet til å være best egnet for testing på Oslo Lufthavn Gardermoen. I juli 2006 ble RFID-systemet installert og testet på flyplassen, og ved testing med 384 innsjekket kolli hadde systemet en leserate 96.61 %.

Oppgavens mål var å oppnå en høyere leserate enn det til fungerende strekkodesystem ved vestre innsjekkingsøy på Gardermoen. Gjennomsnittlig leserate til strekkodeskanneren ble ved prosjektstart oppgitt til å ligge mellom 92 og 94 %, men fra 20. april til 17. juli 2006 har den hatt en gjennomsnittlig rate på 85.95 %. RFID-systemet hadde en rate som er mellom 2,6 til 4.6 % bedre enn oppgitt rate og 10.66 % bedre enn målt rate. [35]

Selv om leseraten til RFID-systemet var høyere enn hva som ble satt som mål for systemet, var det ønskelig å utføre flere tester for å prøve å forbedre systemets prestasjoner. Dette ved å teste med mer bagasje og eventuelt forandre antennestyrke og -posisjon og/eller transponder-type, men på grunn av tidsnød var dette ikke mulig. En internasjonal flybagasjehåndterings-test med RFID ga leserater fra 99.2 til 100 %, som er bedre enn hva noen andre tidligere har oppnådd med andre sporingsmetoder og viser at teknologien har et svært godt potensial. Hvis det ikke er mulig å oppnå høy leserate med installert RFID-system på Gardermoen, bør leverandører med mer erfaring og gode internasjonale resultater velges ved senere installasjoner. [9]

Den høye leseraten, kombinert med synkende transponderpris gjør at RFID er svært egnet for flybagasjehåndtering. RFID kan forhindre unødvendig bruk av tid og plass i systemet, samt tilnærmet unngå behovet for manuell skanning. Med økt sporbarhet, samt flere lesepunkter grunnet billigere lesestasjoner, kan flyplasser oppleve økt pålitelighet og bedre oversikt og synlighet ved håndtering av bagasje, noe som ikke bare vil være fordelaktig for flyplassen, men også for flyselskaper som kan gjøre store innsparinger ved å oppnå kontroll over uavhentet og eventuelt feilsendt bagasje. Implementering av RFID er en utvikling som sannsynligvis vil fortsette grunnet alle dens fordeler overfor strekkodesystemer, og dette vil trolig føre til at luftfartsindustrien kan senke kostnad per passasjer betraktelig.

9 Referanser

- [1] Committee on Commercial Aviation Security, National Research Council 1996. *Airline Passenger Security Screening: New Technologies and Implementation Issues*.
- [2] Klaus Finkenzeller 2003. *RFID Handbook- Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*. Wiley, Second Edition.
- [3] Mary Catherine O'Connor 2005. *IATA Approves UHF for Bag Tags*. *RFID Journal* <http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1994/-1/1/>
- [4] Jeremy Landt 2001. *Shrouds of Time – The history of RFID*. AIM Incorporated.
- [5] RFID Journal. <http://www.rfidjournal.com>
- [6] Professor Kristian Fosshem 2001. *Magnetfelt, fluks og kvantisering*. NTNU http://www.phys.ntnu.no/brukdef/prosjekter/super/Bakgrunn/field_n.shtml
- [7] Romteknologi 2006. *Fysikk, elektromagnetiske felt og elektromagnetisk stråling*. http://www.romteknologi.no/view_html?b=38
- [8] RFID Sourcebook. http://wireless.itworld.com/4985/051004_book_rfidsourcebook/page_1.html#1-6
- [9] Mary Catherine O'Connor 2005. *EPC Bag Tagging Takes Wing*. *RFID Journal*. <http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/2024/1/4/>
- [10] Post- og teletilsynet 2005. *Frekvensoversikt generell tillatelse fra 1 juli 05*. <http://www.npt.no/iKnowBase/FileServer/Frekvensoversikt%20generell%20tillatelse%20fra%201%20juli%202005.pdf?documentID=44904>
- [11] Eystein Bye og Stein Lagim 2005. *E-handel*. NTNU. <http://moses.idi.ntnu.no/pdf/diplom05/ByeLagim.pdf>
- [12] Automatic Identification Manufacturers – AIM 1999. *Radio Frequency Identification – RFID: A basic primer*. http://www.aimglobal.org/technologies/rfid/resources/papers/rfid_basics_primer.asp
- [13] Deister Electronic 2005. *The UDL 500 Interrogator*. http://www.deister.com/content/newcontent/pdf/logident/RF_UDL500_eo.pdf
- [14] Jörg Auf dem Hövel 2004. *Smarte Chips für die Warenwelt*. <http://www.morgenwelt.de/418.html>
- [15] Hitachi 2006. *RFID mu-Chip Products*. <http://www.hitachi.ca/Apps/hitachicanada/content.jsp?page=forbus/security/mu-chip/index.html&path=jsp/hcl/hcl/en/>
- [16] ThingMagic 2005. *Generation 2, A User Guide*. <http://www.adt.com/wscomm/images/referencelibrary/Gen2UserGuide.pdf>

- [17] SMARTCODE Corporation 2005. *Smartcode corp. announces the industry lowest cost EPC gen 2 inlays*.
<http://www.smartcodecorp.com/newsroom/05-10-05.asp>
- [18] RFID journal 2005. *Identec Solutions*
www.rfidjournal.com/files/investors/Inv_1600_Gantner.pdf
- [19] Impinji 2005. *RFID Standards*.
<http://www.impinj.com/page.cfm?ID=aboutRFIDStandards>
- [20] RFDESIGN 2005.
http://rfdesign.com/mag/radio_bringing_longrange_uhf/
- [21] Symbol 2006. *Synchronize Your Supply Chain With RFID – Company Profile CD*.
- [22] RFID Webinar 2005. *EPC Generation 2: Everything You Need To Know*.
<https://rfidjournal.webex.com/rfidjournal/onstage/tool/record/viewrecording1.php?EventID=322850425>
- [23] RFID Webinar 2005. *The Generation 2 Transition*.
<https://rfidjournal.webex.com/rfidjournal/onstage/tool/record/viewrecording1.php?EventID=202012740>
- [24] Johan Rajczyk og Kim Madsen 2005. *Multiple ID Technologies in a High Speed Baggage Handling Environment*, Inter Airport Europe Munich. FKI Logistex.
- [25] Handheld Scandinavia AB 2006.
<http://www.handheld.se/pressarkiv.asp?m1=nyheter&m2=pressarkiv>
- [26] Texas Instruments 2005. *RI-STU-655A*.
<http://www.ti.com/rfid/docs/manuals/pdfSpecs/RI-STU-655AdataSheet.pdf>
- [27] IT Korea-KIECO 2006.
<http://www.kieco.net/upfiles/Paxar.jpg>
- [28] Sick 2005. *RFID @ SICK Web-Ex Training BASIC 1*
- [29] Electro-Com 2006.
<http://www.electrocom.com.au/images/ant-t01a.jpg>
- [30] Leif Birk Nielsen. Sick, Nordic Key Account Manager.
birk@sick.dk
- [31] TI-RFid 2005. *UHF Gen 2, System Overview*. Texas Instruments
<http://tii.developerconference.ext.ti.com/post-conf/downloads/rfid-tutorial2.pdf>
- [32] Shahram Moradpour og Manish Bhuptani 2005. *RFID Field Guide, Deploying Radio Frequency Identification Systems*.
- [33] Greg Leeming, 2004. *RFID Overview*. Intel Corporation.
http://www.ee.washington.edu/research/ieee-comm/Presentations/comsoc_talks/RFID%20Overview%20-%20IEEE%20-%202011-8-2004.ppt

- [34] Per Viggo Andersen. OSL AS, Fagleder bagasje.
per.viggo.andersen@osl.no
- [35] Klas Einersen. Airport Innovation AS, Service Engineer.
klas.einersen@airport-innovation.no
- [36] Endre Viku. Airport Innovation AS, System Manager
endre.viku@airport-innovation.no
- [37] Idar Sørgerd. Airport Innovation AS, Daily Manager.
idar.sorgjerd@airport-innovation.no
- [38] Kristin Sørdal 2001. *Koffert i 22 km/t*.
<http://www.dinside.no/php/art.php?id=26251>
- [39] Kristin Sørdal 2001. *Bakenfor gardinen*.
<http://www.dinside.no/php/art.php?id=26263>
- [40] Geir Jan Sundal 2005. *Digitalt jordbundet kringkasting*. Foredrag på NTNU. Post- og teletilsynet.
- [41] IATA, *Simplifying the Business Support Portal*.
<http://www.iata.org/stbsupportportal/index.htm>
- [42] IATA 2005. *Helping Bags Make Their Flights*.
<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1906/-1/82/>
- [43] IATA 2005. *IATA Common Use Self Service (CUSS) Manual: CUSS Standard Recommended Practice RP1706C*.
<http://www.iata.org/cussmanual/>
- [44] ISO/IEC 2004. *ISO/IEC 18000-6:2004*
<http://www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSNUMBER=34117&ICS1=35&ICS2=40&ICS3=>
- [45] Bent André Støyva. Post- og teletilsynet, Frekvensforvaltning.
bst@npt.no
- [46] Hansen, Lippert, Mattethat, Jørgensen og Tøndering 2006. *Taggingteknologier, En oversikt*. Teknologisk Institut.
http://www.teknologisk.dk/_root/media/20105_Taggingteknologier_v2_0.pdf
- [47] R. Moroz Ltd. 2004. *Understanding Radio Frequency IDentification (RFID), (Passive RFID)*.
<http://www.rmoroz.com/rfid.html>
- [48] Kirsty Barnes 2006. *Impinj brings UHF RFID to item level*. Impinj.
<http://www.in-pharmatechnologist.com/news/ng.asp?n=66968-impinj-rfid-uhf-gen>
- [49] Rob Glidden og John Schroeter 2005. *Bringing long-range UHF RFID tags into mainstream supply chain applications*.
<http://rfdesign.com/mag/507RFDF2.pdf>

- [50] European Radiocommunications Office 2005, *ERC RECOMMENDATION 70-03, 1 November 2005*.
<http://www.ero.dk/documentation/docs/doc98/official/pdf/REC7003E.PDF>
- [51] Mark Roberti 2004. *New ETSI RFID Rules Move Forward*. RFID Journal.
<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1229/-1/1/>
- [52] Hendrik van Eeden 2004. *Europe Needs New RFID Regulations*.
<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/974/-1/1>
- [53] John Falk 2004. *The New RFID Standard in Europe*.
<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1237/-1/1>
- [54] Javvin 2005. *Wireless Technology Terms, Glossary and Dictionary*.
<http://www.javvin.com/wireless/FHSS.html>
- [55] Kevin Powell 2003. *Passive Radio Frequency Identification (RFID) – A Primer for New RF Regulations*. Matrics Incorporated.
- [56] Bård Myhre 2005. *RFID Technology*. SINTEF.
http://www.sintef.no/content/page1_____2848.aspx
- [57] Pete Settles 2006. *International Standards Organisation (ISO) Amends RFID Standard to Include EPCglobal UHF Generation 2 Air Interface Protocol*.
http://www.rfidlab.no/data/f/0/19/98/8_2401_0/Gen_2_acceptance_by_ISOfinalJuly10.pdf
- [58] EPCglobal Incorporated 2005. *EPCglobal Standard Specification*.
http://www.google.no/url?sa=t&ct=res&cd=1&url=http%3A%2F%2Fwww.epcglobalinc.org%2Fstandards_technology%2FEPCglobal2UHFRFIDProtocolV109122005.pdf&ei=T7fIRMiSFKCYiALRrPSdDQ&sig2=tbWj9xYcWfnkDnvNMUX_5g
- [59] Alien 2004. *EPCglobal Class 1 Gen 2 RFID Specification*.
http://www.google.no/url?sa=t&ct=res&cd=1&url=http%3A%2F%2Fwww.alientechology.com%2Fdocs%2FAT_wp_EPCGlobal_WEB.pdf&ei=oCnJRKe7LYqYiAL77oifDQ&sig2=NzpeapkKsARo9vkRUg1E0Q
- [60] Mark Roberti 2005. *Plan an RFID Field Trial That Delivers*. RFID Journal.
<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/2026/-1/222/>
- [61] Sick AG.
<http://www.sick.com>
- [62] ACCU-SORT® SYSTEMS, INC.
<http://www.accusort.com>,
- [63] Accu-Sort Systems 2002. *Radio Frequency Data Collection System*.
- [64] Deister Electronic GmbH 2006.
<http://www.deister.com>

- [65] RFID Investing. *Our Current List of Private Radio Frequency Identification (RFID) Technology Companies.*
http://www.rfidinvesting.com/RFID/Private_RFID.asp
- [66] Safety and Security Asia 2005. *Exhibitors Snippets.*
http://www.safetysecurityasia.com.sg/es_coselec.html
- [67] Maxeta AS.
<http://www.maxeta.no>
- [68] Arne Johnsen. Maxeta, Avdelingsleder for Målesystemer/Auto-ID.
arne.johnsen@maxeta.no
- [69] EMS - Escort Memory Systems 2006.
<http://www.ems-rfid.se>
- [70] Jan-Erik Nilsson. EMS RFID AB, VD/Managing Director.
jan-erik.nilsson@ems-rfid.se
- [71] Tyco Fire & Security.
<http://www.tycofireandsecurity.com>
- [72] Peter Elmvang. FKI-Logistex, Marketing Manger.
Peter.elmvang@eu.fkilogistex.com
- [73] Jürgen Göhler. F+D, Sales Manager.
hiv-gmbh@t-online.de
- [74] Alan Glasby. Ultra Electronics, Product Manager.
Alan.glasby@ultra-as.com
- [75] Svend Stagis. Lyngsoe Systems, Software Engineer.
sss@lyngsoesystems.com
- [76] Howard Eng. Hong Kong International Airport, Airport Managment Director.
enghow@hkairport.com
- [77] Rieback, Simpson, Crispo og Tanenbaum 2006. *RFID Viruses and Worms.* Vrije Universiteit Amsterdam.
<http://www.rfidvirus.org/index.html>
- [78] Graham Cluley 2006. *Sophos calls calm over "RFID viruses"*. Sophos
<http://www.sophos.com/pressoffice/news/articles/2006/03/rfid.html>
- [79] Atle Abelsen 2006. *Virus i RFID.* Teknisk Ukeblad – TU
<http://www.tu.no/nyheter/sikkerhet/article49736.ece>
- [80] IATA 2006. *Passenger Services Conference Resolutions Manual, 25th edition.*
- [81] Mathias Lück Spezialdruckerei.
<http://www.barcoding-luck.com/english/spezialdruckerei.htm>
- [82] UPM Raflatac.
<http://www.upmraflatac.com/>

- [83] Texas Instruments.
<http://www.ti.com>
- [84] Martin Borglin. Toshiba, Regional Sales Manager Nordic.
martin.borglin@toshibatec-tnd.com
- [85] Andreas Unterbusch. Toshiba, Key Account Manager North Identification and Printing Division.
aunterbusch@toshibatec-eu.de
- [86] Dirk Engelking 2006. *RFID baggage identification - summary of testresults from model c*. Deister Electronic
- [87] Werner Knop. Deister Electronic, Head of Engineering.
knop@deister-gmbh.de
- [88] Dirk Engelking. Deister Electronic, Research & Development.
engelking@deister-gmbh.de
- [89] Johnny Solhaug. Sita, Senior Site Administrator.
johnny.solhaug@sitaaero.com
- [90] David Berglund. Tyco Fire & Security, RFID Business Development Europe
dberglund@tycointl.com
- [91] Hans-Erik Kvernberg. Servisair Norge AS, Penauille.
Hans.erik.kvernberg@serviceair.com
- [92] Knut Brenna. Airport Innovation AS, System Manager.
knut@airport-innovation.no
- [93] BDC 2000. *Practicalities of RFID tagging and new advances in baggage handling technologies*. Conference at London Strand Palace Hotel.
- [94] Daniel Deavours 2005. *Are Item-Level Tags Up to the Job?*. RFID Journal.
<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/2136/-1/342>
- [95] IATA 2005. *IATA Approves UHF for Bag Tags*.
<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1994/-1/1/>
- [96] Christoph Paliot. Accu-Sort, Sales.
cpaliot@accusort.de
- [97] Michael Fislage. Sick, Produktmanager RFID.
michael.fislage@sick.de
- [98] Matthias Mezger. Sick, Business Development Time of Flight Systems and RFID
matthias.mezger@sick.de
- [99] Hank Deijkers. IBM Netherlands, Associate partner travel and transport.

10 Vedleggsliste

- 1 Organisasjonskart
- 2 Fremdriftsplan
- 3 Møtereferater
- 4 Skrevne rapporter
- 5 Utregning fra u_2 til H_{\min} , ved induktivt koblet RFID-system
- 6 De vanligste modulasjonstyper
- 7 Leverandørspørsmål
- 8 Sensormatic® Agile 2 Reader
- 9 Sensormatic® RFID Antenna 868 MHz (EPC Class 1 Circular)
- 10 EMS RFID AB og Tyco Fire & Security – Installasjonsbudsjett
- 11 Installasjonsskjema til leverandører
- 12 Oversiktstabell over mulige installasjonstidspunkter for RFID-system på Gardermoen
- 13 Transpondere innlagt i bagasjemerkelapper i henhold til IATA-standard
- 14 UPM Rafsec - Sales Code 3000705
- 15 UPM Rafsec - Sales Code 3000807
- 16 UPM Rafsec - Sales Code 3000825
- 17 Texas Instruments - RI-UHF-00C02-03
- 18 Toshiba B-SX4 149, RFID-skriver
- 19 RFID-installasjoner ved andre flyplasser
- 20 Forsøk på forskjellige lesestasjonsoppbygninger
- 21 Datablad UDL 500
- 22 RFID baggage identification - summary of testresults from model c
- 23 3D utforming av lesestasjon
- 24 Konstruksjonsutforming av lesestasjon
- 25 Oversikt over plassering av antenner og moduler på lesestasjon
- 26 MAC-8101 - RFID Isolation Curtains

- 27 Oppsummering av testingen ved Accu-Sorts lokaler
- 28 Logg fra dag 1 med testing, 7. juni 2006
- 29 Resultat fra testing ved Accu-Sorts lokaler, 7. juni 2006 - dag 1
- 30 Logg fra dag 2 med testing, 8. juni 2006
- 31 Resultat fra testing ved Accu-Sorts lokaler, 8. juni 2006 - dag 2
- 32 Logg fra dag 3 med testing, 9. juni 2006
- 33 Resultat fra testing ved Accu-Sorts lokaler, 9. juni 2006 - dag 3
- 34 Oversikt over resultatene fra testing ved Accu-Sorts lokaler, 9. juni 2006 - dag 3
- 35 Informasjon til Norwegians innsjekkingspersonell
- 36 Logg fra testingen torsdag 6. juli 2006 ved Oslo Lufthavn Gardermoen
- 37 Resultat fra testingen ved Oslo Lufthavn Gardermoen
- 38 Logg fra testingen fredag 7. juli 2006 ved Oslo Lufthavn Gardermoen
- 39 Leserate til strekkodelestasjon ved vestre innsjekkingsøy på Gardermoen

Vedlegg 1

Organisasjonskart

ORGANISASJONSKART


Initiativtakere

Leverandører


OSL
Oslo Lufthavn AS



NTNU



Airport Innovation




Maxeta




Accu-Sort
Europe GmbH



Deister Electronic



EMS RFID



Bjørn Vinge
Fungerende flyplassjef

Morten Olavsbråten
Faglærer
Tlf: 73 59 43 06
Mob: 410 38 438
morten.olavsbraten@ie.t.ntnu.no

Idar Sørgerød
Daglig Leder
Mob: 907 39 059
idar.sorgerod@airport-innovation.no

Arne Johnsen
Avdelingsleder
Tlf: 35 91 40 03
Mob: 909 91 884
arne.johnsen@maxeta.no

Christoph Palliot
Sales
Tlf: +49 3329-639 42
Fax: +49 3329-639 39
christoph.palliot@accusort.de

Werner Knop
Head of Engineering
Tlf: +49 5105-5161 11
Fax: +49 5105-5162 66

Jan Erik Nilsson
Daglig leder
Tlf: +46 413 58 17 20
Jan-erik.nilsson@ems-rfid.se

Per Viggo Andersen
Fagleder bogsje
Tlf: 64 81 21 29
Mob: 913 76 305
per-viggo.andersen@osi.no

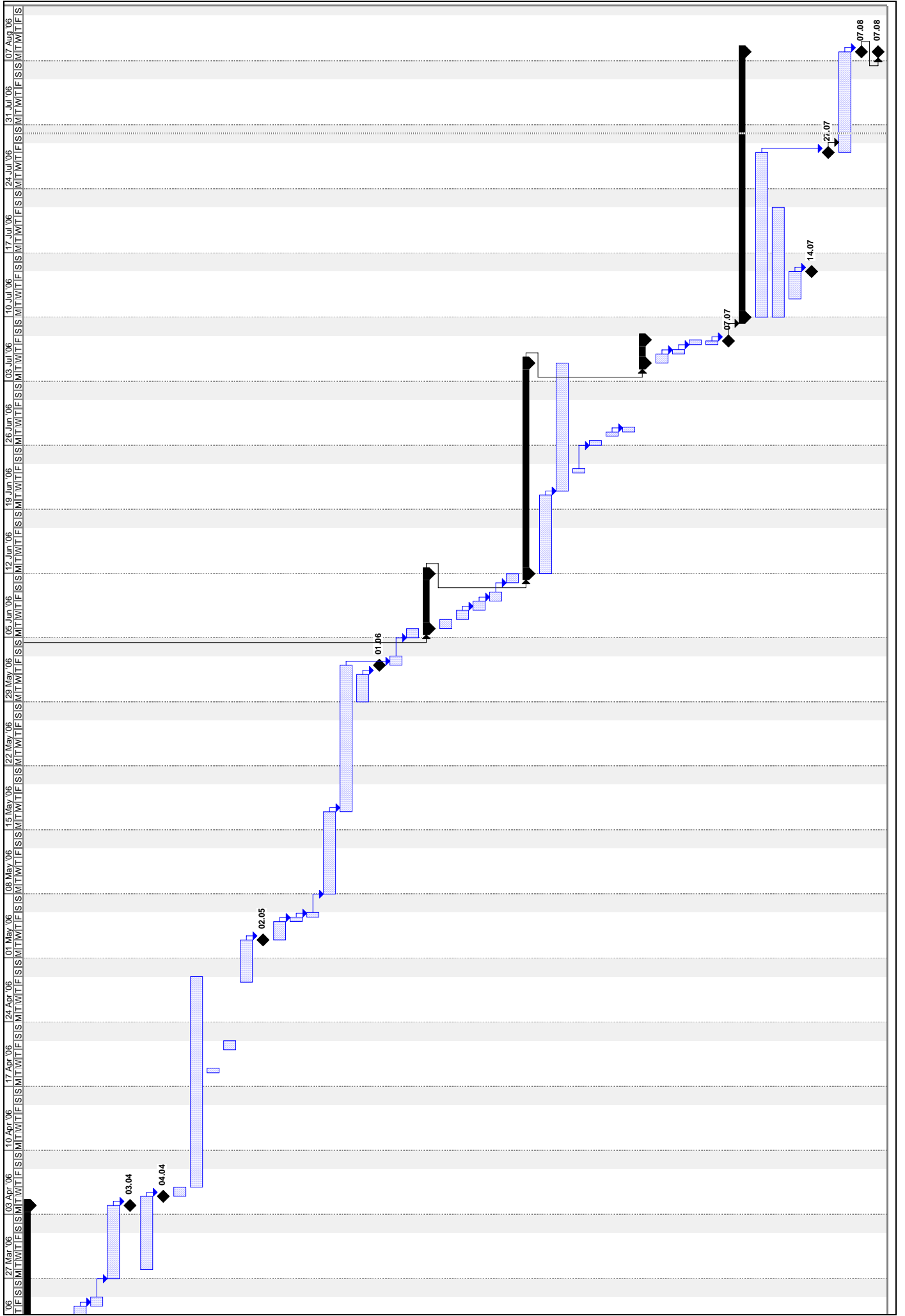
Knut Brenna
Computer ansvarlig
Mob: 951 32 658
knut.brenna@airport-innovation.no

Steffen Gavem
System Engineer
Mob: 906 04 446
steffen@airport-innovation.no

Klas Einersen
Service engineer
Tlf: 64 48 34 73
Mob: 915 33 171
klas@airport-innovation.no

Håvard Sunde
Student
Mob: 975 71 282
havardsu@stud.ntnu.no
havard@airport-innovation.no

Fremdriftsplan



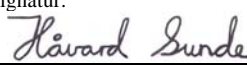
Møtereferater

- 01 Sjørgjerd og Brenna AI, torsdag 02. februar 2006
- 02 Olavsbråten, onsdag 08. februar 2006
- 03 Ems og Tyco, mandag 13. februar 2006
- 04 Andersen, tirsdag 14. februar 2006
- 05 Maxeta, Accu-Sort og Deister, fredag 03. mars 2006
- 06 Olavsbråten, 02. juni 2006

Airport Innovation AS og NTNU

α

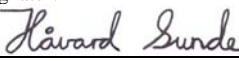
MØTEREFERAT	Prosjekt nr: 2006-01	Prosjekt: RFID til sporing av flybagasje	Side: 1 (2)
--------------------	-------------------------	---	----------------

Emne: Brainstorming rundt RFID			Møteref. nr: 01
Møtedato: 02. 02.06	Tid: 12:00	Sted: Oslo	Fil nr: 01
Møte foreslått av: Håvard Sunde	Referent: Håvard Sunde	Signatur: 	Utsendt dato: 07.02.06
Deltakere: Idar Sørgerd, Knut Brenna og Håvard Sunde			
Distribuert til: Idar Sørgerd, Knut Brenna, Morten Olavsbråten og Håvard Sunde			

Disse punktene blir betraktet endelige så lenge Håvard Sunde ikke mottar skriftelige forandringer innen 5 arbeidsdager

Punkt nr.	Notat	Handling	Dato
1	Det er ønskelig å teste ut RFID-systemene til leverandørene Maxeta og Ems og planlagt oppstartsdato er mars 2006.	Godkjent av alle parter	Mars 2006
2	Målet med uttesting av leverandørenes systemer er å gi Airport Innovation og OSL pålitelig måledata som kan brukes som grunnlag for å vurdere om det er ønskelig å ta i bruk RFID-teknologien samt hvilken leverandør som er mest egnet å velge.	Godkjent av alle parter	Mars 2006
3	Sunde skal utarbeide et forslag til hvordan utprøvningsmetodene av RFID-systemene på Gardermoen bør gjennomføres for å oppnå pålitelig måledata. Dette gjøres i samarbeid med leverandørene og Airport Innovation.	Godkjent av alle parter	Mars 2006
4	Hvis RFID-teknologien gir leserater på over 99% vil det være mulig å forenkle bagasjehåndteringssystemene samt muligens fjerne behovet for sporing av bagasje på Programmerbar Logisk Styring (PLS)-nivå. Dette har ikke vært mulig før på grunn av lave leserater og fordi andre deler av håndteringsteknologien ikke har vært moden.	Konstatert av Sørgerd og Brenna	02.02.06
5	Sunde vil i løpet av prosjektet lage en oversikt eller et skjema over hvordan bagasjehåndteringssystemer kan bygges opp hvis det brukes RFID-teknologi.	Godkjent av alle parter	Utføres i løpet av semesteret
6	Sørgerd mener at alle manuelle operasjoner som utføres av for eksempel innsjekkingspersonell er usikkerhetsmoment som man bør unngå. Det er derfor ønskelig med et RFID-system som er minst mulig utsatt for slike feil og dette innebærer blant annet at vi velger å bruke transpondere innlagt i strekkoderullene.	Godkjent av alle parter	02.02.06
7	Sunde skal få delta på møtene for Bagdrop-prosjektet med Brenna fra Airport Innovation. Dette blant annet for å lære mer om bagasjehåndteringssystemet samt for å knytte kontakter med de andre aktørene i prosjektet som er SAS, Widerøe, OSL, Norwegian og Avinor.	Godkjent av alle parter	Utføres i løpet av semesteret

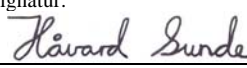
MØTEREFERAT	Prosjekt nr: 2006-01	Prosjekt: RFID til sporing av flybagasje	Side: 1 (1)
--------------------	-------------------------	---	----------------

Emne: Gjennomgang av rapport fra forprosjekt samt status på masteroppgaven			Møteref. nr: 02
Møtedato: 08.02.06	Tid: 09:15	Sted: Gardermoen	Fil nr: 02
Møte foreslått av: Håvard Sunde	Referent: Håvard Sunde	Signatur: 	Utsendt dato: 10.02.06
Deltakere: Morten Olavsbråten og Håvard Sunde			
Distribuert til: Morten Olavsbråten og Håvard Sunde			

Disse punktene blir betraktet endelige så lenge Håvard Sunde ikke mottar skriftelige forandringer innen 5 arbeidsdager

Punkt nr.	Notat	Handling	Dato
1	Sunde skal fokusere på å bruke sin tekniske bakgrunn for å vurdere systemprestasjonstall fra sine kilder.	Godkjent av begge parter	08.02.06
2	Sunde skal spekulere rundt, gjøre estimater av og vurdere de tekniske aspekter og opplysninger som blir presentert gjennom oppgaven. Dette skal beskrives i masteroppgaverapporten for å vise sensor at de forskjellige aspektene og opplysninger har blitt vurdert.	Godkjent av begge parter	08.02.06
3	Olavsbråten anbefaler Sunde å vurdere/spekulere på: <ul style="list-style-type: none"> •Eventuelle avvik, ut fra formel a_F, på leserekkevidde •Antall lesninger av transponder ved passering i høy hastighet gjennom lesestasjon •Bitrate ut fra datarate og antall bit •Informasjon fra leverandører •Minste avstand mellom transpondere ved korrekt lesning 	Godkjent av begge parter	08.02.06

MØTEREFERAT	Prosjekt nr: 2006-01	Prosjekt: RFID til sporing av flybagasje	Side: 1 (3)
--------------------	-------------------------	---	----------------

Emne: Omvisning og planlegging av installasjon på Gardermoen levert av Ems og Tyco			Møteref. nr: 03
Møtedato: 13.02.06	Tid: 09:30	Sted: Gardermoen	Fil nr: 03
Møte foreslått av: Håvard Sunde	Referent: Håvard Sunde	Signatur: 	Utsendt dato: 13.02.06
Deltakere: Jan-Erik Nilsson(Ems), David Berglund(Tyco) og Håvard Sunde(Airport Innovation)			
Distribuert til: Jan-Erik Nilsson, David Berglund, Idar Sørgerd, Morten Olavsbråten og Håvard Sunde			

Disse punktene blir betraktet endelige så lenge Håvard Sunde ikke mottar skriftelige forandringer innen 5 arbeidsdager


Punkt nr.	Notat	Handling	Dato
1	<p>På Oslo lufthavn Gardermoen skal det prøves ut et UHF-system, med operasjonsfrekvensområdet innen 865.6 til 867.6 MHz og maksimal effekt på 2 W e.r.p. levert av Ems i samarbeid med Tyco.</p> <p>Målet for RFID-systemene er å oppnå pålitelig måledata som viser en bedre leserater enn fungerende strekkodestasjon, som har rundt 92 til 94 prosent. Tyco har foretatt fire UHF-testinstallasjoner på andre flyplasser.</p>	Godkjent av alle parter	I løpet av mars
2	Nilsson og Berglund skal utarbeide og presentere sitt forslag til hvordan systemet skal installeres og testes.	Nilsson og Berglund	I god tid før installasjon
3	<p>Tyco vil sende en teknikk for å ta en "site survey" som vil gi en oversikt over alle tekniske detaljer/elementer ved installering av RFID-stasjon, som blant annet beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Antall antenner og deres plassering • Behov for omgjøring av transportbånd for å installere en eventuell antenne som ligger i bunn under båndet? • Størrelse og utforming på ramme og festekonstruksjon. • Plassering til prosesseringsenheten(integrert datamaskin eller server) • Hvilke kabler og kontakter, for data og strømtilførsel, er det behov for og hvor er i så fall deres plassering? Eksempelvis til prosesseringsenhet, leser, antenner og andre enheter 	Tyco, (Berglund)	I god tid før installasjon
4	Nilsson og Berglund, i samarbeid med Sunde, vil utarbeidet en kjøreplan, i form av en smørbrøddliste, som nøyaktig beskriver montering av installasjonen. Dette for å forenkle monterings- og demonterings-prosessen.	Nilsson, Berglund og Sunde	Før installasjon
5	Berglund skal undersøke om det skal brukes en ny type antenne med ca 30° strålediameter (3dB beam width) eller den eldre varianten som har aktuelle antennen har 72°.	Berglund	Før installasjon

Punkt nr.	Notat	Handling	Dato
6	Nilsson skal sjekke med sine transponderleverandører om de kan garantere at nesten alle transponderne fungerer(ca 99.9%) ved lesing på tilsvarende avstander som leseporten skal lese på(ca 1 til 3 meter). Han skal også finne kostnad per transponder ved varierende innkjøpskvantum.	Nilsson	Før installasjon
7	Berglund skal sende Sunde bildene som han tok under omvisningen på Gardermoen samt PowerPoint presentasjonen som ble vist (utenom de bildene som ikke er lov å publisere).	Berglund	Før installasjon
8	Sunde vil komme med den endelige avgjørelsen på hvilken øy som blir valgt til å installere systemet. Etter at avgjørelsen er tatt vil det være mulig å fastslå hvordan informasjonsstrengen fra RFID-lesestasjon skal se ut.	Sunde	I god tid før installasjon
9	Berglund vil samarbeide med Airport Innovation for å gjøre det mulig å fjernovervåke testen.	Berglund	Før installasjon
10	Sunde skal undersøke om det er mulig å foreta installering på en annet tidspunkt enn natt til onsdag eller torsdag.	Sunde	Før installasjon
11	Sunde skal undersøke om han kan skaffe tekniske tegninger av transportbånd ved kommende RFID-lesestasjon.	Sunde	I god tid før installasjon
12	Berglund skal undersøke hvor mye tid som trengs til innkjøring av stasjon.	Berglund	Før installasjon
13	Berglund og Sunde skal finne hvilken data, i henhold til IATA-standard som skal på bagasjen.	Berglund og Sunde	Før installasjon
14	<p>Berglund skal undersøke om helt nye printere må installeres eller om de gamle (UBI BT-201e) kan oppgraderes for å gjennomføre testen.</p> <p>Initieringsprosessen til transponderene i printerne er innenfor kravet på maks 500 mW og 10% duty cycle. Derfor er det ikke behov å søke om egen frekvensdispensasjon for printerne.</p> <p>Innsjekkingspersonalet trenger mest sannsynlig ikke opplæring på RFID-systemet ettersom de forhåpentligvis ikke vil oppleve noen forskjell på det nye og det gamle systemet, unntatt at de må sette inn RFID-transponderruller i stedet for vanlige strekkoderuller inn i printerne.</p>	Berglund	Før installasjon

Følgende informasjon har Sunde funnet i ettetid av møte:

15	<p>Bagasjeavstanden kan reguleres ved overgangen mellom transportbånd.</p> <p>Gjennomsnittelig avstand ved skannestasjon er ved:</p> <ul style="list-style-type: none"> • vanlig drift: 4.5m • full aktivitet (alle innsjekkingsskranker i drift): 2.4m • absolutt minimumsavstand: 0.4 til 0.5m 	Sunde informerer	
16	OSL ønsker at systemene skal være "stand alone"-løsninger, altså ingen dataoverføring fra leseport til resten av bagasjehåndteringssystemet. Dataene skal sammenlignes mot fungerende strekkodeskanner.	Sunde informerer	
17	OSL ønsker at leverandørene skal levere 20 tommeres tagger tilsvarende fungerende system.	Sunde informerer	
18	Båndets hastighet er 1 m/s der kommende lesestasjon skal monteres og 0.5 m/s gjennom røntgenmaskin.	Sunde informerer	
19	<p>For at teknikeren skal få tilgang til bagasjeanlegget trenger Sunde følgende informasjon:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Navn • Fødselsdato • Firmanavn • Tittel • Oppdragstype • Tidsperiode • Hvem som skal følge personen (mest sannsynligvis Sunde) 	Sunde informerer	

MØTEREFERAT	Prosjekt nr: 2006-01	Prosjekt: RFID til sporing av flybagasje	Side: 1 (1)
--------------------	-------------------------	---	----------------

Emne: Valg av leverandører og operasjonsfrekvens for RFID-systemer på Gardermoen			Møteref. nr: 04
Møtedato: 14.02.06	Tid: 13:00	Sted: Gardermoen	Fil nr: 04
Møte foreslått av: Håvard Sunde	Referent: Håvard Sunde	Signatur: 	Utsendt dato: 16.02.06
Deltakere: Per Viggo Andersen og Håvard Sunde			
Distribuert til: Per Viggo Andersen, Idar Sørkjerd, Morten Olavsbråten og Håvard Sunde			

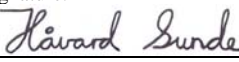
Disse punktene blir betraktet endelige så lenge Håvard Sunde ikke mottar skriftelige forandringer innen 5 arbeidsdager

Punkt nr.	Notat	Handling	Dato
1	Det skal utprøves to UHF-systemer levert av leverandørene Ems i samarbeid med Tyco og Maxeta i samarbeid med Accu-Sort på Gardermoen.	Godkjent av begge parter	14.02.06
2	Målet for RFID-systemene er å oppnå bedre leserater enn det fungerende strekkodestasjon har.	Godkjent av begge parter	14.02.06
3	Sunde vil sammen med leverandørene utarbeidet en kjøreplan, i form av en smørbrøddliste, som nøyaktig beskriver montering av installasjonene. Dette for å forenkle monterings- og demonterings-prosessen.	Godkjent av begge parter	14.02.06
4	Andersen ønsker at systemene skal være stand-alone løsninger, altså ingen dataoverføring til resten av bagasjehåndteringssystemet.	Godkjent av begge parter	14.02.06
5	Sunde skal sammen med Airport Innovation og leverandørene utarbeide forslag til hvordan systemene skal testes. Andersen foreslår å bruke RFID-printere på 2 til 3 SAS-innlandsskranker på vestre innsjekkingsøy, som er de travleste skrankene.	Avgjørelse kommer senere	
6	Minste bagasjeavstand, på rullebåndet, ved skanning av strekkodestasjon er ca 50cm.	Andersen opplyser	14.02.06
7	Leverandørene bør levere 20 tommer tagger tilsvarende fungerende system. Sunde skal undersøke om nye printere må brukes eller om de gamle kan oppgraderes for å gjennomføre testen.	Godkjent av begge parter	14.02.06

Airport Innovation AS and NTNU

α

MINUTES OF MEETING	Project no: 2006-01	Project: RFID for airport baggage tracking	Page: 1 (3)
---------------------------	------------------------	---	----------------

Subject: Inspection of the baggage handling system on Gardermoen			MOM No: 05
Meeting date: 03.03.06	Time: 10:30	Location: Oslo Airport Gardermoen	File No: 05
Meeting requested by: Håvard Sunde	Minuted by: Håvard Sunde	Signature: 	Issue date: 09.03.06
Participants: Christoph Paliot, Product Manager RFID, Accu-Sort. Dr. Werner Knop, Head of Engineering, Deister Electronic. Arne Johnsen, Head of Division, Maxeta. Olav Førstøyl, Service Technician, Maxeta. Kjetil Nilsen, Service Technician, Maxeta. Idar Sørgerd, Managing Director, Airport Innovation. Håvard Sunde, Student at the Norwegian University of Science and Technology (NTNU).			
Distributed to: Christoph Paliot, Werner Knop, Arne Johnsen, Olav Førstøyl og Kjetil Nilsen, Idar Sørgerd, Morten Olavsbråten (Teaching Supervisor at NTNU) and Håvard Sunde.			


These minutes are considered final if Håvard Sunde does not receive written changes within 5 working days.

Item no.	Minutes	Action	Date
1	Accu-Sort, Deister and Maxeta shall install a stand alone RFID reading station on Oslo Airport Gardermoen and use transponders inlayed in the baggage tags, possibly initiated by an RFID printer, to regain baggage tracking after the descent from check in to the main baggage hall (MBH).	Agreed by all participants	March / April
2	The project objective is to demonstrate, to Airport Innovation and Oslo Lufthavn AS (OSL), that the RFID reading station does achieve a better read-rate than the current working barcode reading station of one of the check-in islands in Gardermoen, which is approximately 94%.	Agreed by all participants	At the end of the test period
3	Maxeta, who has 25 years experience with Accu-Sort and long experience in the Auto identification business, will be in charge of the printer solution for this project.	Johnsen, Førstøyl and Nilsen	March / April
4	Deister, who has 16 years experience with RFID, will be in charge of the RFID hardware solution.	Knop	March / April
5	Accu-Sort, who has built up a broad experience with both barcode and RFID handling systems in their 35 years in the automatic identification business, will be in charge of, among other things, the integration of the station with the baggage handling system.	Paliot	March / April
6	Airport Innovation, OSL and the mentioned participants shall all work together and contribute so that the reading station gives good read rates. Airport Innovation has many clients that are ready to purchase the solution if the technology and result is promising. Some of its clients are Oslo Gardermoen, Bergen Flesland, Lanvetter Göteborg, Sturup Malmö, Geneve, Barcelona Midfield Terminal and	Sunde and Sørgerd	March / April

Item no.	Minutes	Action	Date
	Helsinki Vantaa.		
7	Accu-Sort and Deister will in Stahnsdorf, Germany build a copy of the conveyor belt in Gardermoen and perform many of the necessary tests before the system is expected to give a high read rate on Gardermoen. Sunde will possibly study and inspect the system in Stahnsdorf before it is scheduled to be installed in Gardermoen.	Agreed by all participants	March
8	The test system will most likely establish what changes that has to be done to the conveyor belt and to the surrounding environment in Gardermoen, and the number and placement of antennas to secure a read-rate above 94%.	Paliot and Knop informs	March
9	Exactly how the test shall be conducted is not yet decided, though it is planned to tag about 5000 bags and do a couple of stress tests with about 500 borrowed bags and use the rest on live luggage. However this may change if we find a better alternative.	Agreed by all participants	March / April
10	A date for when the system shall be installed on Gardermoen must be agreed upon and set by all participants. Also Paliot, Knop and Johnsen shall establish and inform Sunde when the preliminary test in Stahnsdorf shall start and finish.	Agreed by all participants	As soon as possible
11	Knop will distribute a non disclosure agreement (NDA) which must be signed by all participants before further progress can be taken.	Agreed by all participants	As soon as possible
12	Paliot, Knop and Johansen will together make a list of question concerning the RFID installation. This will be mailed to Sunde, who will answer them together with Airport Innovation and OSL.	Agreed by all participants	As soon as possible
13	Sunde shall make a list over the days the RFID station can be installed and send it to all participants.	Agreed by all participants	Week 11
14	Deister, Accu-Sort and Maxeta will make a recommendation of which Gen2 tags (size, supplier, range, whether they should be personalized or not, et cetera). They will also investigate whether the supplier can guarantee that a certain high percentage of inlays in the label roll will work.	Agreed by all participants	March
15	Sunde shall send the information he has acquired, mainly from RFID Journal, about other RFID projects in the aviation industry to all participants.	Agreed by all participants	March
16	Airport Innovation will make sure that the passengers, at the check-in with RFID printer, are informed about the inlay in the tag and will be given the alternative to use another check-in with ordinary barcode tags.	Agreed by all participants	March / April
17	Accu-Sort will, with permission of OSL install a camera to photograph the no-reads right after it has passed through the reading station on Gardermoen, without photographing the X-ray machine	Agreed by all participants	March / April

Item no.	Minutes	Action	Date
18	Paliot informs that only a tacometer and a photocell needs to be installed on the conveyor belt in addition to the station and its shielding frame.	Agreed by all participants	March / April
19	Knop and Paliot will determine whether lead coated bands is necessary to shield the radio waves, and if so, what kind of bands are best suited for this system.	Agreed by all participants	March / April
20	The RFID system has a working temperature range from approximately -20 to +70 and a storage temperature from approximately -40 to +85.	Knop informs	

MØTEREFERAT	Prosjekt nr: 2006-01	Prosjekt: RFID til sporing av flybagasje	Side: 1 (1)
--------------------	-------------------------	---	----------------

Emne: Gjennomgang av rapport, samt oppdatering av statusen på masteroppgaven			Møteref. nr: 06
Møtedato: 02.06.06	Tid: 10:00	Sted: Gardermoen	Fil nr: 06
Møte foreslått av: Håvard Sunde	Referent: Håvard Sunde	Signatur: 	Utsendt dato: 14.06.06
Deltakere: Morten Olavsbråten og Håvard Sunde			
Distribuert til: Morten Olavsbråten og Håvard Sunde			

Disse punktene blir betraktet endelige så lenge Håvard Sunde ikke mottar skriftelige forandringer innen 5 arbeidsdager

Punkt nr.	Notat	Handling	Dato
1	Olavsbråten har lest masterrapporten og etter en gjennomgang, sammen med Sunde, ble det klart hvilke elementer som burde redigeres, inkludert oppgavebeskrivelsen.	Godkjent av begge parter	02.06.06
2	For å forskyve innleveringsfristen skal Sunde skrive en søknad der det søkes om 8 ukers utsettelse. Den skal leveres, med tilhørende dokumentasjon, til Olavsbråten som igjen vil signere og levere den videre til fakultetet.	Godkjent av begge parter	Innen 06.06.06
3	Olavsbråten påminnet Sunde om viktigheten av en god konklusjon i rapporten, noe Sunde vil streve etter.	Godkjent av begge parter	Før innlevering
4	Olavsbråten vil informere Sunde om sitt ferietidspunkt, slik at Sunde har en oversikt for når faglærer er tilgjengelig.	Godkjent av begge parter	Når det er avklart fra fakultetet

Rapporter

- Statusrapport januar
- Statusrapport februar
- Statusrapport mars
- Sammendrag fra Passenger Terminal Expo 2006,
20. til 24. mars 2006
- Statusrapport april
- Statusrapport mai
- Statusrapport juni og juli

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Januar 2006	
Godkjent av	Gjennomgått av Idar Sørgerd	Dato 06.02.2006	Revisjon 0.3

Statusrapport

Fra 16. januar til 31. januar 2005

Innhold

1	Introduksjon	2
2	Oppsummering	2
3	Utført arbeid i perioden	2
4	Problemer	4
5	Planlagt arbeid for neste periode	4

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Januar 2006	
Godkjent av	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 06.02.2006	Revisjon 0.3

1 Introduksjon

Dette prosjektet har som mål å forbedre bagasjehåndteringssystemet på Gardermoen. I dag bruker de et strekkodesystem som har en gjennomsnittlig leseprosent av bagasje på ca 92% som gjør at flere tusen bagasje må leses på nytt enten maskinelt eller manuelt og dette gir industrien store kostnader.

Flere utprøvinger av RFID-system har oppnådd leserater på over 99% noe som indikerer at å oppnå en rate på over 92%, som er prosjektoppgavens mål, er gjennomførlig.

Pådriverne for prosjektet er Airport Innovation AS, som er totalleverandør innen løsninger for styring av bagasjesystemer, og Oslo Lufthavn AS (OSL), som er et heleid datterselskap av Avinor AS, og eier og driver Oslo lufthavn Gardermoen.

2 Oppsummering

Denne perioden har gått med til å planlegge hvilke leverandører og system som bør velges til utprøving på Oslo Lufthavn Gardermoen. Etter noen samtaler med Airport Innovation ble det klart at de ønsket å prøve ut to UHF-løsninger fra to leverandører i mars. Avgjørelsen for hvilken løsning som blir valgt skal tas i samråd av Per Viggo Andersen, men det har i midlertidig ikke vært mulig å konsultere ham grunnet sykdom.

Airport Innovation ønsker å teste UHF-løsninger fordi den har potensialet til å gi de billigste transponderne, høy datarate og en global utbredelse. Bedriften ønsker å gjennomføre tester med utstyr fra to forskjellige leverandører for å oppnå et godt sammenligningsgrunnlag på leverandør- og systemprestasjon.

3 Utført arbeid i perioden

3.1 Møter

Ingen av følgende planlagte møter ble gjennomført henholdsvis på grunn av sykdom i OSL og kraftig tidspress ved gjennomføring av serverbytte på Gardermoen:

- Møte med OSL og Airport Innovation for å ta en avgjørelse på hvilket system som skal utprøves på Gardermoen.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Januar 2006	
Godkjent av	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 06.02.2006	Revisjon 0.3

- Møte med Idar Sørkjerd og Knut Brenna i Airport Innovation for å utføre en brainstorming rundt RFID-teknologien og dens muligheter, fremtid og potensialet i flyindustrien. Da med fokus på hvordan industrien vil påvirkes og hvilke mål bedriften bør ha for å utnytte denne teknologien i et tidsperspektiv på ett til to år.

3.2 Leste dokumenter

Peter Harrop 2005. *Lessons from 1 400 RFID case studies, IDTechEx.*

Marcus Vænerberg 2005. *First to make it work.* UPM Rafsec.

Håvard Sunde 2005. Radiofrekvesidentifikasjon(RFID) til sporing av bagasje. NTNU.

UKIP 2005. *Passenger Terminal World, December 2005.*

3.3 Skrevne dokumenter

Organisasjonskart

Fremdriftsplan

Statusrapport for januar

3.4 Aktiviteter

Praktisk arbeid med hensyn på uttak av masteroppgaven

Ordne praktiske elementer rundt turen til Paris for å delta på konferansen "B.I.T.S. Baggage, Information, Technology and Security, All day session 2." den 22 mars 2006 som holdes under "Passenger Terminal Expo 2006"-messen.

Kommunikasjon med de anbefalte RFID-leverandørene for å tilrettelegge en mulig installasjon samt skaffe mest mulig teknisk informasjon om produktene.

Gjennomførte følgende kurs for å få adgang til bagasjehåndteringsanlegget på Gardermoen.

- Praktisk brannvernopplæring 2006
- 1. HMS inkl Brannteori
- Grunnkurs security Oslo Lufthavn

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Januar 2006	
Godkjent av	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 06.02.2006	Revisjon 0.3

4 Problemer

Det ble valgt å vente med å søke om frekvensdispensasjon fra Post- og teletilsynet (PT) til etter møte med OSL ettersom antall installasjoner og tekniske spesifikasjonene må beskrives i søknaden. PT har en behandlingstid på vanligvis tre uker, men kan ha inntil seks uker og hvis testen skal utføres i mars avhenger dette av kort behandlingstid.

5 Planlagt arbeid for neste periode

5.1 Møter

Møte med OSL og Airport Innovation for å ta en avgjørelse på hvilket system som skal utprøves på Gardermoen.

Møte med Idar Sørkjerd og Knut Brenna i Airport Innovation for å ta en brainstorming rundt RFID-teknologien og dens muligheter, fremtid og potensialet i flyindustrien. Da med fokus på hvordan industrien vil påvirkes og hvilke mål bedriften bør ha for å utnytte denne teknologien i et tidsperspektiv på ett til to år.

Gjennomgang med faglærer av rapporten fra forprosjektet.

Møter med Maxeta og Ems på Gardermoen for å inspisere og diskutere installasjon av kommende RFID-system.

5.2 Aktiviteter

Delta på en installasjon av strekkodestasjon på Landvetter flyplass i Göteborg for å studere de tekniske elementene ved installering samt informasjonsflyten til og fra lesestasjoner og håndholdte skannere.

Gjøre inspeksjoner og tilretteleggelse før installasjonene på Gardermoen.

Muligens påbegynne installasjon av Maxeta sitt RFID-system i slutten av februar.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Februar 2006	
Godkjent av	Gjennomgått av	Dato 01.03.2006	Revisjon 0.1

Statusrapport

Fra 1. februar til 1. mars 2005

Innhold

1	Introduksjon	2
2	Oppsummering	2
3	Utført arbeid i perioden	2
4	Problemer	4
5	Planlagt arbeid for neste periode	4

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Februar 2006	
Godkjent av	Gjennomgått av	Dato 01.03.2006	Revisjon 0.1

1 Introduksjon

Dette prosjektet skal utforske hvorvidt RFID-teknologien kan øke leseraten på bagasjehåndteringsanlegget på Oslo Lufthavn Gardermoen, fra ca 92% til opp mot 100%. Leverandørene Maxeta med Accu-Sort og Ems med Tyco skal hver installere et komplett system til utprøving og resultatene skal brukes til å sammenligne prestasjonene opp mot hverandre og mot strekkodesystemet.

Pådriverne for prosjektet er Airport Innovation AS, som er totalleverandør innen løsninger for styring av bagasjesystemer, samt Oslo Lufthavn AS (OSL) som er et heleid datterselskap av Avinor AS og eier og driver Norges flyplassen.

2 Oppsummering

Denne perioden har bestått av møter med de forskjellige deltagerne i prosjektet, samt annen informasjon innsamling, for å få klarhet i de tekniske og praktiske elementer rundt installering av lesestasjoner.

3 Utført arbeid i perioden

3.1 Møter

- 02. februar 2006: Møte med Sørgjerd og Brenna i Airport Innovation for å ta en brainstorming rundt RFID-teknologien og dens muligheter, fremtid og potensialet i flyindustrien. Da med fokus på hvordan industrien vil påvirkes og hvilke mål bedriften bør ha for å utnytte denne teknologien i et tidsperspektiv på ett til to år.
- 08. februar 2006: Møte med faglærer Olavsbråten fra NTNU for gjennomgang av rapporten fra forprosjekt.
- 13. februar 2006: Møte med Nilsson og Berglund fra henholdsvis Ems og Tyco for å diskutere installasjon av RFID-system. De vil utarbeide et forlag til installasjon på Gardermoen.
- 14. februar 2006: Møte med Andersen fra OSL for å ta en avgjørelse på hvilket system som skal utprøves på Gardermoen.

3.2 Leste dokumenter

Jonathan Collins 2004. *Hong Kong's Airport to Tag Bags*. RFID Journal.
<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/981/-1/1/>

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Februar 2006	
Godkjent av	Gjennomgått av	Dato 01.03.2006	Revisjon 0.1

Jonathan Collins 2004. *Airport Says Payback Is In the Bag*. RFID Journal.

<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1284/-1/4/>

Mark Roberti 2005. *Emirates Will Use RFID to Track Air Cargo*. RFID Journal.

<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1709/-1/1/>

Jonathan Collins 2005. *Asiana Deploying RFID at Six Airports*. RFID Journal.

<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1882/-1/1/>

Mary Catherine O'Connor 2005. *McCarran Airport RFID System Takes Off*. RFID Journal.

<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1949/-1/1/>

Mary Catherine O'Connor 2005. *IATA Approves UHF for Bag Tags*. RFID Journal.

<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1994/-1/1/>

Mary Catherine O'Connor 2005. *EPC Bag Tagging Takes Wing*. RFID Journal.

<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/2024/1/4/>

Deloitte 2004. *RFID for Aviation Management*.

[http://www.deloitte.com/dtt/cda/doc/content/IATA%20Simplifying_Deloitte%20RFID\(1\).ppt](http://www.deloitte.com/dtt/cda/doc/content/IATA%20Simplifying_Deloitte%20RFID(1).ppt)

Tata Consultancy Services 2005. *Upstreaming RFID, Beyond Tags and Readers*.

http://www.tcs.com/0_whitepapers/htdocs/upstreaming_RFID.pdf

BDC 2000. *Practicalities of RFID tagging and new advances in baggage handling technologies*. Conference at London Strand Palace Hotel.

Håvard Sunde 2005. *Radiofrekvesidentifikasjon(RFID) til sporing av bagasje*. NTNU.

3.3 Skrevne dokumenter

Korrigeringsplan av fremdriftsplan.

Søknad om frekvenstillatelse for RFID-system på Gardermoen.

Møtereferater, 4stk.

Statusrapport for februar.

Skisse som viser kommende plassering av RFID-lesestasjon på Gardermoen. Se vedlegg 1.

Flytdiagram som viser mulig bagasjebehandling med et RFID-system. Se vedlegg 2.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Februar 2006	
Godkjent av	Gjennomgått av	Dato 01.03.2006	Revisjon 0.1

3.4 Aktiviteter

Kommuniserte med de anbefalte RFID-leverandørene for tilrettelegging av kommende installasjon, samt samlet inn mest mulig teknisk informasjon om produktene.

16. februar 2006: Besøkte Norges Varemesse (NEF)-messen i Lillestrøm for å studere samt komme i kontakt med norske aktører innenfor autoidentifikasjonsbransjen (AutoID-bransjen).

4 Problemer

På grunn av diverse årsaker avlyste og forskjøv Maxeta møte flere ganger slik at det er trolig at installasjonen ikke kan starte så tidlig i mars som først antatt. Derfor må muligens testsystemene kjøres parallelt på to innsjekkingsøyer i stedet for en.

Det ble søkt til Post- og teletilsynet om å teste to systemer på samme innsjekkingsøy og var uvisst hvorvidt man kunne forandre dette til å kjøre på to øyer. Etter noe informasjonsutvikling med Bent André Støyva fra Post- og teletilsynet ble det klart at vi sto fritt til å forandre dette så lenge sendeeffektkravene ble opprettholdt.

Installasjonen må også tilpasses slik at de ikke kommer i veien for Sunde sin deltagelse på "Passenger Terminal Expo 2006"-messen i Paris, fra 20. til 24. mars.

5 Planlagt arbeid for neste periode

5.1 Møter

03. mars 2006: Møte med Maxeta for å diskutere kommende installasjon.

Diverse møter med OSL, Ems og Maxeta.

5.2 Aktiviteter

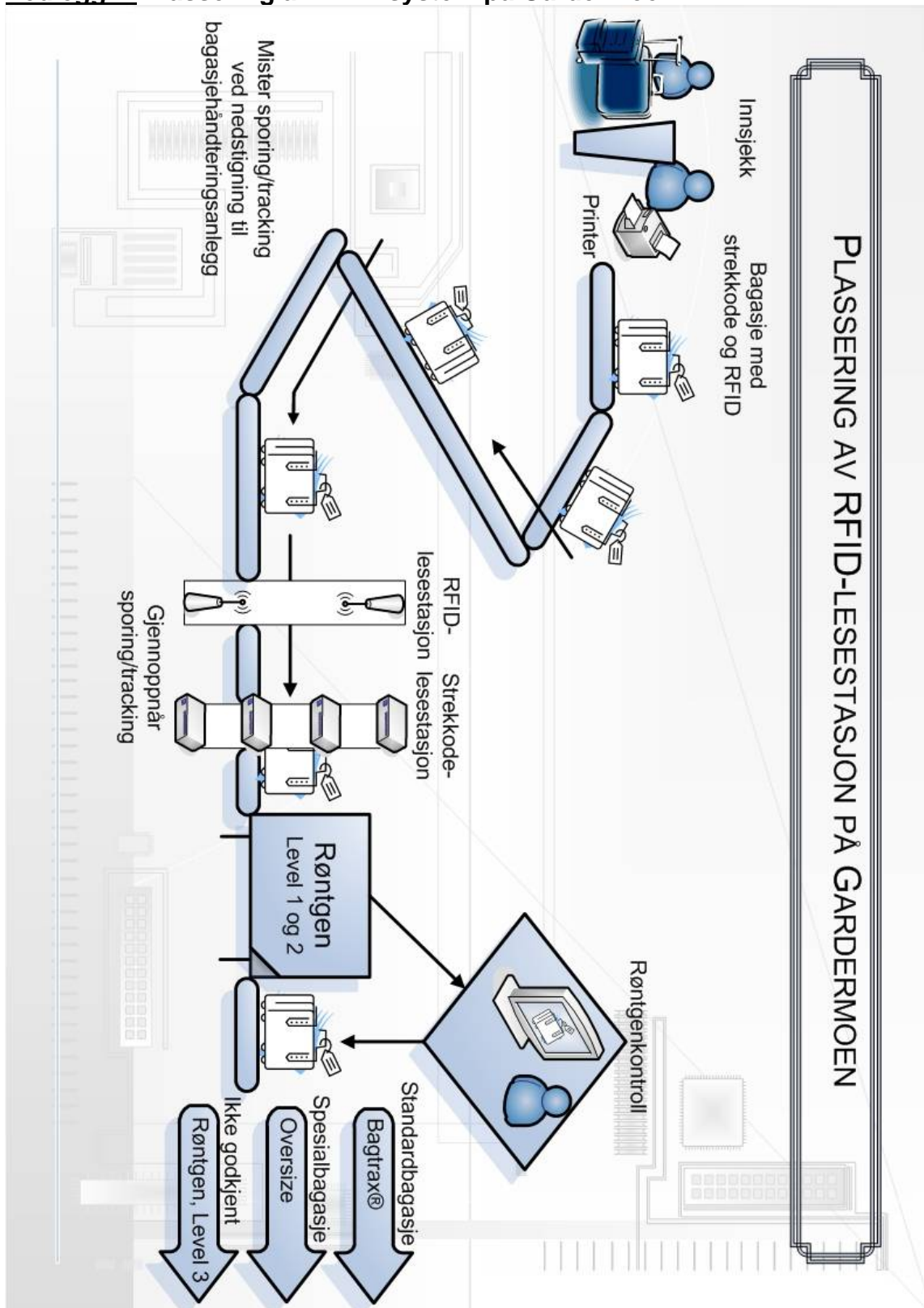
Gjøre inspeksjoner og tilretteleggelse før installasjonene.

Begynne å installere og teste Maxeta og Ems sitt RFID-system.

20. til 24. mars 2006: Delta på "Passenger Terminal Expo 2006"-messen i Paris, for å få en bredere forståelse av flere aspekter innen luftfartsindustrien, i tillegg til hvordan RFID best mulig kan brukes til å spore flybagasje.

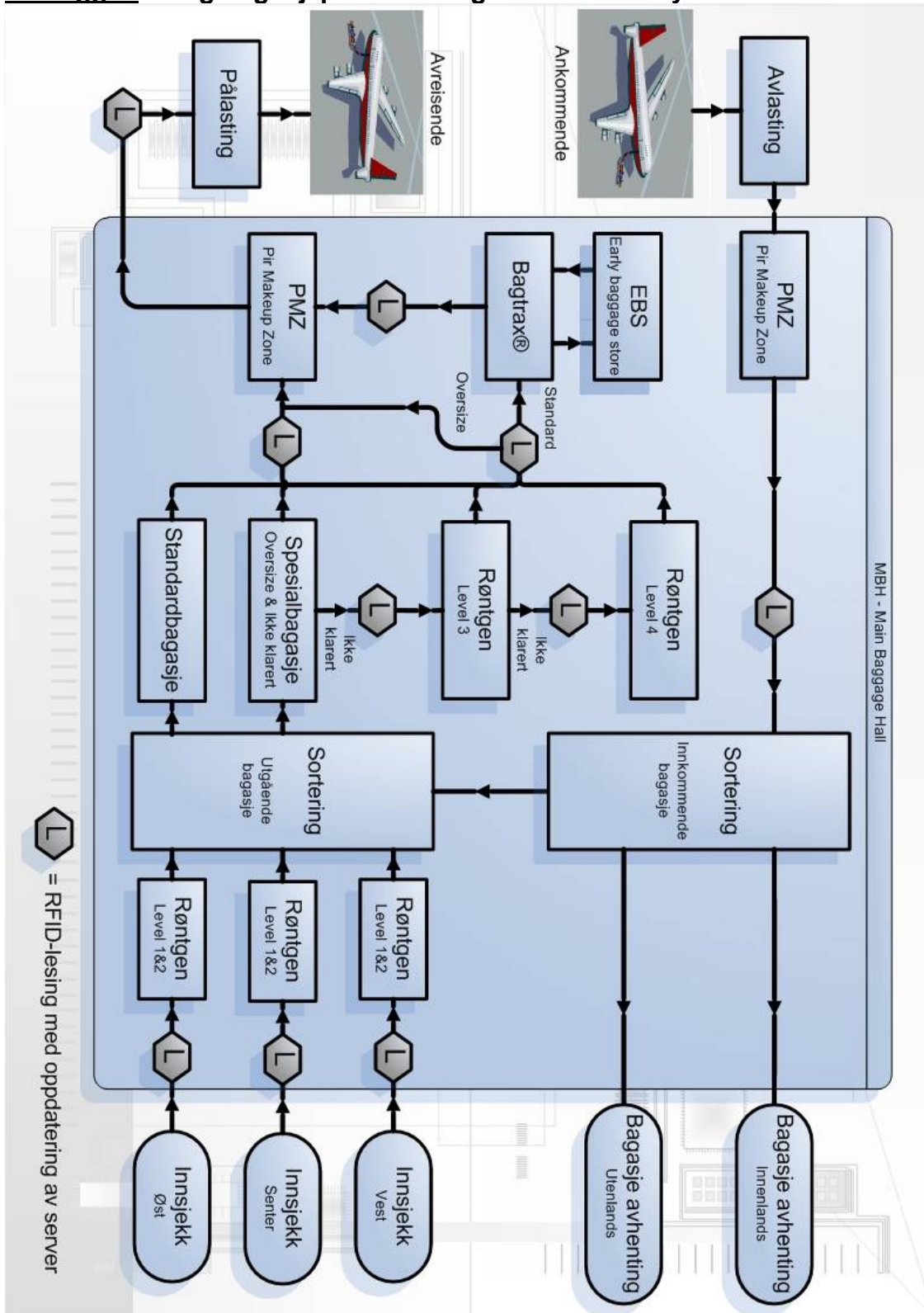
Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Februar 2006	
Godkjent av	Gjennomgått av	Dato 01.03.2006	Revisjon 0.1

Vedlegg 1: Plassering av RFID-system på Gardermoen



RFID til sporing av flybagasje

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Februar 2006	
Godkjent av	Gjennomgått av	Dato 01.03.2006	Revisjon 0.1

Vedlegg 2: Mulig bagasjeprosessering med et RFID-system

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Sammendrag fra P.T.E. 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 03.04.2005	Revisjon 0.1

Sammendrag fra Passenger Terminal Expo 2006 i Paris.

21. – 23. mars 2006

Innhold

1	Introduksjon	2
2	Konferansen	2
3	Utstillingen	4
4	Bilder fra Passenger Terminal Expo 2006	4

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Sammendrag fra P.T.E. 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 03.04.2005	Revisjon 0.1

1 Introduksjon

Sunde deltok på Passenger Terminal Expo 2006 messen, fra 21. til 23. mars, som i hovedsak bestod av konferanser og utstillinger med det nyeste innenfor luftfartsindustrien. Dette for å lære om RFID-teknologiens progresjon i, samt om det siste innen, flyindustrien.

2 Konferansen

B.I.T.S. – Baggage, Information Technology and Security - “The future of baggage systems” og “The RFID revolution – has it started yet?”

Det ble gitt et raskt sammendrag fra RFID-tester utført på bagasjehåndteringsanlegget på Amsterdam Schiphol Airport.

Hong Kong International Airport begynte å bruke RFID på “live”-bagasje 1. august 2005 med 11 millioner klasse 0+ transpondere. De bruker UHF, 920 – 925 MHz og har tillatelse til å bruke 4 W e.r.p., men bruker ca 1 W. De har over 200 lesere og 500 antenner for å foreta en primær- og sekundærsortering, samt at de har håndholdte lesere som kan lese både strekkode og RFID (Dual mode). Før installasjon hadde de en gjennomsnittelig leserate på 75%, nå har de mellom 95% og 97%, noe som har redusert bemanningen fra to til en ved hvert lastepunkt i PMZ'en. Forventet leserate med Generasjon 2 transpondere, som de vil ta i bruk ca fra juni 2006, er fra 97% til over 99%. Deres største utfordringer har vært:

- Håndtering av bagasje som består av metall eller inneholder fluider.
- Helse bekymringer pga RF-utstyr, til tross for at EMC-målinger har vist at de utsettes for mye lavere støy enn det fra mobiltelefoner.
- Lærekurve til operatører av håndholdt RFID-lesere.
- Eldre transpondere som har blitt festet til bagasjen ved tidligere reiser.

Generasjon 2 er resultatet mellom samarbeidet mellom ISO og EPC for å bli enig om en felles standard til bruk ved sporing av flybagasje med RFID-teknologien. Transpondertypen er anbefalt av IATA og de viktigste standardene innen RFID er IATA RP 1740c, ISO 18000-6c, ISO/IEC 15961 og ISO/IEC 15962. Den forbedrer den generelle RF-ytelsen og dermed bagasje gjennomstrømningen.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Sammendrag fra P.T.E. 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 03.04.2005	Revisjon 0.1

Narita International Airport (NAA), i Tokyo Japan, deler opp bagasjeprosesseringsystemet i flere lag, der de nedre vil virke selv om de høyere ikke gjør det. De bruker også en rate kalt irregularitetsrate (IR) som beskriver hvor mange som ikke kommer frem per 1000 kolti. En av deres største fordeler med å bruke RFID var at de kunne garantere at bagasjen er gjennomlyst av røntgen og at man kan ha 100% sporing (tracking) fra innsjekk. I tillegg så har de full prosesseringsoversikt med mulighet til å oppdage og unngå SPF (Singel Point of Failure).

San Francisco International Airport i Las Vegas har årlig ca 34 millioner passasjerer og deres RFID-løsning ble integrert av Alien Technology. Deres første systemet besto av 14 lesere med operasjonsfrekvens 2.45 GHz og det virket bra, men transponderprisen var for høy til tross for at den falt fra 0.5 til 0.4 US dollar. Nåværende UHF-system, som er levert av Alien, ble installert for 2 år siden og har en leserate på 97.5%, mens med oppgradering til generasjon 2 transpondere forventes det en leserate på over 99%.

Installasjonen i Las Vegas opplevde en arbeidsbesparelse på 500 ansatte etter installasjon av RFID-systemet. De fikk et 100% automatisert sjekk av bagasje med sitt eksplosiv deteksjon system (EDS). I dag har de 45 InVision CTX 9000 røntgenmaskiner og som sammen kan gjennomlyse 75 000 kollier per dag. Godkjenningsraten til røntgenmaskinene er ca 75% til 80%.

Alien Technology tror RFID-systemer vil bli svært utbredt nå som det er satt en felles standard for Asia, Europa og Amerika, samt at utprøvinger viser en tydelig økning av nøyaktighet og pålitelighet. Dette vil føre til senking av transponderkostnader noe som igjen vil gi en klar tilbakebetaling av investering, "Return of investment" (ROI).

Alien tror det er i hovedsak flyselskapene som gagnar mest på RFID, samt at RFID er ingen moden teknologi. De anbefaler kunder å starte med å gjennomføre RFID-tiltak på områder der de raskt kan oppleve fortjenesten eller enkelt se fordelene ved å ha gjennomført implementeringen. De poengterer også at det er viktig å ikke velge "dead end"-proprietære løsninger. De tror at i fremtiden vil det være fokus på leverandører av RFID-løsninger, som for eksempel av Microsoft Unisys, IBM, Oracle, Intel osv., og ikke på lesere eller transpondere, så lenge løsningene virker.

Siemens Business Services mener at de største fordelene oppnås ved implementering av RFID ved store installasjoner og nye installasjoner. De tror RFID vil komme, men at det har en lang transisjonstid foran seg. De fortalte at San Francisco hadde en ROI på 25 dager, noe som er svært imponerende. Det er i dag ingen krav om resirkulering av transpondere og at det er ingen store problemer med å lese transpondere som har vært gjennom røntgenmaskinen.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Sammendrag fra P.T.E. 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 03.04.2005	Revisjon 0.1

3 Utstillingen

FKI Logistex har integrert en RFID-løsningen for San Francisco International Airport i Las Vegas, der de bruker UHF-teknologi levert av Symbol. De poengterer at deres løsning ville virke uansett hvilken leserleverandør, eksempelvis Alien, Sick eller lignende, som de velger å bruke. Deres to største problemer oppstår når RFID-transponderene kommer for nærme hverandre, samt hvis det er mye metall i omgivelsene rundt lesestasjonen.

IATA er et "non profit" selskap som har laget standarder for å forenkle implementering av RFID i flyindustrien og disse kan bestilles igjennom deres hjemmeside.

IER har over 10 års erfaring med RFID og de har utviklet en global løsning for RFID-bagasjeprosessering, som er i samsvar med IATA sine standarder. Unntatt for mikrobrikken på transponderen produserer de selv transpondere, merkelappen som transponderen ligger inni, skrivere, RF-kode moduler, lesestasjoner og lesetunneler. De fortalte at de ikke har foretatt noen RFID-installasjoner på flyplasser bortsett fra at de har vært med på eller stått for uttestingen på Amsterdam Schiphol Airport. En av deres lesestasjon er vist på figur 4.4.

Lyngsoe Systems har stått for integreringen av RFID-løsningen på flyplassen i Hong Kong og de bruker Symbol som leverandør. Bildet av deres utstilling er vist på figur 4.5.

Symbol er fortsatt den største leserleverandøren på markedet og både FKI Logistex, Lyngsoe Systems og mange andre velger å bruke deres lesere. Bildet av deres utstilling er vist på figur 4.6.

Bartsch og Intermec er noen av produsentene av RFID-skrivere som bemerket seg på messen.

Access Keyboards leverer HF-lesere for lesing av elektroniske pass.

Quatrotec har i samarbeid med Sick laget en UHF-stasjon, vist på figur 4.7 og 4.8, som består av fire lesere fra Alien og åtte strekkodelesehoder fra Sick. Denne sto ferdig til produksjon i løpet av januar/februar 2006 og ble kåret til den beste lesestasjonen, av Wal-Mart, etter at de hadde gjennomført utfordrende tester. Stasjonen begrenser antennens stråling og kan ifølge dem unngå å lese transpondere så lenge den ikke befinner seg inne i leseområdet, som er begrenset til å ligge ganske nøyaktig mellom søylene til selve konstruksjonen.

4 Bilder fra Passenger Terminal Expo 2006

Noen bilder fra Passenger Terminal Expo 2006 er vist under.

RFID til sporing av flybagasje

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Sammendrag fra P.T.E. 2006	
Godkjent av Idar Sørgerd	Gjennomgått av Idar Sørgerd	Dato 03.04.2005	Revisjon 0.1



Figur 4.1: Passenger Terminal Expo 2006



Figur 4.2: Oversikt over utstillerne, del 1



Figur 4.3: Oversikt over utstillerne, del 2



Figur 4.4: IER sin UHF-lesestasjon

RFID til sporing av flybagasje

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Sammendrag fra P.T.E. 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 03.04.2005	Revisjon 0.1



Figur 4.5: Lyngsoe Systems



Figur 4.6: Symbol sin stand



Figur 4.7: Quatrotec og Sick sin UHF leser, sett fra frsiden



Figur 4.8: Sick og Quatrotec sin UHF-lesestasjon med Alien Technology

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Mars 2006	
Godkjent av Idar Sørgerd	Gjennomgått av Idar Sørgerd	Dato 03.04.2006	Revisjon 0.2

Statusrapport

Fra 1. mars til 1. april 2006

Innhold

1	Introduksjon	2
2	Oppsummering	2
3	Utført arbeid i perioden	2
4	Problemer	5
5	Planlagt arbeid for neste periode	6

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Mars 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 03.04.2006	Revisjon 0.2

1 Introduksjon

Dette prosjektet skal utforske hvorvidt RFID-teknologien er egnet til sporing av flybagasje og går ut på å installere et RFID-system på Oslo Lufthavn Gardermoen. RFID-lesestasjonens leserate skal sammenlignes med fungerende strekkodestasjonen på samme innsjekkingsøy.

Pådriverne for prosjektet er Airport Innovation AS, som er totalleverandør innen løsninger til styring av bagasjesystemer, samt Oslo Lufthavn AS (OSL), som er et heleid datterselskap av Avinor AS, og eier og driver Gardermoen flyplass.

2 Oppsummering

Det var før planlagt at to systemer skal installeres men installasjonen til Ems og Tyco ble avlyst. Det er fortsatt planlagt at Accu-Sort, Deister Electronic og Maxeta skal installere sitt system, selv om dette har av diverse årsaker blitt forsinket.

Denne perioden har bestått av kommunikasjon mellom pådriverne for prosjektet og leverandørene for å avklare og tilrettelegge kommende installasjon på Gardermoen.

Videre har den bestått av å innarbeide teknisk informasjon i prosjektrapporten. Sunde har i tillegg deltatt på Passenger Terminal Expo 2006 for å lære om det siste innenfor RFID i luftfartsindustrien.

3 Utført arbeid i perioden

3.1 Møter

03. mars 2006: Møte med Accu-Sort, Maxeta og Deister Electronic hvor det ble klart at de skal installere og teste sitt RFID-system på Oslo Lufthavn Gardermoen. De skal da installere en UHF-løsning bestående av en kombinert strekkode- og RFID-skriver og en RFID-lesestasjon ved vestre innsjekkingsøy i løpet av april 2006. Det skal da utprøves mellom 2000 og 5000 transpondere, innlagt i merkelappen festet til bagasjen, for å få pålitelige måledata. Deltagere på møte var:

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Mars 2006	
Godkjent av Idar Sørgjerd	Gjennomgått av Idar Sørgjerd	Dato 03.04.2006	Revisjon 0.2

- Christoph Paliot, Product Manager RFID, Accu-Sort.
- Dr. Werner Knop, Head of Engineering, Deister Electronic.
- Arne Johnsen, Head of Division, Maxeta.
- Olav Førstøyl, Service Technician, Maxeta.
- Kjetil Nilsen, Service Technician, Maxeta.
- Idar Sørgjerd, Managing Director, Airport Innovation.
- Håvard Sunde, Student, NTNU.

3.2 Leste dokumenter

Mark Roberti 2005. Plan an RFID Trial That Delivers.

<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/2026/-1/222/>

Rieback, Simpson, Crispo og Tanenbaum 2006. *RFID Viruses and Worms*. Vrije Universiteit Amsterdam.

<http://www.rfidvirus.org/index.html>

Teknisk Ukeblad – TU 2006. Virus i RFID.

<http://www.tu.no/nyheter/sikkerhet/article49736.ece>

Sophos 2006. Sophos calls calm over "RFID viruses".

<http://www.sophos.com/pressoffice/news/articles/2006/03/rfid.html>

IBM Press 2005. *RFID Sourcebook*.

http://wireless.itworld.com/4985/051004_book_rfidsourcebook/page_1.html#1-6

Mary Catherine O'Connor 2005. *Avery Dennison, RSI ID Lower Price Bar*. RFID Journal.

<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1887/-1/1/>

Mary Catherine O'Connor 2006. *Avery Dennison Unveils New Gen 2 Inlays*. RFID Journal.

<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/2175/-1/1/>

Hitachi 2005. RFID mu-Chip Products.

<http://www.hitachi.ca/Apps/hitachicanada/content.jsp?page=forbus/security/mu-chip/index.html&path=jsp/hcl/hcl/en/>

RFID Webinar 2005. *The Generation 2 Transition*.

<https://rfidjournal.webex.com/rfidjournal/onstage/tool/record/viewrecording1.php?EventID=202012740>

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Mars 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 03.04.2006	Revisjon 0.2

RFID Webinar 2005, *EPC Generation 2: Everything You Need To Know*.
<https://rfidjournal.webex.com/rfidjournal/onstage/tool/record/viewrecording1.php?EventID=322850425>

Daniel Deavours 2005. *Are Item-Level Tags Up to the Job?*
<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/2136/-1/342/>

UPM Rafsec 2005. *UHF Tag Class 1 Gen 2 96-bit EPC*.

Toshiba 2006. *B-SX4 & B-SX5*.

Klaus Finkenzeller 2003. *RFID Handbook- Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*. Wiley, Second Edition.

Sue Hutchinson 2005. *RFID Standards Update*. RFID Journal Live!

John Clarke 2005. *The European RFID Experience*. RFID Journal Live!

Symbol 2006. *Understanding Gen 2: What it is, how you will benefit and criteria for vendor assessment*.

Symbol 2005. *Frequently Asked Questions (FAQs) About RFID*.

Symbol 2005. *Standard RFID Industry Glossary*.

Håvard Sunde 2005. *Radiofrekvensidentifikasjon (RFID) til sporing av bagasje*. NTNU.

Werner Knop 2006. *Gepäckidentifikation UHF*. Deister Electronic

3.3 Skrevne dokumenter

Sammendrag fra Passenger Terminal Expo 2006 i Paris.

Korrigeringsplan av fremdriftsplan.

Møtereferat fra møte 3. mars.

Statusrapport for mars.

Kapittel 2 i prosjektrapporten ble omskrevet for å tilføye teknisk informasjon i rapporten som ble påpekt som mangelfullt av sensoren til forprosjektet.

3.4 Aktiviteter

Kommuniserte med de anbefalte RFID-leverandørene for å tilrettelegge kommende installasjon og samle inn teknisk informasjon om produktene.

Deltok på Passenger Terminal Expo 2006 messen, fra 21. til 23. mars, som i hovedsak bestod av konferanser og utstillinger med det nyeste innenfor

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Mars 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 03.04.2006	Revisjon 0.2

luffartsindustrien. Dette for å lære om RFID-teknologiens progresjon i, samt om det siste innen, flyindustrien.

3.5 Annet

Post- og teletilsynet har skriftelig godkjent søknaden om å installere RFID-utstyr på Gardermoen. De tillater at frekvensbåndet 865.6 til 867.6 MHz brukes med en maksimal utstrålt effekt på 2 W og dispensasjonen er geografisk begrenset til Oslo Lufthavn Gardermoen i tidsrommet 16. mars til 31. mai 2006.

Det er forventet at en del utprøvinger er nødvendige før systemet fungerer med en høy leserate på Gardermoen. Derfor har Accu-Sort og Deister Electronic foretatt tester av en RFID-lesestasjon i et testlokale i Stahnshof i Tyskland, slik at de kan gjøre en grovtilpassing av systemet før installasjon på Gardermoen. Deres midlertidige rapport er vist på tysk i vedlegg 1, og en engelsk versjon vil bli laget av Accu-Sort i løpet av uke 14 eller 15. Lesestasjonen, i tyskland, skal også utprøves med transportbånd og virkelighetstro omgivelser og Sunde vil mest sannsynligvis reise dit for å overvåke og delta på utprøvingen før kommende installasjon på Gardermoen.

4 Problemer

Ems og Tyco la frem et budsjett, vist i vedlegg 2, der det ble opplyst at utlån av RFID-utstyr er uaktuelt og at utstyr, installasjon og testing vil koste 34 500 euro. Ettersom det er uaktuelt å kjøpe utstyr før "proof of concept" er foretatt, noe Ems ikke ønsker å gjennomføre, samt at Airport Innovation har ikke satt av et budsjett på tilsvarende størrelse, ble deres installasjon avlyst.

Maxeta, Accu-Sort og Deister Electronic hadde ikke mulighet til å installere sitt system før Sunde sin deltagelse på Passenger Terminal Expo 2006 messen. De fortalte at de ikke kunne installere uken etter messen på grunn av sykdom. På grunn av OSL sitt reglement, som forhindrer å gjøre forandringer på bagasjehåndteringssystemet i og like før høytidssesonger, kan systemet først installeres etter påsken, som vist på vedlegg 3. Etter en samtale med Accu-Sort er blir systemet mest sannsynlig installert i uke 17.

Det ble også klart, i løpet av denne perioden, at forskere i Amsterdam har utgitt en rapport som utreder om muligheten for å smitte et RFID-system med datavirus. Sunde stille seg skeptisk til den påståtte faren for virus, i samsvar med Teknisk Ukeblad sin vurdering, og har informert Airport Innovation og OSL om dette.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Mars 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 03.04.2006	Revisjon 0.2

5 Planlagt arbeid for neste periode

5.1 Møter

05. mars 2006: Møte med Petter Thune-Larsen som jobber i RFID Innovasjonssenter AS for å diskutere prosjektet på Gardermoen.

Diverse møter med pådrivere og leverandører for å avklare de praktiske elementene rundt kommende installasjon.

5.2 Aktiviteter

05. april 2006: Delta på RFIDLOG 2006 i Kolbotn for å undersøke nåværende status med hensyn på implementering av RFID i Norge, samt å få vite mer om RFID Innovasjonssenter AS.

Gjøre inspeksjoner og tilretteleggelse før installering av lesestasjon.

Installere og begynne testingen av RFID-system på Oslo Lufthavn Gardermoen.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Mars 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 03.04.2006	Revisjon 0.2

Vedlegg 1: Gepäckidentifikation UHF

Gepäckidentifikation UHF

- Vorversuche zum Aufbau eines Identifikationssystems -

Zur Identifizierung von Gepäckstücken auf einem Laufband wurden zunächst zwei Varianten von Portalen aufgebaut:

- Variante A: Ein rechtwinkliges Portal mit drei Lesegeräten (Abb. 1 und 4),
- Variante B: Ein angewinkeltes Portal, dessen äußere Säulen schräg sind (Abb. 2 und 3).

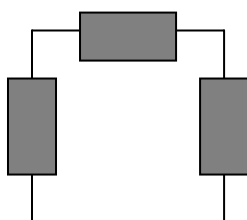
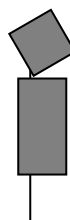


Abbildung 1: Variante A Vorderansicht



Variante A Seitenansicht

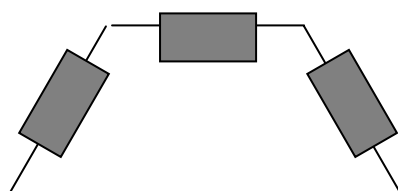
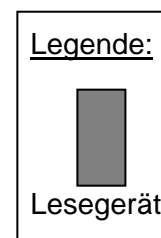
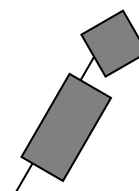


Abbildung 2: Variante B Vorderansicht



Variante B Seitenansicht

Durch beide Portale wurden Transponder in einem Abstand von 40cm...45cm und mit einer Geschwindigkeit von 1 m/s hindurchbewegt. Der Abstand entspricht dem „worst case“, wenn die Transponder an den Gepäckstücken gerade einmal ungünstig zueinander liegen. Es wurden zwei Typen von Transpondern getestet:

- *Rafsec* (Abb. 5),
- *Texas Instruments* (Abb. 6).

Das Portal steht direkt auf dem Boden, es sind keine Metallwände um das Portal herum (wie etwa bei einem Förderband) angebracht. Die Lesegeräte strahlen ihre Leistung aufgrund ihrer Ausrichtung größtenteils nur in die Bewegungsrichtung ab. In dieser Richtung ist ein Tunnel aus Absorbermaterial (*Eccosorb EN77 von Emmerson&Cuming*) aufgebaut, der die in ungewünschte Richtung abgestrahlte Leistung dämpft.

Werden nun die Transponder durch das Portal hindurchgefahren, so erreichen sie nacheinander das von den Lesegeräten erzeugte Feld und können identifiziert werden. Die Lesegeräte sind so

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Mars 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 03.04.2006	Revisjon 0.2

ausgerichtet und so gesteuert, dass das Feld eines jeden Lesegerätes etwa am gleichen Ort (aus Sicht der ankommenden Gepäckstücke) beginnt. Die Versuche haben ergeben, dass die Transponder nicht vor Erreichen des gewünschten Ortes zufällig gelesen werden. Verlässt ein Transponder den Lesebereich in die Richtung, in der das Röntgengerät stehen wird, so kann er erneut gelesen werden. An dieser Stelle verhindert das Steuergerät der Lesegeräte den Versand einer weiteren Transpondernachricht an das übergeordnete System durch die implementierte Filterfunktion.

Das rechtwinklige Portal (Variante A) liefert ein schlechteres Ergebnis als Variante B (das angewinkelte Portal), das durch die angewinkelte Ausrichtung der Lesegeräte die Transponder in den unterschiedlichsten Ausrichtungen besser erfasst werden (mit Energie versorgt werden und gelesen werden können).

Die Transponder von *Rafsec* verfügen über eine geringere Reichweite und weisen eine größere Streuung (Messung der Antennenresonanz) als die Transponder von *Texas Instruments* auf.

- *Rafsec* etwa 3m Reichweite (bei 2W Ausgangsleistung des Lesegerätes),
- *Texas Instruments* etwa 5m Reichweite (bei 2W Ausgangsleistung des Lesegerätes).

Bei der Identifikation treten folgende Probleme auf:

- Kann ein Transponder aufgrund ungünstiger Ausrichtung oder Kontakt zu verstimmendem Material (z.B. Metall) nicht identifiziert werden, gerät die Reihenfolge der Gepäckstücke im System in Bezug auf die Gepäckstücke auf dem Förderband durcheinander. (Ausrichtung der Transponder siehe Abb. 7).
- Ein auf den nicht gelesenen Transponder folgender Transponder wird gelesen. Da das System davon ausgeht, dass dieser Transponder zum vordersten Gepäckstück gehört, kommt es zur Vertauschung.
- Diese Vertauschung wirkt sich auf alle folgenden Gepäckstücke aus.

Um konkretere Versuchsergebnisse zu erlangen, sollten folgende Test durchgeführt werden bzw. folgende Mittel zur Verfügung stehen:

- Die Lesegeräte sollten an einem echten Förderband angebracht werden. Dieses Förderband sollte über Metallwände an den Seiten verfügen und auch sonst weitestgehend mit dem in Oslo übereinstimmen.
- Es muss ein Lesegerät unterhalb der Höhe des Förderbandes angebracht werden. Dazu ist zu untersuchen, ob durch das Material des Förderbandes (Kunststoff?, mit Metallgewebe versetzter Kunststoff?, ...) hindurch Transponder gelesen werden können.
- Alternativ stellt sich die Frage, ob zwischen den Förderbändern eine Lücke entstehen darf, in bzw. unter der ein Lesegerät angebracht werden kann.
- Kommt es aufgrund der Metallwände an den Außenseiten des Förderbandes zu Reflektionen, werden evtl. doch Transponder vor dem gewünschten Lesezeitpunkt identifiziert. Ein abschirmend wirkender „Flattervorhang“ vor und evtl. auch nach dem erzeugten Feld kann unerwünschte Lesungen verhindern.
- Die Transponder sollten an realen Gepäckstücken angebracht werden. Es sollten übliche Taschen und Koffer verwendet werden, auch Aluminiumkoffer.

RFID til sporing av flybagasje

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Mars 2006	
Godkjent av Idar Sørgerd	Gjennomgått av Idar Sørgerd	Dato 03.04.2006	Revisjon 0.2

**Abbildung 3: Variante B****Abbildung 4: Variante A (ohne Lesegeräte)**

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Mars 2006	
Godkjent av Idar Sørgerd	Gjennomgått av Idar Sørgerd	Dato 03.04.2006	Revisjon 0.2

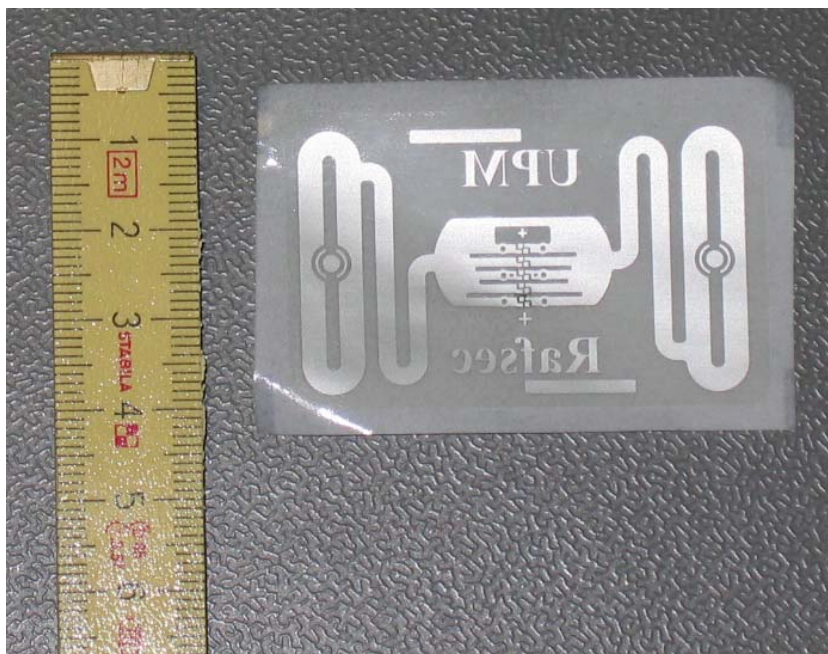


Abbildung 5: Rafsec Transponder

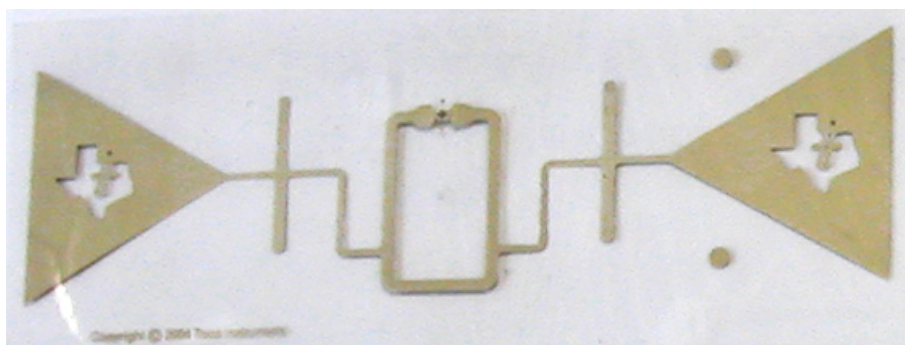


Abbildung 6: Texas Instruments Transponder (9cm * 4cm)

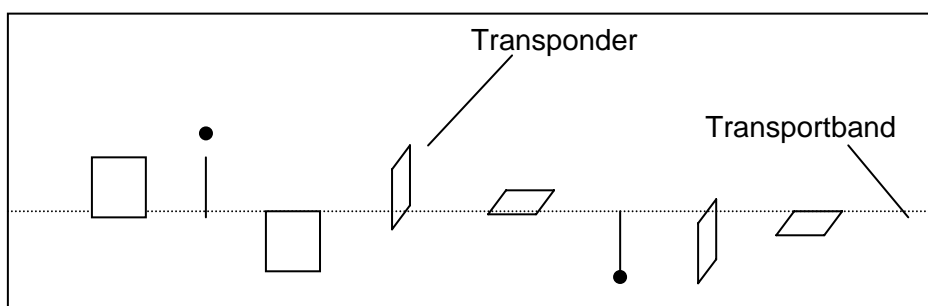


Abbildung 7: Ausrichtung der Transponder

Legende:
● Ungünstige Ausrichtung

RFID til sporing av flybagasje

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Mars 2006	
Godkjent av Idar Sørgerd	Gjennomgått av Idar Sørgerd	Dato 03.04.2006	Revisjon 0.2



RFID til sporing av flybagasje

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Mars 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 03.04.2006	Revisjon 0.2

Vedlegg 2: EMS og Tyco sitt budsjett for RFID stasjon**EMS og Tyco**

This is a budget for hardware, tags and installation.

The antennas are modified so they can read the luggage the right way.

To do the "proof of concept" project the following will be required.

Hardware & Software **Budget price: 12.500, - euro.**

1 pc IDRDR2A4UEU-1

4 pc Narrow Beam Conveyor Antenna

1 pc EOS

1 pc Mounting Structuren (actual volumen will be determined at site survey)

1pc RFI insulating material (actual volumen will be determined at site survey)survey)

1pc Sensors and interface to reader (actual volumen will be determined at site survey)

Optional Hardware

1 pc Printer

Installation & Comissioning Services **Budget price: 22.000, - euro.**

Site Survey (inclusive assessment of software and hardware requirements)

Installation (require presence from baggage sorter personell to carry out changes to existing system)

Comissioning & Stress Testing (may need to be done out of hours and will require on site support)

Application integration and control over GPIO trigger

Data Collection Application

Expenses for total of 3 trips

Total budget cost will be 34.500, - euro.

RFID til sporing av flybagasje

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Mars 2006	
Godkjent av Idar Sørgerd	Gjennomgått av Idar Sørgerd	Dato 03.04.2006	Revisjon 0.2

Vedlegg 3: Mulig installasjonsdager for Maxeta, Accu-Sort og Deister Electronic.

March 2006							April 2006						
Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
		1	2	3	4	5							
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
27	28	29	30	31									
Sunde is attending Passenger Terminal Expo 2006 in Paris							Not allowed to do any changes to system before Easter						
Easter							Easter						
Only allowed to install on Monday, Tuesday and Wednesday night													

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. April 2006	
Godkjent av Idar Sørgerd	Gjennomgått av Idar Sørgerd	Dato 02.05.2006	Revisjon 0.2

Statusrapport

Fra 1. april til 1. mai 2006

Innhold

1	Introduksjon	2
2	Oppsummering	2
3	Utført arbeid i perioden	2
4	Problemer	4
5	Planlagt arbeid for neste periode	5

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. April 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 02.05.2006	Revisjon 0.2

1 Introduksjon

Dette prosjektet skal utforske hvorvidt RFID-teknologien er egnet til sporing av flybagasje og går ut på å installere et RFID-system på Oslo Lufthavn Gardermoen. RFID-lesestasjonens leserate skal sammenlignes med fungerende strekkodestasjonen på samme innsjekkingsøy.

Pådriverne for prosjektet er Airport Innovation AS, som er totalleverandør innen løsninger til styring av bagasjesystemer, samt Oslo Lufthavn AS (OSL), som er et heleid datterselskap av Avinor AS, og eier og driver Gardermoen flyplass.

Leverandører av RFID-systemet er Accu-Sort, Deister Electronic og Maxeta representert av henholdsvis Christoph Paliot, Werner Knop og Arne Johnsen. Deister Electronic vil bygge en lesestasjon med en UDL500 leser, fire antenner, et lukket kabinett og blygardiner. Maxeta vil stille med en RFID-skriver av type Toshiba B-SX4. Paliot er kontaktperson for leverandørene og Accu-Sort vil med sin kompetanse innen bagasjehåndtering, samt sitt testanlegg i Stahnsdorf, lede leverandørene ved installasjon og testing på Gardermoen. Lesestasjon og skriver skal installeres på vestre innsjekkingsøy ved SAS-skranke innsjekk og mellom 2000 og 5000 transpondere, innlagt i merkelapp festet til bagasje, vil da testes.

2 Oppsummering

Denne perioden har bestått av å skrive ferdig kapittel 2, som omhandler RFID-teorien i prosjektrapporten, for å innarbeide mest mulig relevant teknisk informasjon i rapporten. Videre har perioden gått med til å prøve å oppnå kontakt med kontaktperson Paliot for å fastsette en installasjonsdato og avklare alle nødvendige elementer før installasjonen på Gardermoen.

3 Utført arbeid i perioden

3.1 Møter

Det ble ikke holdt noen møter i løpet av denne perioden.

3.2 Leste dokumenter

Klaus Finkenzeller 2003. *RFID Handbook- Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*. Wiley, Second Edition.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. April 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 02.05.2006	Revisjon 0.2

Deister Electronic. *UDL 500*.

http://www.deister.com/content/english/news/news_logident.html

Toshiba TEC, *B-SX4*.

http://toshibateccanada.com/Portals/0/Brochures/bsx4_5brch.pdf

RFDESIGN 2005.

<http://rfdesign.com/mag>

Electro-Com 2006.

<http://www.electrocom.com.au/rfid.htm>

Handheld Scandinavia AB 2006.

<http://www.handheld.se/>

Jörg Auf dem Hövel 2004. *Smarte Chips für die Warenwelt*.

<http://www.morgenwelt.de/418.html>

Eystein Bye og Stein Lagim 2005. *E-handel*.

<http://moses.idi.ntnu.no/pdf/diplom05/ByeLagim.pdf>

Romteknologi 2006. *Fysikk, elektromagnetiske felt og elektromagnetisk stråling*.

http://www.romteknologi.no/view_html?b=38

Professor Kristian Fossheim 2001, *Magnetfelt, fluks og kvantisering*. NTNU.

http://www.phys.ntnu.no/brukdef/prosjekter/super/Bakgrunn/field_n.shtml

RFID Sourcebook 2005.

http://wireless.itworld.com/4985/051004_book_rfidsourcebook/page_1.html#1-6

Håvard Sunde 2005. *Radiofrekvensidentifikasjon (RFID) til sporing av bagasje*. NTNU.

3.3 Skrevne dokumenter

Mye informasjon ble tilføyd og omskrevet i kapittel 2 i prosjektrapporten for å tilføye teknisk informasjon, dette etter påpekning på forprosjektrapporten av daværende sensor. Kapitlet ble "ferdigskrevet" og sendt inn til faglærer for gjennomlesning.

Statusrapport for april.

3.4 Aktiviteter

Prøvde å kommunisere med Accu-Sort og Deister Electronic for å fastsette en installasjonsdato på Gardermoen, innhente teknisk informasjon om produktet og test i Tyskland, samt avklare alle nødvendige elementer rundt kommende installasjon.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. April 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 02.05.2006	Revisjon 0.2

05.april 2006: Delta på RFIDLOG 2006 seminaret for å lære om det siste innen RFID-teknologien i Norge.

18.april 2006: Deltok på demonstrasjon av RFID-skriver, Toshiba B-SX4, foretatt av Andreas Unterbusch og Martin Borglin fra Toshiba.

Sendte en kvadratmeter med transportbånd til tyskland slik at de får testet om karboninnholdet i båndet vil påvirke leserprestasjoner.

4 Problemer

På grunn av flere årsaker, opplistet i vedlegg 1, har installasjonen blitt betraktelig forsinket.

Det har vært store problemer med å oppnå kontakt med Knop fra Deister Electronic og Paliot fra Accu-Sort, da de ignorerte e-poster, ikke kunne nås på telefon, og ikke ringte tilbake selv om de ble bedt om det. Først 25. april ble en kort e-post mottatt fra Paliot, der han skylder på interne forandringer i bedriften som gjorde at han ikke hadde tid til å svare. Knop hevder at han ikke har svart fordi Paliot var deres kontaktperson.

Sunde må søke om utvidet dispensasjon fra PT, da installasjon og testing er forsinket mer enn det først var trodd mulig da søknaden ble sendt. Det ble opprinnelig søkt om tillatelse fra 15. februar til 15. april, men på grunn av leverandørforsinkelser ble det, i samråd med Bent André Støyva overingeniør i Post- og teletilsynet avdeling frekvensforvaltning, under PT sin behandlingstid, forandret til daværende dags dato, 16. mars, til 31. mai 2006.

Det ble oppdaget at RFID-skriveren har en begrensning i hvor store transpondere den kan kommunisere med. Dette fordi leserantennen i skriveren står 90 grader på lengderetningen til transponderantennen, noe som gjør at det oppstår problemer for leserantennen til å danne et elektromagnetisk felt stort nok for at transponderantennen kan indusere nok energi til å drive mikrobrikken.

De "non disclosure agreement" (NDA) kontraktene som Deister Electronic har sendt til Airport Innovation vil hindre Sunde å skrive sin masterrapport ved at den hindrer kommunikasjon med NTNU og OSL. Derfor må enten nye kontrakter skrives eller så må Deister Electronic gi Sunde en nødvendig skriftelig tillatelse.

Harddisken i Sunde sin bærbare maskin ble ødelagt, slik at Sunde mistet en del informasjon, blant annet rapporter, innsamlet teknisk data og alle e-postutvekslinger foretatt med airport-innovation.no adressen.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. April 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 02.05.2006	Revisjon 0.2

5 Planlagt arbeid for neste periode

5.1 Møter

Diverse møter med OSL, Accu-Sort, Deister Electronic og Maxeta.

5.2 Aktiviteter

Søke PT om å få utvidet frekvensdispensasjonen

Avklare med OSL om når det er mulig å installere RFID-systemet.

Uke 20: Delta på uttesting av Deister Electronic sin lesestasjon ved Accu-Sort sitt testanlegg i Stahnsdorf.

Gjøre inspeksjoner og tilretteleggelse på Gardermoen før installasjon av lesestasjon.

Installere og teste RFID-systemet på Gardermoen i ukene etter uttesting i Stahnsdorf.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. April 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 02.05.2006	Revisjon 0.2

Vedlegg 1: Utsettelse av installasjon

Maxeta, Accu-Sort og Deister Electronic kunne ikke installere i løpet av februar, grunnet at de måtte teste utstyret selv i Tyskland for å gjøre grovtilpassinger slik at systemprestasjonene ble best mulig ved installasjon på Gardermoen, og dermed ble installasjonen utsatt til mars.

I mars utførte Deister Electronic testinger i sitt anlegg i Tyskland, Sunde deltok på Passenger Terminal Expo messen i Paris og Accu-Sort kunne ikke installere etter messen grunnet sykdom, disse faktorene førte til at installasjonen ble utsatt til april.

På grunn av OSL sitt reglement var det ikke tillatt å foreta noen forandringer av bagasjesystemet i og før høysesonger, i dette tilfelle påske, og dermed ble installasjonen utsatt til etter påske. Grunnet manglende informasjon fra leverandører bestemte Sunde, i samråd med Airport Innovation å utsette installasjonen til mai.

Accu-Sort skal teste lesestasjon i sitt testanlegg i Stahnsdorf i Tyskland med en bestilt blygardin og et kabinett som de først vil motta i løpet av uke 19, og etter ca en uke med testing kan installasjonen gjøres på Gardermoen, ca i uke 21.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Mai 2006	
Godkjent av Idar Sørgerd	Gjennomgått av Idar Sørgerd	Dato 01.06.2006	Revisjon 0.1

Statusrapport

Fra 1. mai til 1. juni 2006

Innhold

1	Introduksjon	2
2	Oppsummering	2
3	Utført arbeid i perioden	2
4	Problemer	4
5	Planlagt arbeid for neste periode	4

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Mai 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 01.06.2006	Revisjon 0.1

1 Introduksjon

Dette prosjektet skal utforske hvorvidt RFID-teknologien er egnet til sporing av flybagasje, og går ut på å installere et RFID-system på Oslo Lufthavn Gardermoen, for så å se om se om RFID kan gi en høyere leserate enn fungerende strekkodestasjon ved samme innsjekkingsøy. Lesestasjon og skriver skal installeres på vestre innsjekkingsøy og mellom 2000 og 5000 transpondere, innlagt i bagasjelappene, skal testes.

Pådriverne for prosjektet er Airport Innovation AS, som er totalleverandør innen løsninger til styring av bagasjesystemer, samt Oslo Lufthavn AS (OSL), som er et heleid datterselskap av Avinor AS, og eier og driver Gardermoen flyplass.

Leverandører av RFID-systemet er Accu-Sort, Deister Electronic og Maxeta, representert av henholdsvis Christoph Paliot, Werner Knop og Arne Johnsen. Deister Electronic har bygget en lesestasjon med en UDL500 leser, fire antenner, et lukket kabinett og blygardiner. Maxeta vil stille med en RFID-skriver av type Toshiba B-SX4. Paliot er kontaktperson for de tyske leverandørene, og Accu-Sort vil med sin kompetanse innen bagasjehåndtering, samt sitt testanlegg i Stahnsdorf, lede dem ved installasjon og testing på Gardermoen.

2 Oppsummering

Denne perioden har bestått av å skrive på kapittel 3, som omhandler valg av RFID-system i prosjektrapporten. Videre har perioden gått med til å jobbe med leverandørene for å avklare installasjonsdato, samt hvilke aktiviteter de må gjennomføre før systemet kan utprøves.

3 Utført arbeid i perioden

3.1 Møter

Det ble ikke holdt noen møter i løpet av denne perioden.

3.2 Leste dokumenter

Klaus Finkenzeller 2003. *RFID Handbook- Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*. Wiley, Second Edition.

TI-RFid 2005. *UHF Gen 2, System Overview*. Texas Instruments
<http://tii.developerconference.ext.ti.com/post-conf/downloads/rfid-tutorial2.pdf>

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Mai 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 01.06.2006	Revisjon 0.1

Greg Leeming, 2004. *RFID Overview*. Intel Corporation.

http://www.ee.washington.edu/research/ieee-comm/Presentations/comsoc_talks/RFID%20Overview%20-%20IEEE%20-%202011-8-2004.ppt

Mark Roberti 2004. *New ETSI RFID Rules Move Forward*. RFID Journal.

<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1229/-1/1/>

Kevin Powell 2003. *Passive Radio Frequency Identification (RFID) – A Primer for New RF Regulations*. Matrics Incorporated.

http://www.integratedsolutionsmag.com/RFID/PDFs/2005_05_06_Matrix.pdf

Hendrik van Eeden 2004. *Europe Needs New RFID Regulations*.

<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/974/-1/1>

John Falk 2004. *The New RFID Standard in Europe*.

<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1237/-1/1>

Javvin 2005. *Wireless Technology Terms, Glossary and Dictionary*.

<http://www.javvin.com/wireless/FHSS.html>

Hansen, Lippert, Mattethat, Jørgensen og Tøndering 2006.

Taggingteknologier, En oversikt. Teknologisk Institut.

http://www.teknologisk.dk/root/media/20105_Taggingteknologier_v2_0.pdf

Texas Instruments 2005. *RI-STU-655A*.

<http://www.ti.com/rfid/docs/manuals/pdfSpecs/RI-STU-655AdataSheet.pdf>

ThingMagic 2005. *Generation 2, A User Guide*.

<http://www.adt.com/wscomm/images/referencelibrary/Gen2UserGuide.pdf>

Håvard Sunde 2005. *Radiofrekvensidentifikasjon (RFID) til sporing av bagasje*. NTNU.

3.3 Skrevne dokumenter

Mye informasjon ble tilføyd og omskrevet i kapittel 3 i prosjektrapporten for å beskrive utvelgelsen av RFID-systemet på Gardermoen.

Statusrapport for mai.

3.4 Aktiviteter

Forhandlet frem et nytt utkast av NDA med Deister Electronic, som de vil lage og sende ut til vurdering hos alle involverte parter.

Har kommunisert med Accu-Sort og Deister Electronic for å fastsette en installasjonsdato på Gardermoen, men de har ennå ikke kunnet fastsette datoen.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Mai 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 01.06.2006	Revisjon 0.1

Andersen sendte Sunde bagasjelapper som ble videresendt til Maxeta, slik at de kan skrive ut lapper med tilsvarende utforming som det Norwegian har i dag. Dette ble gjort etter at det ble klart at SAS flytter fra vestre til østre innsjekkingsøy, og Norwegian tar over den vestre øyen.

4 Problemer

Ettersom PT innvilget en sendetillatelse fra 16. mars til 31. mai 2006, måtte Sunde, grunnet forsinkelsene fra leverandørene, avklare om en forlengelse var mulig. Bent André Støyva, overingeniør i Post- og teletilsynet, avdeling frekvensforvaltning, er villig til å innvilge dette ettersom prosjektet er et midlertidig forsøk.

I forrige periode gikk det med mye tid til å prøve å få informasjon fra Accu-Sort og Deister Electronic. For å unngå dette har Sunde i denne perioden brukt Arne Johnsen, kontaktperson i Maxeta, som mellommann slik at Johnsen har fått mye av ansvaret for å få svar fra de tyske leverandørene.

Accu-Sort og Deister Electronic har ennå ikke satt en installasjonsdato. De vil i midlertidig installere og teste RFID-stasjonen i uke 23, og muligens uke 24 på Accu-Sort sitt anlegg i Berlin, men videre plan er i skrivende stund ikke laget frem. Deres problemer med å fastsette en fremdriftsplan for testing og installasjon virker betraktelig negativt på deres rykte/evne som leverandører.

5 Planlagt arbeid for neste periode

5.1 Møter

02. juni 2006: Møte med faglærer for å gjennomgå prosjektrapport, diskutere status på prosjektet og søke fakultetet om innleveringsutsettelse.

Diverse møter med OSL, Accu-Sort, Deister Electronic og Maxeta.

5.2 Aktiviteter

Skrive prosjektrapport.

Avklare med OSL om når det er mulig å installere RFID-systemet.

Uke 23 og muligens uke 24: Reise til Berlin for å delta på uttesting av Deister Electronic sin lesestasjon ved Accu-Sort sitt testanlegg i Stahnsdorf.

Gjøre inspeksjoner og tilretteleggelse på Gardermoen før installasjon av lesestasjon.

RFID til sporing av flybagasje

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Mai 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 01.06.2006	Revisjon 0.1

Installere og teste RFID-systemet på Gardermoen i ukene etter uttesting i Stahnsdorf.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Juni og juli 2006	
Godkjent av Idar Sørgerd	Gjennomgått av Idar Sørgerd	Dato 14.06.2006	Revisjon 0.1

Statusrapport

Fra 1. juni til 14. juli 2006

Innhold

1	Introduksjon	2
2	Oppsummering	2
3	Utført arbeid i perioden	2
4	Problemer	3
5	Planlagt arbeid for neste periode	4

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Juni og juli 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 14.06.2006	Revisjon 0.1

1 Introduksjon

Dette prosjektet går ut på å utforske hvorvidt RFID-teknologien er egnet til sporing av flybagasje. Dette ved å installere et RFID-system på Oslo Lufthavn Gardermoen, for å se om RFID kan gi en høyere leserate enn fungerende strekkodestasjon ved samme innsjekkingsøy.

Pådriverne for prosjektet er Airport Innovation AS; totalleverandør innen løsninger til styring av bagasjesystemer, samt Oslo Lufthavn AS (OSL); et heleid datterselskap av Avinor AS, som eier og driver Gardermoen flyplass.

Leverandører av RFID-systemet er Accu-Sort, Deister Electronic og Maxeta. Deister Electronic har bygget en lesestasjon bestående av en CPU koblet til fire antenner i et lukket kabinett, med absorberende materiale og refleksjonsgardiner. Maxeta forsyner prosjektet med transpondere til testingen, samt at de disponerer en RFID-skriver av type Toshiba B-SX4.

2 Oppsummering

Denne perioden har gått med til å teste RFID-stasjonen hos Accu-Sort sine lokaler i Tyskland, samt på Oslo Lufthavn Gardermoen. I tillegg har det blitt redigert og tilføyd informasjon i prosjektrapporten.

3 Utført arbeid i perioden

3.1 Møter

02. juni 2006: Møte med faglærer for å gjennomgang av prosjektrapport, diskutere status på prosjektet og søke fakultetet om innleveringsutsettelse.

Det ble ikke holdt noen flere offisielle møter i løpet av denne perioden, selv om flere personer har blitt kontaktet, enten uformelt, per e-post eller telefon, for å diskutere elementer i prosjektet.

3.2 Leste dokumenter

Klaus Finkenzeller 2003. *RFID Handbook- Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*. Wiley, Second Edition.

RFID Investing. *Our Current List of Private Radio Frequency Identification (RFID) Technology Companies*.

http://www.rfidinvesting.com/RFID/Private_RFID.asp

Safety and Security Asia 2005. *Exhibitors Snippets*.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Juni og juli 2006	
Godkjent av Idar Sørgerd	Gjennomgått av Idar Sørgerd	Dato 14.06.2006	Revisjon 0.1

http://www.safetysecurityasia.com.sg/es_coselec.html

EMS - Escort Memory Systems 2006. *Company Profile*.
<http://www.ems-rfid.com/coprofile.html>

Deister Electronic GmbH 2006. *Company Profile*.
<http://www.deister.com/content/english/profile/index.htm>

Håvard Sunde 2005. *Radiofrekvensidentifikasjon (RFID) til sporing av bagasje*. NTNU.

3.3 Skrevne dokumenter

Oversikt over resultatene fra testingen i Accu-Sorts lokaler, vist i vedlegg 1.

Oversikt over resultatene fra testingen ved Oslo Lufthavn Gardermoen, vist i vedlegg 2.

Statusrapport for juni/juli.

3.4 Aktiviteter

Uke 23: Testet RFID-lesestasjonen i Accu-Sorts lokaler i Tyskland.

Utførte inspeksjoner og tilretteleggelse på Gardermoen før installasjon av lesestasjon.

Uke 27: Installerte og testet RFID-lesestasjonen ved Oslo Lufthavn Gardermoen.

Forhandlet frem til enighet rundt NDA-kontrakten med Deister Electronic. Kontrakten vil bli sendt ut til vurdering hos alle involverte parter.

Laget kabler for å logge informasjonen fra strekkodeskrivere og leser, samt testet koblingen med utstyret på Gardermoen.

Kommuniserte mye med ansatte i Airport Innovation og personell på Gardermoen for å skaffe nødvendig kunnskap om bagasjehåndteringen ved flyplassen, samt for å lage et best mulig testoppsett.

4 Problemer

Leverandørene utsatte installasjonen fra uke 26 til 27, grunnet sykdom, noe som førte til diverse komplikasjoner, blant annet personellmangel. Deres problemer med å fastsette en fremdriftsplan for testing og installasjon virker negativt på deres rykte/evne som leverandører.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Juni og juli 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 14.06.2006	Revisjon 0.1

I Tyskland ble det oppdaget at bredden til RFID-stasjonen var laget for et transportbånd på 88 cm i stedet for et bånd på 1 m med vanger og klaring som gir en total bredde på 110 cm. Utviding ville bli utført av Accu-Sort, men stasjonens refleksjonsgardin setter en breddebegrensning på 1 m. Etter samtaler med Per Viggo Andersen, fagleder bagasje, ble det klart at denne bredden er tilstrekkelig.

Andersen informerte også om at det ikke lenger var mulig å flytte fotoceller, på grunn av restriksjoner i høytrafikkperioder, hvilket medførte at tilegnet installasjonsbredde ble redusert fra 180 cm til 120 cm. Dette medførte forandringer i konstruksjonsutformingen til stasjonen like før installasjon. Ettersom Accu-Sort også har utført forandringer på utformingen etter testing i Tyskland, uten videre hensyn til praktiske forhold på Gardermoen, krevde dette også omgjøringer for å muliggjøre installasjonen på flyplassen.

Det ble oppdaget at Sita ikke tillater annet enn forhåndsgodkjente skrivere ved innsjekkingssskrankene på ekte bagasje, og dermed kunne ikke Toshiba-skriveren brukes, slik Andersen først trodde. Ingen av dagens godkjente skrivere støtter RFID, og en slik sertifisering krever ca 8 ukers behandling. Derfor ble testingen utført uten denne skriveren.

Det var, trolig på grunn av programfeil, ikke mulig å logge informasjonen fra skriverne og skanneren over lengre tid uten at programmet brøt sammen og dermed sluttet å logge. Ved tidligere uttestinger ble ikke programmet prøvd ut lenge nok til å oppdage denne feilen.

På grunn av mye arbeid med installasjon og testing i månedskillet juni og juli, ble det valgt å utsette skiving av statusrapport til etter at det var fullført.

5 Planlagt arbeid for neste periode

5.1 Møter

Diverse møter med Morten Olavsbråten for å diskutere prosjektrapporten.

5.2 Aktiviteter

Skrive prosjektrapport.

5.3 Diverse

Ettersom det meste av arbeidet fremover vil bestå i å skrive på prosjektrapporten, med innleveringsfrist 7. august, vil det ikke bli laget flere statusrapporter fremover.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Juni og juli 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 14.06.2006	Revisjon 0.1

Vedlegg 1: Testing ved Accu-Sorts lokaler i Tyskland

Tests at Accu-Sort

Day 1 - 07/06/2006

Tag type	Total read rate
Texas Instruments	92,5 %
Rafsec Sales code "3000907"	83,4 %
Rafsec Dogbone	82,3 % *)
Rafsec Short Dipole	99,2 % *)

Test setup	
Number of rounds	10 rounds
Bag type/content	Water inside Metal inside Plastic inside

Day 2 - 08/06/2006

Tag type	Total read rate
Rafsec Short Dipole	90,5 % *)
Texas Instruments	72,8 %

Test setup	
Number of rounds	20 rounds
Bag type/content	Metal inside Water inside Aluminium suitcase

Day 3 **) - 09/06/2006

Tag type	Total read rate
Rafsec Short Dipole	83,3 %
Texas Instruments	73,5 %

Test setup	
Number of rounds	50 rounds
Bag type/content	Water inside Aluminium suitcase Metal inside Plastic inside

All bags had an approximately distance of 40 cm

*) = 1 error in the reading sequence

**) = New shielding curtain installed

RFID til sporing av flybagasje

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. Juni og juli 2006	
Godkjent av Idar Sørkjerd	Gjennomgått av Idar Sørkjerd	Dato 14.06.2006	Revisjon 0.1

Vedlegg 2: Testing ved Oslo Lufthavn Gardermoen

Test result at Oslo Airport Gardermoen

	Check in 1	Check in 2	Check in 3
EPC numbers in the tags	489 to 636	351 to 488	136 to 280
Tags on the roll	148	138	145
Oversize luggage	10	12	13
Damaged tags (with lines) + not used tags	2	7	3
Tags in the system	136	119	129

Total number of tags into the system

137+120+129= 384

Read and logged tags 371

Reading rate: 371/384 **96,61 %** 96,6146 %

A no-read-rate of 3,39% means 13 tags that could not be read at the test.

Possible reasons for the no reads:

The tags were damaged in the printers at the check in.

The tags were damaged during the three rewinding processes.

The reader was not able to read the tags.

The tags were damaged on the conveyor belt on the way from the check in to the RFID station

Vedlegg 5

Utrekning fra u_2 til H_{\min} ,
ved induktivt koblet RFID-system

$$u_2 = \frac{u_{Q2}}{1 + (j\omega L_2 + R_2) \cdot \left(\frac{1}{R_L} + j\omega C_2 \right)} \quad (1)$$

Hvis man antar et homogent, sinusformet magnetfelt i vakuum kan man ved hjelp av formel 2.19 uttrykke u_2 som vist i ligning 1, der A_T er antennearealet til transponderen, N_T er antall vinninger i transponderspølen og H_{eff} er den effektive feltstyrken til det magnetiske feltet.

$$u_2 = \frac{j\omega \cdot \mu_0 \cdot A_T \cdot N_T \cdot H_{eff}}{1 + (j\omega L_2 + R_2) \cdot \left(\frac{1}{R_L} + j\omega C_2 \right)} \quad (2)$$

Multipliserer ut nevner og får:

$$u_2 = \frac{j\omega \cdot \mu_0 \cdot A_T \cdot N_T \cdot H_{eff}}{j\omega \left(\frac{L_2}{R_L} + \omega R_2 C_2 \right) + \left(1 - \omega^2 L_2 C_2 + \frac{R_2}{R_L} \right)} \quad (3)$$

Snur på ligningen for å finne H_{eff} og ved å ta absoluttverdien av det komplekse uttrykket finner man uttrykket for H_{min} :

$$H_{min} = \frac{u_2 \sqrt{\left(\frac{\omega L_2}{R_L} + \omega R_2 C_2 \right)^2 + \left(1 - \omega^2 L_2 C_2 + \frac{R_2}{R_L} \right)^2}}{\omega \cdot \mu_0 \cdot A_T \cdot N_T} \quad (4)$$

Fra formelen for koblingens resonansfrekvens, vist i ligning 2.27 i rapporten, finnes følgende uttrykk for $L_2 C_2$:

$$L_2 C_2 = \frac{1}{(2\pi f_0)^2} = \frac{1}{\omega_0^2} \quad (5)$$

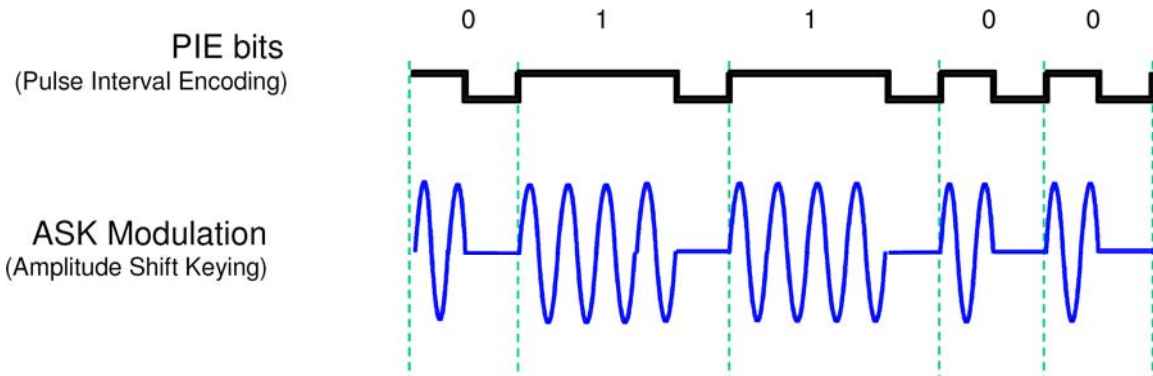
Ligning 5 settes inn i ligning 4 og gir følgende formel for H_{min} .

$$H_{min} = \frac{u_2 \sqrt{\omega^2 \left(\frac{L_2}{R_L} + \frac{R_2}{\omega_0^2 L_2} \right)^2 + \left(\frac{\omega_0^2 - \omega^2}{\omega_0^2} + \frac{R_2}{R_L} \right)^2}}{\omega \cdot \mu_0 \cdot A_T \cdot N_T} \quad (6)$$

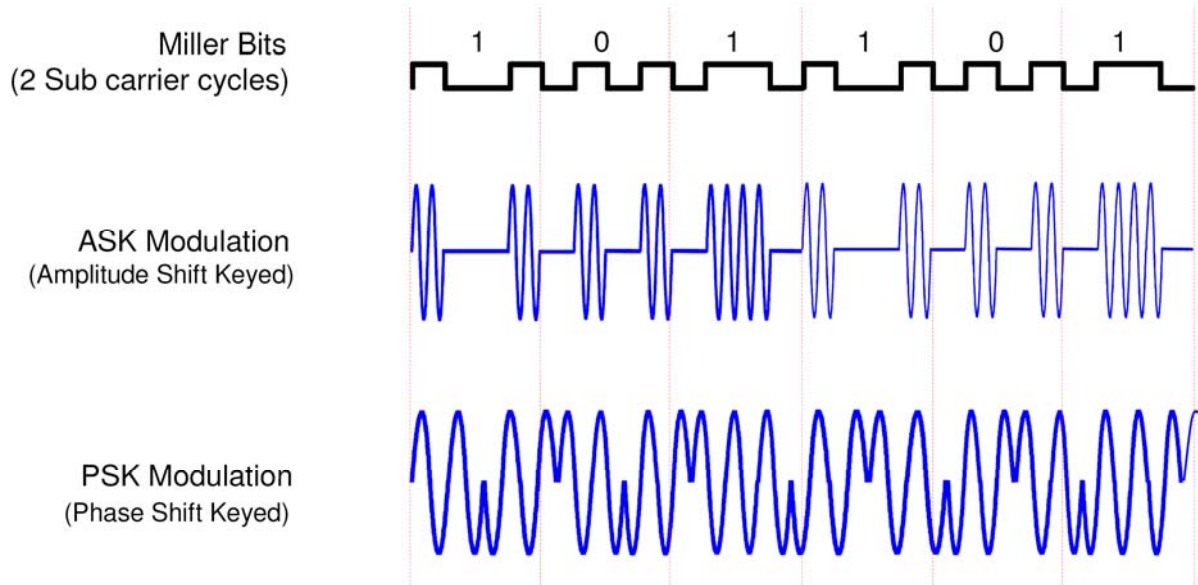
Vedlegg 6

De vanligste modulasjonstyper

De vanligste modulasjonstypene for kommunikasjon mellom leser og transponder



De vanligste modulasjonstypene for kommunikasjon mellom transponder og leser



Figurer er hentet fra TI-RFid 2005. *UHF Gen 2, System Overview*. Texas Instruments [31]

Vedlegg 7

Leverandørspørsmål

The use of RFID for baggage tracking

Author Håvard Sunde		Document No. SICK-01	
Approved Idar Sørkjerd	Reviewed Morten Olavsbråten	Date 29.09.2005	Revision 0.1

Reference list

Contents

1	General about the project	2
2	Questions:	2
3	Comments	3

Author Håvard Sunde		Document No. SICK-01	
Approved Idar Sørkjerd	Reviewed Morten Olavsbråten	Date 29.09.2005	Revision 0.1

1 General about the project

The first period of the project, from September to December, will be a theory study of RFID technology and of possible vendors. At the end of this period, a RFID system and one or more vendors will be selected. The next period, from January to June, will consist of testing the chosen system. The system will be mounted and tested on a “check in island” on Oslo Airport Gardermoen. The airport has a capacity of 15 000 bags per day. The goal of the project is to increase the baggage tracking, with an RFID system. Most likely, we will use chipless tags in the baggage label, but in the start of the project, we will look at all kinds of tags.

2 Questions:

1. Which frequencies and standards do you support?
2. Can you back up your performance claims?
3. Do you do site inspections?
4. How will you help us protect the investment?
 - a. Can the readers be upgraded remotely over a local or wide area network to comply with new standards that emerge?
5. How will you help us minimize the maintenance costs?
 - a. How can the readers be maintained in a cost-effective way?
 - b. Will the system administrator receive an alert if a reader is no longer detected on the network?
 - c. Can readers be rebooted remotely?
 - d. Do the readers have self-diagnostic systems?
 - e. What kind of warranty do the readers come with?
6. Have you done any interoperability testing?
 - a. Has the readers been thoroughly tested with tags from different manufacturers?
7. Do you offer middleware?

Author Håvard Sunde		Document No. SICK-01	
Approved Idar Sørkjerd	Reviewed Morten Olavsbråten	Date 29.09.2005	Revision 0.1

8. Do you have a partner who can integrate the readers with backend systems?
9. Can you deliver the volumes needed for this project?
10. Does the RFID system have an open architecture?
11. Does your management team have a solid history of industry experience and expertise, and a demonstrated capability to lead and manage the staff effectively?
12. Have you deployed projects similar to this project, and would the customer references confirm a track record of high-quality work, on time and within budget?
13. What kind of experience do you have in the aviation industry and in RFID Technology?
14. Do you have a well-known set of partners and alliances that are willing to be used as references?

3 Comments

Perhaps you can answer some of the questions before the meeting in Munich, so that there is more time for discussions and presentations.

Vedlegg 8

Sensormatic® Agile 2 Reader



Sensormatic® Agile 2 Reader

Multi-Protocol | Multi-Frequency Intelligent RFID Reader

Flexible | Smart | Agile 2

The Sensormatic® Agile 2 Reader is a flexible, multi-protocol, multi-frequency RFID reader that can detect labels in the UHF spectrum. The Agile 2 Reader was designed to be deployed in a wide variety of tag and frequency environments and can read data simultaneously from the following types of labels: EPC Class 0 (generation 1), O+ (generation 1), Class 1 (generation 1 and 2) and ISO 18000(6b).

The Agile 2 Reader acts as an internet appliance and comes in a variety of antenna configurations to best fit any deployment. It provides a high read reliability with a dual-dipole tag. The modular design of the Agile 2 Reader allows it to be uniquely configured enabling it to be deployed in a multitude of countries.

Product Benefits:

- High read rates: Suitable for use with a wide range of RFID applications
- For lower price per read point multiple antenna ports enable connection of up to 8 antennas for EPC Class 1 and up to four antennas (4 Tx, 4 Rx) for Class 0
- Supports multiple network protocols, wired interfaces and operating systems
- High capacity real-time database accessible through Reader Query Language (RQL); supports tag history; tag filtering supported via Boolean RQL operators
- Protocol modules and reader firmware are upgradeable and extendable both locally and remotely, such as with an I/O API, making the Agile 2 Reader easy to install, customize, maintain and operate

Sensormatic® Agile 2 Reader

The Sensormatic® Agile 2 Reader uses RFID technology to read data stored on RFID tags and labels. The reader operates as a Structured Query Language (SQL) server, providing tag data in response to requests. A separate software application, such as the Sensormatic® Device Commander, may be used to direct its operation and provide a user interface. The reader supports UHF antennas as well as multiple configurations of UHF antenna ports. The Agile 2 Reader transfers the RFID data to a remote computer through a wired 10/100 or optional wireless Ethernet connection.

Antennas Supported

Sensormatic® RFID-Antenna 915 MHz EPC Class 1/0 circular

Product Code: IDANT20TNA25

Operating Frequency: 915 MHz

Dimensions: 64 x 31 x 4.5 cm (25 x 12.2 x 1.7 in)

Cable: 7.6 m (25 Feet)

OmniWave UHF NA Circular Antenna

Product Code: NA: IDANT10CNA25

Operating Frequency: UHF: 902-928 MHz

Dimensions: 31 x 31 x 5.3 cm (12.2 x 12.2 x 2 in)

Cable: LMR 195 7.6m (25 Feet)

Sensormatic® RFID-Antenna 868 MHz EPC Class 1 Circular

Product Code: EU: IDANT10CEU25

Operating Frequency: UHF: 865-868 MHz

Dimensions: 31 x 31 x 5.3 cm

Cable: LMR 195 7.6m (25 Feet)

Technical Specifications

Dimensions: 26.6 x 30.5 x 3.8cm (10.4 x 12 x 1.5 in)

Weight: 1.4 kg (3 lbs.)

Operating Frequencies

Multi-frequency (UHF - 915, UHF - 868) RF modules - common logic and control module

Protocols Supported

Multi-protocol (EPC Class 1 generation 1 and generation 2, EPC Class 0, Matrics 0+, ISO 18000(6b))

Processor/Memory

XScale Processor (Intel IXP420) running Linux with DSP controlled RF modules

T1 16-bit fixed point DSP at 300 MHz

10/100 fast Ethernet interface

64 MB Volatile Memory (SDRAM)

16 MB Non-volatile Memory (Flash)

Network Protocols

TCP/IP, UDP, DHCP, HTTP and NTP

Interfaces Supported

TCP/IP, RS232

Operating System

Intel (Xscale) powered – Linux OS

Antenna Ports

EPC Class 1–4 and 8 ports

EPC Class 0 / 1–2 and 4 ports

Power Supply

24VDC, 2A

Power Consumption: 32 Watts

Temperature: 0° to 40° C Operating / -20° to 70° C Storage

Regulatory Compliance

EMC: 47 CFR, Part 15

Safety: UL 60950, Can/CSA C22.2 No 60950, EN 60950

Product Codes

IDRDR2A4UNA-1: 4 Port UHF - NA

IDRDR2A4UEU: 4 Port UHF - EU

IDRDR2B2UNA-1: 2 Port UHF - NA 1/0

IDRDR2A8UNA-1: 8 Port UHF - NA

IDRDR2A8UEU: 8 Port UHF - EU

IDRDR2B4UNA-1: 4 Port UHF - NA 1/0

Vedlegg 9

**Sensormatic® RFID Antenna 868 MHz
(EPC Class 1 Circlar)**



Sensormatic® RFID-Antenna 868 MHz (EPC Class 1 Circular)

Delivering Industry-Leading Performance, Low-Cost Installation, Excellent Read Distance and Durability

The Sensormatic® RFID-Antenna 868 MHz is a fixed RFID antenna that communicates with Sensormatic Agile 2 Readers. This antenna can detect EPC Class 1 and ISO 18000(6b) labels moving through the retail supply chain and relay pertinent data to the reader.

The RFID-Antenna 868 MHz is designed for dock door or conveyor system usage. Options such as swivel and offset mounting brackets ensure installation flexibility, allowing you to place the antenna to get the best performance from the Sensormatic Agile 2 Readers.

Product Benefits

- Maximum antenna performance achieved with Sensormatic RFID Agile 2 Readers
- Compatible with both EPC Class 1 and ISO 18000(6b) labels
- Durable construction allows for placement in harsh industrial environments
- Multiple installation options allow for installation flexibility
- Part of the industry-leading, open standards-based RFID Sensormatic product family

Sensormatic® RFID-Antenna 868 MHz (EPC Class 1 Circular)



The Sensormatic® portfolio of products, including the Sensormatic® RFID-Antenna 868 MHz (EPC Class 1 Circular), is a critical element of ADT's offering to help companies meet compliance with RFID mandates. The Sensormatic® RFID-Antenna satisfies the immediate needs of suppliers for RFID compliance while also providing a solid foundation for future RFID expansion. The flexibility, versatility and support for current and future RFID programs are the foundation of the Sensormatic platform, and the RFID-Antenna 868 MHz can transform the way you manage your supply chain with an intelligent RFID solution.

Multiple Mounting Options

The RFID-Antenna 868 MHz is suitable for industrial installations and accommodates space limitations. Mounting connections directly on the antenna, as well as other optional brackets, provide attachment flexibility for most applications including easy mounting on standard industrial support systems.

Technical Specifications

Sensormatic RFID-Antenna 868 MHz (EPC Class 1 Circular)

Product Code: IDANT10CEU25

Type: Circular Polarized Patch

Dimension: 30 x 30 x 5.3 cm

Weight: 1.5 LBS

Housing: Impact-resistant plastic

Temperature: Operation: 0° to +50° C

Storage: -20° to +70° C

Connector:

Reverse Polarized TNC Male

Operating Frequencies:

865 MHz – 868 MHz

VSWR: 1.5 (50 Ohms)

3dB Beam Width: 72 degrees

Gain in dBd/Linear: 6.75

Cable Length: 25'

Product Compatibility

Cable Enclosure – IDEQPENC042

Offset Bracket – IDEQPMB012

Swivel Bracket – IDEQPMB032

Bridge Bracket – IDEQPMB042

Mounting Straps – IDEQPMB022

Agile 2 Reader – IDRDR2A4UEU, IDRDR2A8UEU

© 2005 ADT Security Services, Inc. ADT and the ADT logo are registered trademarks of ADT Services AG, and are used under license. Sensormatic is a trademark of Sensormatic Electronics Corporation.



The technology is proven. The benefits are real.

Tyco Fire & Security and ADT are proud to welcome the industry-leading Sensormatic RFID-Antenna 868 MHz EPC Class 1 Circular to our open standards-based RFID product family. To learn more about the RFID-Antenna and the rest of our RFID products, call ADT at 1-877-258-6424, or visit www.sensormatic.com.



Vedlegg 10

EMS RFID AV og Tyco Fire & Security - Installasjonsbudskjett

EMS og Tyco

This is a budget for hardware, tags and installation.

The antennas are modified so they can read the luggage the right way.

To do the “proof of concept” project the following will be required.

Hardware & Software Budget price: 12.500, - euro.

1 pc IDRDR2A4UEU-1

4 pc Narrow Beam Conveyor Antenna

1 pc EOS

1 pc Mounting Structuren (actual volumen will be determined at site survey)

1pc RFI insulating material (actual volumen will be determined at site survey)survey)

1pc Sensors and interface to reader (actual volumen will be determined at site survey)

Optional Hardware

1 pc Printer

Installation & Comissioning Services Budget price: 22.000, - euro.

Site Survey (inclusive assessment of software and hardware requirements)

Installation (require presence from baggage sorter personell to carry out changes to existing system)

Comissioning & Stress Testing (may need to be done out of hours and will require on site support)

Application integration and control over GPIO trigger

Data Collection Application

Expenses for total of 3 trips

Total budget cost will be 34.500, - euro.

Tags

Baggage-tag inkl RFID-inlay UHF

For 20 000 – 100 000 tags 0,31 cent

100 000 -- Discussion regarding the price.

This RFID-tag are specially made for the best performs.

Vedlegg 11

Installasjonsskjema til leverandører

RFID til sporing av flybagasje

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. RFID-installasjon på Gardermoen	
Godkjent av	Gjennomgått av	Dato 30.01.06	Revisjon 0.1

Innhold

1	Introduksjon	2
2	RFID-løsning	3
3	Installasjon	3

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. RFID-installasjon på Gardermoen	
Godkjent av	Gjennomgått av	Dato 30.01.06	Revisjon 0.1

1 Introduksjon

1.1 Airport Innovation

Airport Innovation var inntil 31.12.2003 en avdeling i ABB ved navn logistic systems, men er i dag et heleid datterselskap av Kongsberg Airport Systems med separat drift og eget styre. Firmaet er en totalleverandør innen løsninger for styring av bagasjesystemer. De kan levere både høynivåløsninger (databasesystem for bag-ruting, sortering og SCADA-system) og lavnivåkontroll av transportbånd (PLS). Dette kan leveres både som separate løsninger i samarbeid med andre leverandører, eller som totalløsning for kontroll av bagasjesystem. Noen av bedriftens kunder er listet under.

- OSL Gardermoen Lufthavn
- Bergen Flesland
- Lanvetter Flyplass Göteborg
- Sturup Flyplass Malmö
- Geneve
- Barcelona Midfield terminal
(Europas største pågående flyplassprosjekt)
- Helsinki Vantaa
- Samt en del andre kunder

1.2 Oslo Lufthavn AS (OSL)

OSL eier og driver Norges hovedflyplass, Oslo Lufthavn på Gardermoen og er et heleid datterselskap av Avinor AS, tidligere Luftfartsverket. OSL ble stiftet 13. november 1992, en måneds tid etter at Stortinget vedtok å bygge den nye hovedflyplassen og 10. mai 1996 skiftet OSL navn fra Oslo Hovedflyplass AS til Oslo Lufthavn AS. I 2004 var OSLs driftsinntekter på 2.193,9 millioner kroner.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. RFID-installasjon på Gardermoen	
Godkjent av	Gjennomgått av	Dato 30.01.06	Revisjon 0.1

2 RFID-løsning

Airport Innovation og OSL ønsker å ta i bruk RFID-teknologien på grunn av dens lovende prestasjoner og nyskapende utvikling og dermed henholdsvis utvide sitt tilbud til sine kunder og forbedre sitt bagasjesystem. For å kartlegge hvilken teknologi og leverandør som er best egnet til å levere RFID-løsninger har bedriftene sammen med Norges Tekniske og Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) foretatt en undersøkelse som kom frem til at Ems sitt RFID-løsning med UHF-teknologien er en svært lovende løsning.

Nå ønsker partene å gjennomføre en utprøving av RFID-teknologien med Ems for å se om systemet og teknologien kan prestere slik det lover. Det er da ønskelig å kjøre en testperiode i mars med 2 til 3 dager installasjon av leseport og printere, 1 til 2 ukers testkjøring og 2 dager demontering av installasjon. Dette er alle ca tall og vil tilpasses etter hvert, endelig varighet av test er ikke fastsatt.

Hvis denne testperioden gir gode resultater ønsker OSL og Airport Innovation å ta i bruk RFID for flere deler av Gardermoen samt for andre flyplasser.

3 Installasjon

Under er det listet opp en del spørsmål, det er flere totalt, som må besvares før en installasjon kan påbegynnes på Gardermoen. Noen kan ikke besvares enda, men jeg har satt pris på om du/dere kan besvare dem dere kan etter hvert med å sette inn svar under spørsmålene. Da kan dere gjerne for hver gang dere har mer informasjon, fylle ut i dette dokumentet og sende inn oppdaterte versjoner etter hvert igjennom prosjektet.

3.1 Generelt

- 1) Kan dere lage en liste som beskriver nøyaktig hvilke deler dere ordner ved installasjon og hvilke deler dere ønsker at Airport Innovation eller OSL tar seg av? (Mest mulig detaljert oversikt)
- 2) Har dere preferanser for når det best passer å begynne installasjonen av RFID-systemet?
- 3) Hvilke omgjøringer må gjøres på transportbåndet, og eventuelt omgivelsene rundt? (for eksempel fjerne sidevanger osv)
OSL trenger advarsel på omgjøringer i god tid. De nødvendige forandringene blir enklere å definere etter inspeksjon av nåværende system på Gardermoen.
- 4) Vil det bli utført varmt arbeid?
OSL har strenge regler som skiller mellom varmt og kaldt arbeid, der varmt arbeid for eksempel kan være sveising og lignende. Hvis det er behov for varmt arbeid må dette meldes ifra til OSL i god tid.

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. RFID-installasjon på Gardermoen	
Godkjent av	Gjennomgått av	Dato 30.01.06	Revisjon 0.1

- 5) Hva trenger dere av teknisk informasjon? (Eksempelvis mekanisk tegning av bånd). Offentliggjøring må avklares med OSL.
- 6) På grunn av praktiske hensyn med hensyn til stor trafikk bør installasjonen monteres natt til onsdag eller torsdag. Ved en slik natt har vi ca 4 til 5 timer tilgjengelig og da må vi ha en enkel liste over hvem som gjør hva og når (en slags smørbrødpakke).
- 7) Hvis dere har mulighet er det en fordel å ha gjort alt som kan gjøres mens det fortsatt er drift i bagasjeanlegget?
- 8) I hvilket format kommer informasjonen fra leseporten, dette med hensyn på at informasjonen må integreres med den nåværende strekkodeskannerstasjon (Velger mest sannsynligvis en innsjekkingsøy der en Datalogic-stasjon står?)
- 9) Kan testen fjernovervåkes?
- 10) For å kunne installere et RFID-systemet er det behov for en eller flere konstruksjonstegninger som beskriver nøyaktig hvordan installasjonen ser ut. Beskrivelsen bør blant annet inneholde:
 - Antall antenner og deres plassering
 - Behov for omgjøringer av transportbånd for å installere en eventuell antenne som ligger i bunn under båndet?
 - Størrelse og utforming på ramme og festekonstruksjon.
 - Plassering til prosesseringsenheten (integreert datamaskin eller server)
 - Hvilke kabler og kontakter, for data og strømtilførsel, er det behov for og hvor er i så fall deres plassering? Eksempelvis til prosesseringsenhet, leser, antenner og andre enheter

3.2 Printere

- 11) Går det an å oppgradere de gamle printerne som er av typen "UBI (tidligere Genicom) BT-201e" eller må det kjøpes inn nye?
- 12) Trenger innsjekkingspersonellet opplæring på printerne?

Forfatter Håvard Sunde		Dokument nr. RFID-installasjon på Gardermoen	
Godkjent av	Gjennomgått av	Dato 30.01.06	Revisjon 0.1

3.3 Transpondere/tagger

OSL og Airport Innovation ønsker å bruke transpondere som sitter i den rullen som merkelappene til bagasjen består av. Dette er ønskelig fordi hvis taggen er i merkelappen som festes til bagasjen unngår vi en mulig feilkilde med hensyn på at innsjekkingspersonellet kan glemme å klistre på transponderen til bagasje.

13) Kan dere levere ruller med RFID-transpondere? Kan dere da i så fall oppgi kostnad per transponder for kvantum av størrelse:

- a. 1 000
- b. 5 000
- c. 10 000
- d. 20 000
- e. 50 000
- f. 75 000
- g. 100 000
- h. 150 000
- i. 200 000
- j. 500 000

14) Ved initiering av transpondere i printerne, hvordan skrives informasjon til taggen? Hvis dette gjøres ved radiotransmisjon blir det behov for å vite hvilken sendestyrke dette gjøres ved pga at det er mest sannsynlig nødvendig å søke om dispensasjon fra Post- og teletilsynet (PT) om dette.

3.4 Diverse

Jeg skal sjekke reglene for deres tilgangsmuligheter til bagasjehåndteringsanlegget samt hvilken leveringsadresse og hvem som er kontaktperson for dere på Gardermoen.

Kontaktpersonen på OSL er i skrivende stund sykemeldt ut uke 6 slik at det kan ta litt tid før vi får all informasjon og får tatt alle avgjørelser med dem.

Vedlegg 12

Oversiktstabell over mulige installasjonstidspunkter for RFID-system på Gardermoen

March 2006

Week	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
9			1	2	3	4	5
10	6	7	8	9	10	11	12
11	13	14	15	16	17	18	19
12	20	21	22	23	24	25	26
13	27	28	29	30	31		

Sunde is attending Passenger Terminal Expo 2006 in Paris

April 2006

Week	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
13	3	4	5	6	7	8	9
14	10	11	12	13	14	15	16
15	17	18	19	20	21	22	23
16	24	25	26	27	28	29	30
17							

Not allowed to do any changes to system before Easter

Easter

Only allowed to install on Monday, Tuesday and Wednesday night

Vedlegg 13

**Transpondere innlagt i bagasjemerkelapper
i henhold til IATA-standard**

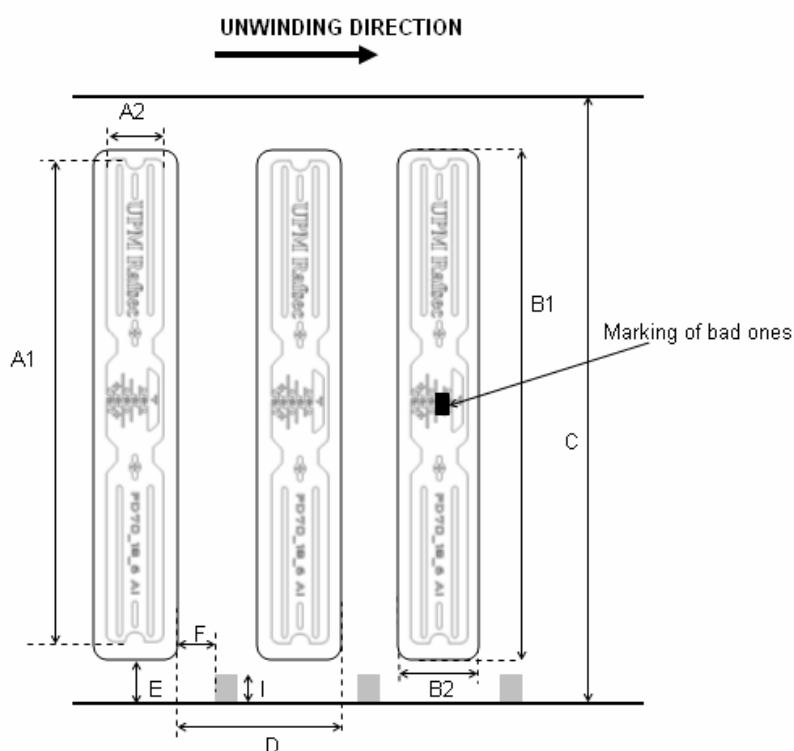
Vedlegg 14

UPM Rafsec - Sales Code 3000705

Sales code 3000705

Mechanical dimensions

A1	Antenna width	93	[mm]	±	0,2	[mm]
A2	Antenna length	11	[mm]	±	0,2	[mm]
B1	Die-cut width	97	[mm]	±	0,2	[mm]
B2	Die-cut length	15	[mm]	±	0,2	[mm]
C	Web width	100	[mm]	±	0,5	[mm]
D	Pitch length per piece	20	[mm]	±	3	[mm]
E	Die-cut to web edge	1,5	[mm]	±	1	[mm]
F	Die-cut to register mark	1	[mm]	±	1	[mm]
I	Minimum size of register mark	3*5	[mm]			



Electrical characteristics

Integrated Circuit (IC)	96 bit EPC Class 1 Gen 2
Free air frequency	868 ± 15 MHz, loaded mode
Read Sensitivity	Min. 2.5 V/m

General characteristics of transponder

Operating temperature (electronics parts)	-40°C/+65°C
Thermal cycle resistance (electronics parts)	200 cycles - 40 °C/ + 80°C
Temperature humidity resistance (electronics parts)	80°C, 85 RH, 168 h
ESD voltage immunity	+/- 1 kV peak, HBM
Storage	+15°C - +25°C, 40-60 % RH, max 2 years
Bending diameter (D)	> 50 mm, tension less than 10 N
Static pressure (P)	< 10 MPa (10 N/mm ²)

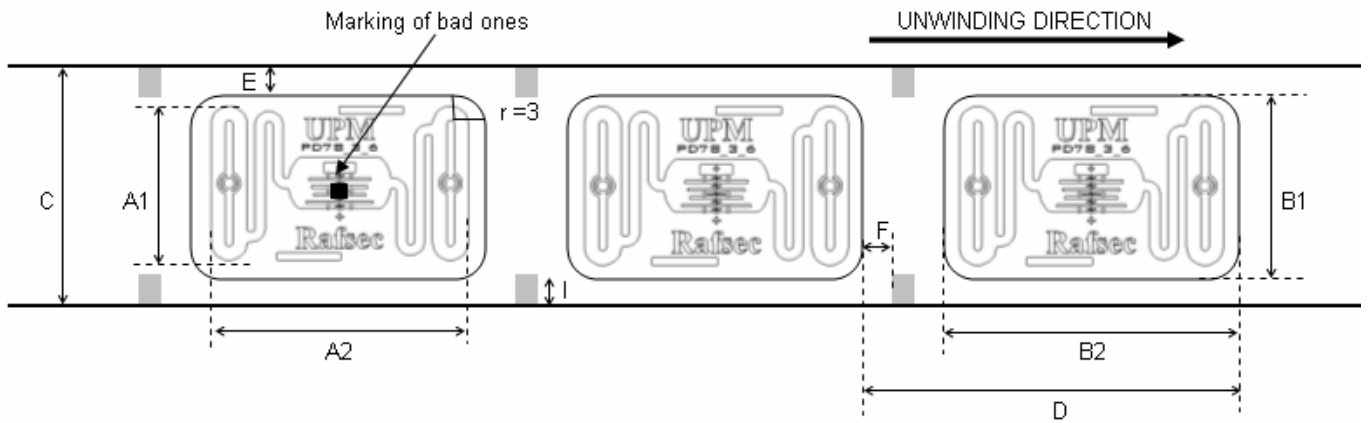
Vedlegg 15

UPM Rafsec - Sales Code 3000807

Sales code 3000807

Mechanical dimensions

A1	Antenna width	30	[mm]	±	0,2	[mm]
A2	Antenna length	50	[mm]	±	0,2	[mm]
B1	Die-cut width	34	[mm]	±	0,2	[mm]
B2	Die-cut length	54	[mm]	±	0,2	[mm]
C	Web width	40	[mm]	±	0,5	[mm]
D	Pitch length per piece	60	[mm]	±	2	[mm]
E	Die-cut to web edge	3	[mm]	±	1	[mm]
F	Die-cut to register mark	1,5	[mm]	±	1	[mm]
I	Minimum size of register mark	3*5	[mm]			
r	Label corner radius	3	[mm]			
	Thickness of the IC	180	[μm]	±	10	[%]
	Overall thickness of the transponder package (excluding IC and siliconized paper)	80	[μm]	±	10	[%]



Electrical characteristics

Integrated Circuit (IC)	96 bit EPC Class 1 Gen 2
Free air frequency	868 ± 15 MHz, loaded mode
Read Sensitivity	Min. 3,3 V/m

General characteristics of transponder

Operating temperature (electronics parts)	-40°C/+65°C
Thermal cycle resistance (electronics parts)	200 cycles - 40 °C/ + 80°C
Temperature humidity resistance (electronics parts)	80°C, 85 RH, 168 h
ESD voltage immunity	+/- 1 kV peak, HBM
Storage	+15°C - +25°C, 40-60 % RH, max 2 years
Bending diameter (D)	> 50 mm, tension less than 10 N
Static pressure (P)	< 10 MPa (10 N/mm ²)

Vedlegg 16

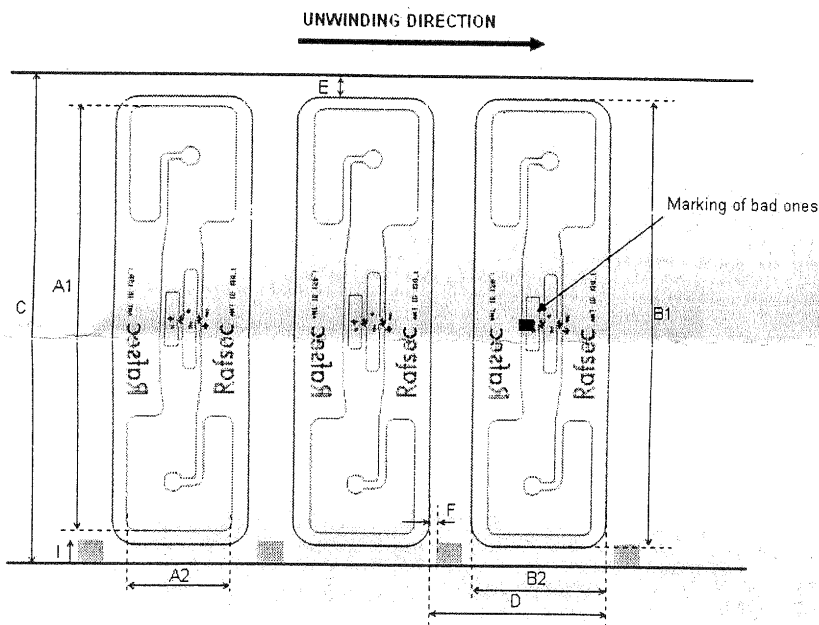
UPM Rafsec - Sales Code 3000825

Rafsec UHF Tag
Class 1 Gen 2 96-bit EPC
Sales code 3000825

Preliminary Product Specification

Mechanical dimensions

A1	Antenna width	93	[mm]	±	0,2	[mm]
A2	Antenna length	23	[mm]	±	0,2	[mm]
B1	Die-cut width	97	[mm]	±	0,2	[mm]
B2	Die-cut length	27	[mm]	±	0,2	[mm]
C	Web width	100	[mm]	±	0,5	[mm]
D	Pitch length per piece	40	[mm]	±	2	[mm]
E	Die-cut to web edge	1,5	[mm]	±	1	[mm]
F	Die-cut to register mark	4	[mm]	±	2	[mm]
I	Minimum size of register mark	3x5	[mm]			



Electrical characteristics

Integrated Circuit (IC)	96 bit EPC Class 1 Gen 2
Free air frequency*	868 ± 15 MHz, loaded mode
Read Sensitivity	Min. 1,75 V/m

General characteristics of transponder

Operating temperature (electronics parts)	-40°C/+65°C
Thermal cycle resistance (electronics parts)	200 cycles – 40 °C/ + 80°C
Temperature humidity resistance (electronics parts)	80°C, 85 RH, 168 h
ESD voltage immunity	+/- 1 kV peak, HBM
Storage	+15°C - +25°C, 40-60 % RH, max 2 years
Bending diameter (D)	> 50 mm, tension less than 10 N
Static pressure (P)	< 10 MPa (10 N/mm ²)

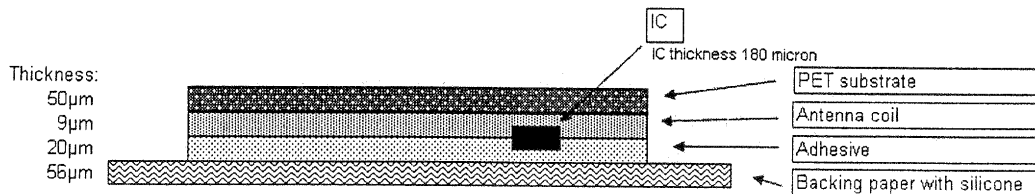
Memory Structure

MEM BANK #	MEM BANK NAME	MEM BANK BIT ADDRESS	BIT NUMBER															
			15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
10	TID (ROM)	10 _n -1F _n	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
		00 _n -0F _n	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
01	EPC (NVM)	70 _n -7F _n	EPC[15:0]															
		60 _n -6F _n	EPC[31:16]															
		50 _n -5F _n	EPC[47:32]															
		40 _n -4F _n	EPC[63:48]															
		30 _n -3F _n	EPC[79:64]															
		20 _n -2F _n	EPC[95:80]															
		10 _n -1F _n	PROTOCOL-CONTROL BITS (PC)															
		00 _n -0F _n	CRC-16															
00	RESERVED (NVM)	40 _n -4F _n	LOCK_BITS[9:0]										KILL	FACTORY SETTINGS				
		30 _n -3F _n	ACCESS PASSWORD[15:0]															
		20 _n -2F _n	ACCESS PASSWORD[31:16]															
		10 _n -1F _n	KILL PASSWORD[15:0]															
		00 _n -0F _n	KILL PASSWORD[31:16]															

Delivery form

Transponder format	Die-cut on release liner
Transponder face material	Clear PET 50
Transponder antenna material	Aluminum
Antenna ID number	AntID 158_1
Transponder adhesive	RA-2
- labeling temperature	min. +5°C
- usage temperature	min. -10°C-120°C
- peel	min. 8 N/25mm (FTM 2)
Final inspection	100%, bad ones marked
Delivery yield	min. 95%

Structure



Delivery details

Appearance	Single row roll form
Delivery amount	Purchase order amount, +/- 5%
Documentation	Certificate of analysis (COA)
Reel labeling	Reel number, product number, amount, prod.order number and date
Packaging	Reels in shrink film and packed in cardboard box
Amount of good ones on roll	TBD
Reel core	Card board core, inner diameter 76mm (3")
Winding of reel	Face out

Disclaimer:

UPM Raflatac reserves the right to change its products and services at any time without notice. Our recommendations are based on our best knowledge and experience. As the products are used outside our control we cannot take responsibility for any damage that may be caused when using the product.

Version 1.0
 Update date 2006-02-02
 Author UPM Raflatac / AKu
 Accepted UPM Raflatac / TKo

This technical specification replaces all earlier ones.

Vedlegg 17

Texas Instruments - RI-UHF-00C02-03

Texas Instruments Gen 2 Inlay

Description

Texas Instruments' Gen 2 Inlay is designed for ease of integration in the smart label conversion process. The inlays feature innovative antenna designs for optimal performance across a wide range of SKU's. The Gen 2 inlay portfolio includes variations in antenna designs and a standard form factor for delivery on reels to enable ease of scalability in high volume conversion and end-user application environments.

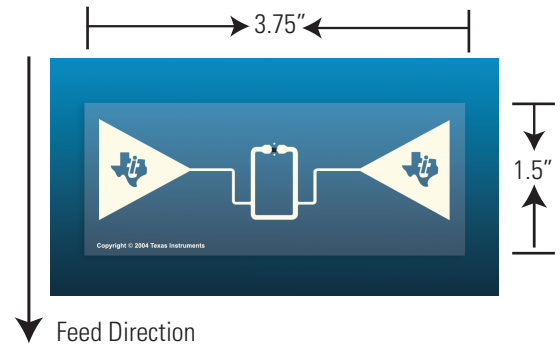
TI Gen 2 products are based on the EPCglobal™ Generation 2 specification with 96 bits of user programmable EPC™ memory field with Read, Write, and Lock capabilities.

Specifications:

Part Number	RI-UHF-00C02-03
Supported SKU types	UHF friendly SKU's*
IC Supported Standard	EPC UHF Gen 2
Operating frequency	860- 960 MHz
EPC Memory	96 bits EPC user programmable
TID Memory	32 bits factory pre-programmed
Data retention	2 years at + 25°C
Write/erase cycle	1000 at + 25°C
Operating temperature	-40°C to + 65°C
Storage temperature (single)	-40°C to + 85°C
Storage temperature (on reel)	-40°C to + 45°C
Bending radius	15 mm (0.59")
Antenna Size	3.5" X 1" [88.90mm X 25.40mm]
Inlay pitch	1.5" [38.1mm (± 0.5mm)]
Width of inlay	3.75" [95.25mm (± 0.5mm)]
Die Height	~11 mils (279.4 micron)
Material/ thickness	75 micron (~2.95 mils) PET substrate
Antenna Material	Printed silver ink
Reel diameter	ID: 3" core (76.2mm); OD: Max 15" (381mm)
Delivery	Single row inlay wound on cardboard reel
Quantity	10K per reel

Key features:

- Innovative printed inlay antennas designed for optimal performance on wide ranging SKU's
- 100 % tested inlays
- Fit in most standard label form factors
- EPC Gen 2- read/write and lock
- 96 bits EPC user memory



* This inlay works with the majority of UHF friendly products. It may also work with some UHF unfriendly (UHF absorbing and reflecting) products.

Non-volatile (NVM) EPC User Memory Configuration*:

Memory Bank	Memory Bank Name	Memory Bank Bit Address	Bit Number															
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
01 ₂	EPC	70 _h -7F _h	EPC[15:0]															
		60 _h -6F _h	EPC[31:16]															
		50 _h -5F _h	EPC[47:32]															
		40 _h -4F _h	EPC[63:48]															
		30 _h -3F _h	EPC[79:64]															
		20 _h -2F _h	EPC[95:80]															
		10 _h -1F _h	PROTOCOL CONTROL BITS															
		00 _h -0F _h	CRC-16															
00 ₂	RESERVED	40 _h -4F _h	LOCK_BITS[9:0]										KILL	Reserved				
		30 _h -3F _h	ACCESS PASSWORD[15:0]															
		20 _h -2F _h	ACCESS PASSWORD[31:16]															
		10 _h -1F _h	KILL PASSWORD[15:0]															
		00 _h -0F _h	KILL PASSWORD[31:16]															

* 96 bit read/write/lock EPC user memory configuration according to EPC Gen 2 (v1.0.9)

List of Commands*:

Command	Code	Length (bits)	Supported?	Protection
QueryRep	00	4	Yes	Unique command length
ACK	01	18	Yes	Unique command length
Query	1000	22	Yes	Unique command length and a CRC-5
QueryAdjust	1001	9	Yes	Unique command length
Select	1010	> 44	Yes	CRC-16
Reserved for future use	1011	-	-	-
NAK	11000000	8	Yes	Unique command length
Req_RN	11000001	40	Yes	CRC-16
Read	11000010	> 57	Yes	CRC-16
Write	11000011	> 58	Yes	CRC-16
Kill	11000100	59	Yes	CRC-16
Lock	11000101	60	Yes	CRC-16
Access	11000110	56	Yes	CRC-16
BlockWrite	11000111	> 57	No	CRC-16
BlockErase	11001000	> 57	No	CRC-16

* according to EPC Gen 2 (v1.0.9)

For more information, contact the sales office or distributor nearest you. This contact information, and the most up-to-date specifications for this data sheet can be found on our website at: <http://www.ti-rfid.com>

Texas Instruments reserves the right to change its products and services at any time without notice. TI provides customer assistance in various technical areas, but does not have full access to data concerning the uses and applications of customers products. Therefore, TI assumes no responsibility for customer product design or for infringement of patents and/or the rights of third parties, which may result from assistance provided by TI.

The Texas Instruments logo and the words Texas Instruments are trademarks of Texas Instruments Incorporated. The red/black banner is a trademark of Texas Instruments. EPC and EPC Global are trademarks of EPC Global Incorporated.

Vedlegg 18

Toshiba B-SX4 149, RFID-skriver

Specifications

Model	B-SX4	B-SX5
Technology	Thermal Transfer / direct thermal	
Printhead	Edge type	
Resolution	8 dots/mm (203 dpi)	12.05 dots/mm (306 dpi)
Print Width	Maximum 104 mm	Maximum 127.5 mm
Print Length	Maximum 1,498 mm	
Print Speed	up to 254 mm/sec (10 ips)	up to 203.2 mm/sec (8 ips)
Ribbon Save	Optional	Standard
Interfaces	2 serial ports, Bi-directional parallel port, Expansion I/O*, PCMCIA I/F**, 10/100 Internal LAN I/F**, USB**	
Barcodes	UPC/EAN/JAN, Code 39, Code 93, Code 128, EAN 128, NW7, MSI, Industrial 2 of 5, ITF, Postnet, RM4SCC, KIX-code, RSS14	
2D Codes	Data Matrix, PDF 417, Maxicode, QR code, Micro PDF 417	
Fonts	Bitmap font (21 fonts), Outline font (7 fonts), Writable characters (132 fonts), Optional TrueType fonts (20 types)**	
Optional	Swing cutter module, rotary cutter module, strip module & rewinder***, USB Interface, built-in LAN board, Expansion I/O***, 2-slot-PCMCIA I/F board, RFID kit	
Dimensions	291 mm (W) x 460 mm (D) x 308 mm (H)	
Weight	18 kg (without media and ribbon)	19 kg (without media and ribbon)

* Option for the B-SX4, ** Optional, *** Standard on the B-SX5

Customers' benefits

The B-SX4/SX5 are packed with advantageous features for the user, including:

- high speed printing leading to increased efficiency and productivity
- time-saving and minimal training due to fast and easy handling
- reduced downtime and increased productivity as a result of high reliability
- minimal repair and recovery costs, and maximised ROI during total life cycle
- perfect readability of labels & barcodes due to built-in high quality print technology
- supplied with Bartender UltraLite labelling software



TOSHIBA

**TOSHIBA TEC CORPORATION
RETAIL INFORMATION SYSTEMS
COMPANY**
Oval Court, Onsall, Markt, East
2-17-2, Higashi Gotanda, Shinagawa-ku
JP - TOKYO 141-8664 (Japan)
barcode.toshibatec.co.jp

TOSHIBA TEC AUSTRALIA PTY. LTD.
111 St. Charles Street
AU - SYDNEY NSW 2116 (Australia)
T. +61 (0)2 8845 6200
F. +61 (0)2 9880 0892
www.toshibatec.com.au

TOSHIBA TEC EUROPE RETAIL INFORMATION SYSTEMS

www.toshibatec-eu.com

Austria
Handelskai 383/Top 621
Donau Business Center
AT - 1020 WIEN
T. +49 (0)2151 838 01
F. +49 (0)2151 838 480
info@toshibatec-eu.de

Belgium & Headquarters
Rue de la Calèbe, 93 - Calèdestraat, 33
BE - 1080 BRUXELLES/BRUSSEL
T. +32 (0)2 410 21 00
F. +32 (0)2 410 68 69
F.HO. +32 (0)2 410 79 87
barcode@toshibatec-eu.be

France
2325 Avenue Jeanne d'Arc
FR - 94117 ARDENNE CEDEX
T. +33 (0)1 58 07 30 00
F. +33 (0)1 58 07 20 01
info@toshibatec-eu.fr

Germany
Europark Fichtenhain B15
DE - 47807 KREFELD
T. +49 (0)2151 838 01
F. +49 (0)2151 838 480
info@toshibatec-eu.de

GROUP Companies

TEC Italia, S.r.l. Gruppo Toshiba
Sede di Milano
Via Leonardo da Vinci, 39/D
IT - 20094 CORICO MILANO
T. +39 (0)2 48 60 24 61
F. +39 (0)2 458 39 30
info@toshibatec.it

TEC Polska Sp. z o.o.
ul. Marynarska 21
PL - 02-674 WARSZAWA
T. +48 (0)22 640 48 58
F. +48 (0)22 640 48 53
info@tec.pl

3108/03-05 - www.toshibatec.com



With over 20 years experience in producing barcode label printers the TOSHIBA B-SX4 & B-SX5 thermal transfer/direct thermal industrial printers provide world leading innovation and reliability. Built with the future in mind, the 'RFID Ready' B-SX printers take the barcode label printer to the next level. Ideal for use in all heavy-duty industries including chemicals, manufacturing, pharmaceuticals, textiles, electronics & telecom.

TOSHIBA

The B-SX4 and B-SX5 combine ease-of-use with a very low total cost of ownership making them the ideal choice of flexible industrial printers.

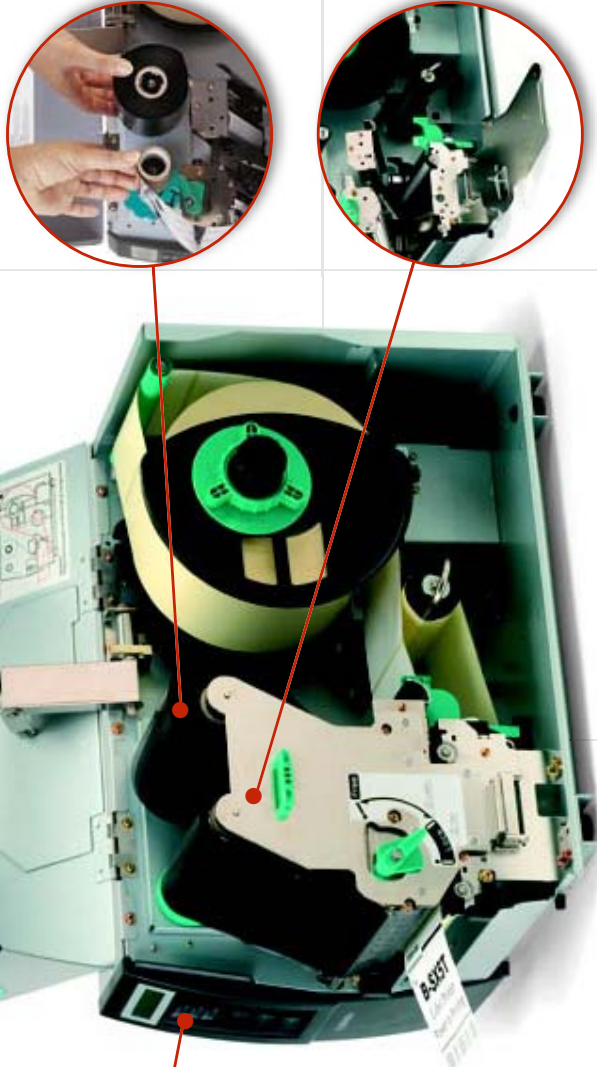


Speed

High-speed printing is of course the norm. But the overall throughput is enhanced by a fast 32 bit RISC CPU (SH-3 88 MHz), 8/16 MB DRAM image buffer, and 4 MB Flash Memory for programs and large data file storage.

Ease of use

Access to print head, platen, paper path and sensors is made quick and easy by the wide opening mechanism. A CD-ROM is provided with the



B-SX4 & B-SX5

Suitable Applications

- Manufacturing
- Automotive
- Chemical Industry
- Pharmaceutical Industry
- Textile Industry
- Electronics
- Telecommunications
- Food Sector
- Retail Distribution
- Transport and Logistics
- Healthcare
- Utilities
- Government

RFID

RFID Technology satisfies the growing requirements of supply chain management. Data, text, barcodes and graphics can still be printed on labels in the usual way, but at the same time complementary information is stored on integrated circuits utilising radio frequency, ready for future reading or editing as required. In fact these printers treat the addition of RFID data as just another barcode. So for the user or programmer no knowledge of RFID is necessary. Just send the data as part of a label format and the printer does the rest.

HF 13.56 MHz

(only available in Europe)
The B-9704-H1-QP option enables the printer to encode chips at 13.56 MHz. Current supported chips are C210, C220, C240, C270 (I-Code), Tag-It and ISO15693. ISO18000 type 3 will be added in the near future.

UHF 869.5

The B-9704-U1-QP option enables the printer to encode chips at 869.5 MHz. Current supported chips are EPC Class0, Class1 and ISO-18000-6-B. EPC Class 0+, GEN2 will be available in the near future.

Fast, reliable, easy and compatible at a lower total cost of ownership

Enhanced Features

Internet, E-mail, FTP, XML, RFID and BCI.

The enhanced functions offer many advantages including:

- remote printing and technical support
- less costly software integration thanks to standardised XML data exchange
- remote label format installation and updating (web print spooling)
- efficient notification of errors and events
- data manipulation and processing using the BCI

Basic Command Interpreter

The BCI can run Basic programs allowing the manipulation of incoming print data to generate the correct label formats. This allows the printer to be connected

allows ribbons to be saved without a detrimental effect on throughput (an option on the B-SX4). The TOSHIBA print heads also extend the print head life (100 km life time).

Reliability

A field-proven heavy-duty steel cabinet and a robust inner mechanism combine to ensure the incredible reliability of the B-SX4 and B-SX5. Several technological advances mean more performance and functionalities at a competitive price.

Full compatibility

Software and supplies are compatible with TOSHIBA TEC's previous models - the B-X printer range produced under the TEC brand.

printer that includes the Owners manual in several languages, technical manuals (Programming, Supply, etc.), BarTender UltraLite label printing software and Windows drivers - which all make the user's life easier.

High print quality

TOSHIBA's very own print heads - 203 dpi on the B-SX4 and 306 dpi on the B-SX5 - make these machines unique in the market. Innovations provided by the use of these print heads include high-precision heat history control in 7 stages, a new hyper heater mechanism and improved alpha protection layer. The superb clarity of these print heads is further enhanced by the new linear torque control of the TOSHIBA TEC double ribbon motor system. The on-the-fly ribbon save function

to existing legacy systems eliminating the need for costly software changes. The BCI can also communicate with external devices allowing the easy integration of other technology systems.

Easy connectivity

The B-SX4/SX5 printers have an array of interface options:

Standard	Optional
1 external RS232C port 1 internal RS232C port for RFID	Expansion I/O
ECP Parallel port (Centronics)	USB v1.1 port
	Built-in LAN board 10/100 Base
	2-slots PCMCIA interface board
	Wireless LAN 802.11b card
	RFID Enabled

Vedlegg 19

RFID-installasjoner ved andre flyplasser

RFID-installasjoner ved andre flyplasser



Figurene er hentet ut fra artikkelen *EPC Bag Tagging Takes Wing*. *RFID Journal* [9], skrevet av Mary Catherine O'Connor.

Vedlegg 20

Forsøk på forskjellige lesestasjonsoppbygninger

Gepäckidentifikation UHF

- Vorversuche zum Aufbau eines Identifikationssystems -

Zur Identifizierung von Gepäckstücken auf einem Laufband wurden zunächst zwei Varianten von Portalen aufgebaut:

- Variante A: Ein rechtwinkliges Portal mit drei Lesegeräten (Abb. 1 und 4),
- Variante B: Ein angewinkeltes Portal, dessen äußere Säulen schräg sind (Abb. 2 und 3).

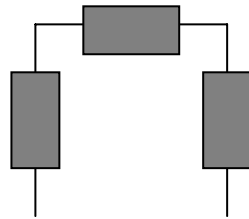
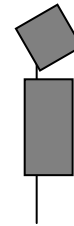


Abbildung 1: Variante A Vorderansicht



Variante A Seitenansicht

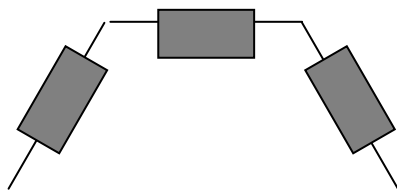
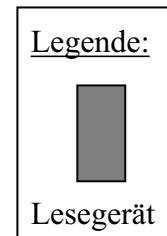
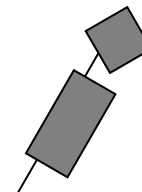


Abbildung 2: Variante B Vorderansicht



Variante B Seitenansicht

Durch beide Portale wurden Transponder in einem Abstand von 40cm...45cm und mit einer Geschwindigkeit von 1 m/s hindurchbewegt. Der Abstand entspricht dem „worst case“, wenn die Transponder an den Gepäckstücken gerade einmal ungünstig zueinander liegen. Es wurden zwei Typen von Transpondern getestet:

- *Rafsec* (Abb. 5),
- *Texas Instruments* (Abb. 6).

Das Portal steht direkt auf dem Boden, es sind keine Metallwände um das Portal herum (wie etwa bei einem Förderband) angebracht. Die Lesegeräte strahlen ihre Leistung aufgrund ihrer Ausrichtung größtenteils nur in die Bewegungsrichtung ab. In dieser Richtung ist ein Tunnel aus Absorbermaterial (*Eccosorb EN77 von Emerson&Cuming*) aufgebaut, der die in ungewünschte Richtung abgestrahlte Leistung dämpft.

Werden nun die Transponder durch das Portal hindurchgefahren, so erreichen sie nacheinander das von den Lesegeräten erzeugte Feld und können identifiziert werden. Die Lesegeräte sind so ausgerichtet und so gesteuert, dass das Feld eines jeden Lesegerätes etwa am gleichen Ort (aus Sicht der ankommenden Gepäckstücke) beginnt. Die Versuche haben ergeben, dass die Transponder nicht vor Erreichen des gewünschten Ortes zufällig gelesen werden. Verlässt ein Transponder den Lesebereich in die Richtung, in der das Röntgengerät stehen wird, so kann er erneut gelesen werden. An dieser Stelle verhindert das Steuergerät der Lesegeräte den Versand

einer weiteren Transpondernachricht an das übergeordnete System durch die implementierte Filterfunktion.

Das rechtwinklige Portal (Variante A) liefert ein schlechteres Ergebnis als Variante B (das angewinkelte Portal), das durch die angewinkelte Ausrichtung der Lesegeräte die Transponder in den unterschiedlichsten Ausrichtungen besser erfasst werden (mit Energie versorgt werden und gelesen werden können).

Die Transponder von *Rafsec* verfügen über eine geringere Reichweite und weisen eine größere Streuung (Messung der Antennenresonanz) als die Transponder von *Texas Instruments* auf.

- *Rafsec* etwa 3m Reichweite (bei 2W Ausgangsleistung des Lesegerätes),
- *Texas Instruments* etwa 5m Reichweite (bei 2W Ausgangsleistung des Lesegerätes).

Bei der Identifikation treten folgende Probleme auf:

- Kann ein Transponder aufgrund ungünstiger Ausrichtung oder Kontakt zu verstimmendem Material (z.B. Metall) nicht identifiziert werden, gerät die Reihenfolge der Gepäckstücke im System in Bezug auf die Gepäckstücke auf dem Förderband durcheinander. (Ausrichtung der Transponder siehe Abb. 7).
- Ein auf den nicht gelesenen Transponder folgender Transponder wird gelesen. Da das System davon ausgeht, dass dieser Transponder zum vordersten Gepäckstück gehört, kommt es zur Vertauschung.
- Diese Vertauschung wirkt sich auf alle folgenden Gepäckstücke aus.

Um konkretere Versuchsergebnisse zu erlangen, sollten folgende Test durchgeführt werden bzw. folgende Mittel zur Verfügung stehen:

- Die Lesegeräte sollten an einem echten Förderband angebracht werden. Dieses Förderband sollte über Metallwände an den Seiten verfügen und auch sonst weitestgehend mit dem in Oslo übereinstimmen.
- Es muss ein Lesegerät unterhalb der Höhe des Förderbandes angebracht werden. Dazu ist zu untersuchen, ob durch das Material des Förderbandes (Kunststoff?, mit Metallgewebe versetzter Kunststoff?, ...) hindurch Transponder gelesen werden können.
- Alternativ stellt sich die Frage, ob zwischen den Förderbändern eine Lücke entstehen darf, in bzw. unter der ein Lesegerät angebracht werden kann.
- Kommt es aufgrund der Metallwände an den Außenseiten des Förderbandes zu Reflektionen, werden evtl. doch Transponder vor dem gewünschten Lesezeitpunkt identifiziert. Ein abschirmend wirkender „Flattervorhang“ vor und evtl. auch nach dem erzeugten Feld kann unerwünschte Lesungen verhindern.
- Die Transponder sollten an realen Gepäckstücken angebracht werden. Es sollten übliche Taschen und Koffer verwendet werden, auch Aluminiumkoffer.



Abbildung 3: Variante B



Abbildung 4: Variante A (ohne Lesegeräte)



Abbildung 5: Rafsec Transponder

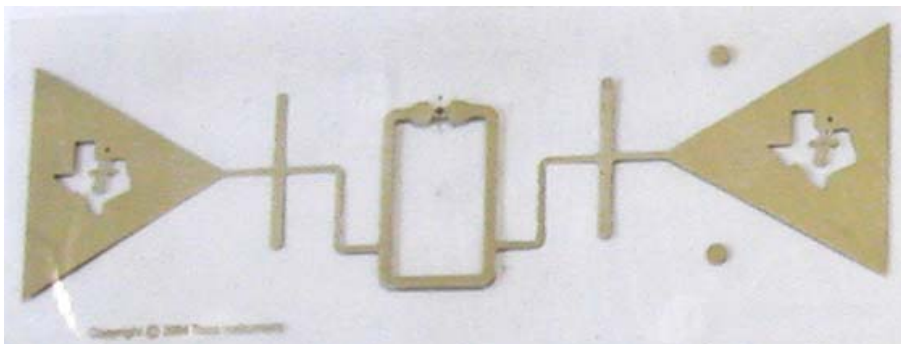
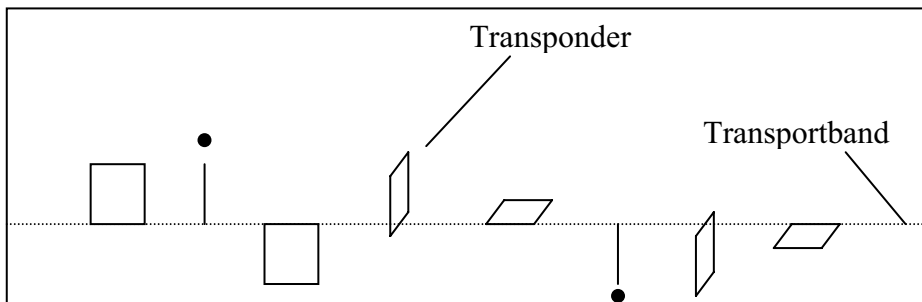


Abbildung 6: Texas Instruments Transponder (9cm * 4cm)



Legende:
 ● Ungünstige Ausrichtung

Abbildung 7: Ausrichtung der Transponder

Vedlegg 21

Datablad UDL 500

UDL500
The smart UHF-Reader

The interrogator UDL500 has been developed especially for the retail and logistic market to achieve the actual requirements for long range identification and high volume bulk reading of passive smart label transponders. The compact device includes the read & write unit, integrated antennas an optical & acoustic signal module to provide the advantage of:

- easy installation (no HF-cable necessary)
- always optimized antennas (tuning by factory)
- selected HF-power = transmitted HF-power (calibration by factory)
- plug & play solution

The UDL500 supports almost all types of current transponders e.g. ISO 18000-6 or EPC global. Upcoming transponder types will be integrated by firmware updates to protect your investment against technology changes.

Up to 4 UDL500 are connectable to the data management unit „DCU“ for dock door/portal application or to use extended interface options. The “DCU” also includes filtering of data as well as event triggering.

Technical Data

Dimensions (mm):	620 x 280 x 75
Housing:	ABS/PMMA, silver
Protection class:	IP 65
Operating temperature:	-20°C ... +70°C
Storing temperature:	-40°C ... +85°C
Relative humidity:	5% ... 95% non-condensing
Power supply:	10 ... 30 V/DC
Power consumption:	10W (operational) 2W (standby)
Operating frequency:	865-870 MHz (EU), 902-928 MHz (USA)
Reading distance:	up to 5m, dependent on transponder type and local environment
Writing distance:	up to 4m, dependent on transponder type and local environment



HF-Parameter:	2W ERP (ETSI EN 302 208), 4W EIRP (FCC Part 15), output power configurable in 10 steps
Transponder protocol:	ISO 18000-6 Typ A/B/C (e.g. Philips UCode, EM 4223) EPC Class1 Gen 1/2 Others: ATMEL TAG IDU, EM 4422
Trigger Input:	8-36 V/DC
Digital Output:	6-32 V/DC : I<500mA 32-48 V/DC : I<300mA
Interface:	RS 485
Anti-Collision speed:	up to 100 transponder/sec.
Compliance:	EN 302 208 EN 301 489 EN 50364 FCC Part 15
Accessories:	DCU1: up to 4 UDL500 connectable 2 digital inputs 2 digital outputs RS485, RS232, Ethernet (USB optional)

**RFID baggage identification –
summary of testresults from model c**

RFID baggage-identification system

Summary of test results from model C

The last summary was based upon the model A (right angled gate) and the model B (slanting gate). This summary is based upon the model C, a complete identification Box.

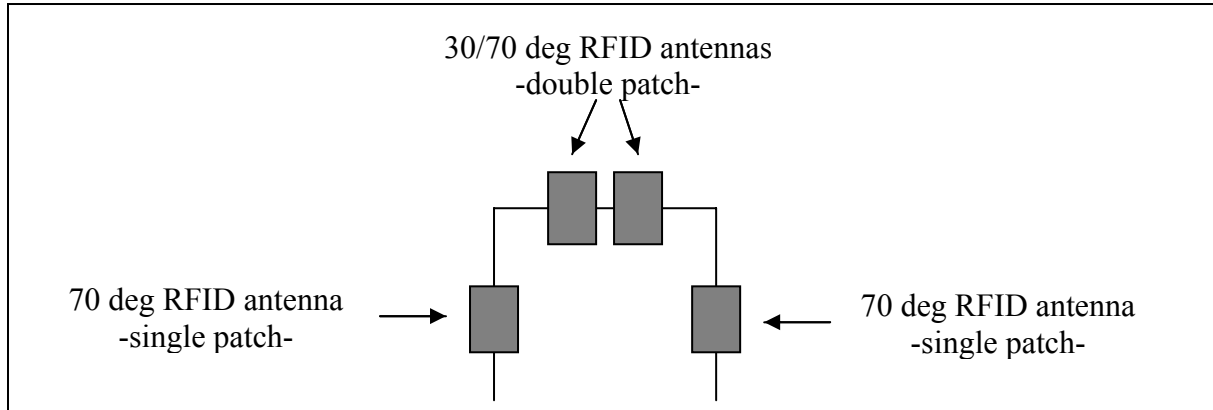


Figure 1: Front view into model C

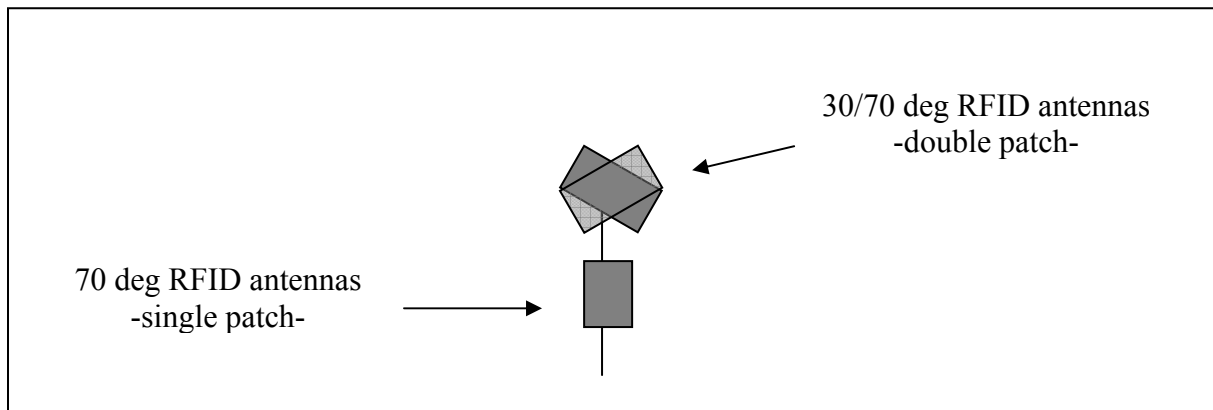


Figure 2: Side view into model C

On model A and model B three deister electronic UDL500 readers were used. The UDL500 readers consists of a UDL500 module (the active electronic) and two circular polarized antennas in a case, one for transmitting and one for receiving. For the model C are four UDL500 modules used. Two small RFID antennas (one patch in the antenna, horizontal and vertical beamwidth $\sim 70^\circ$) an two large RFID antennas (two patches in the antenna, horizontal beamwidth $\sim 70^\circ$, vertical beamwidth $\sim 30^\circ$) are connected to the UDL500 modules with a circulator each. The antennas are mounted under an angle of 30° to the plane they belong to.

The box is shielded with electromagnetic absorbing material (Eccosort AN77 from Emmerson&Cuming) on three sides. The two sides where the baggage gets into the box and comes out of the box are shielded with a reflecting curtain. The curtain consists of metal-adhesive tape pasted on thick plastic foil.

Figure 3,4 and 5 shows photos of the box.

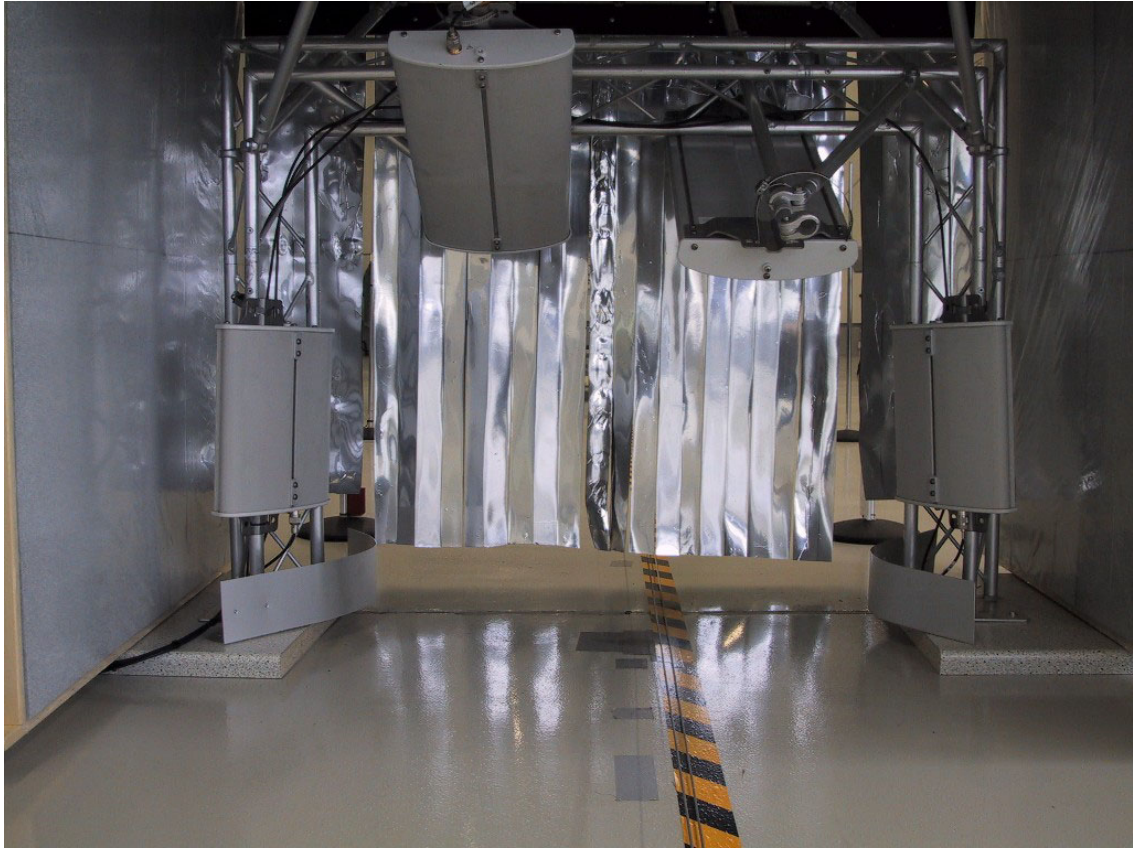


Figure 3: View into the box from the outgoing side

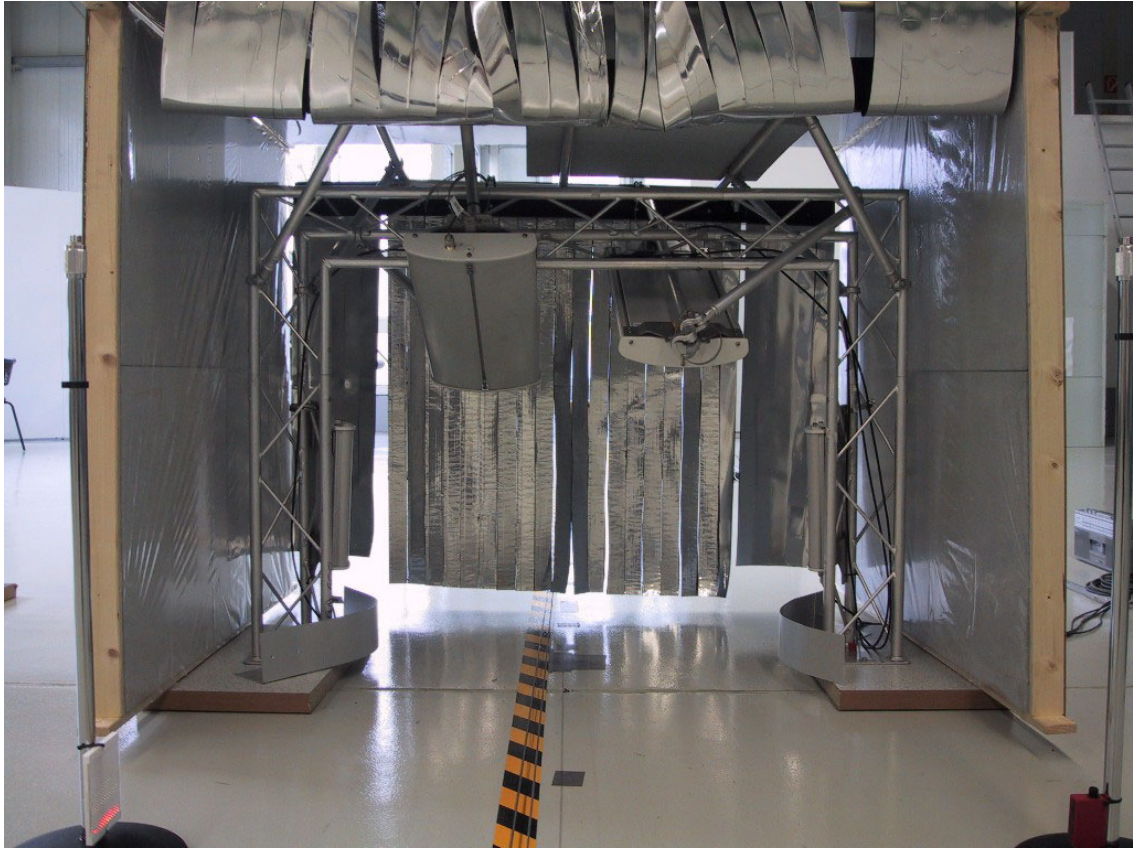


Figure 4: View into the box from the incoming side

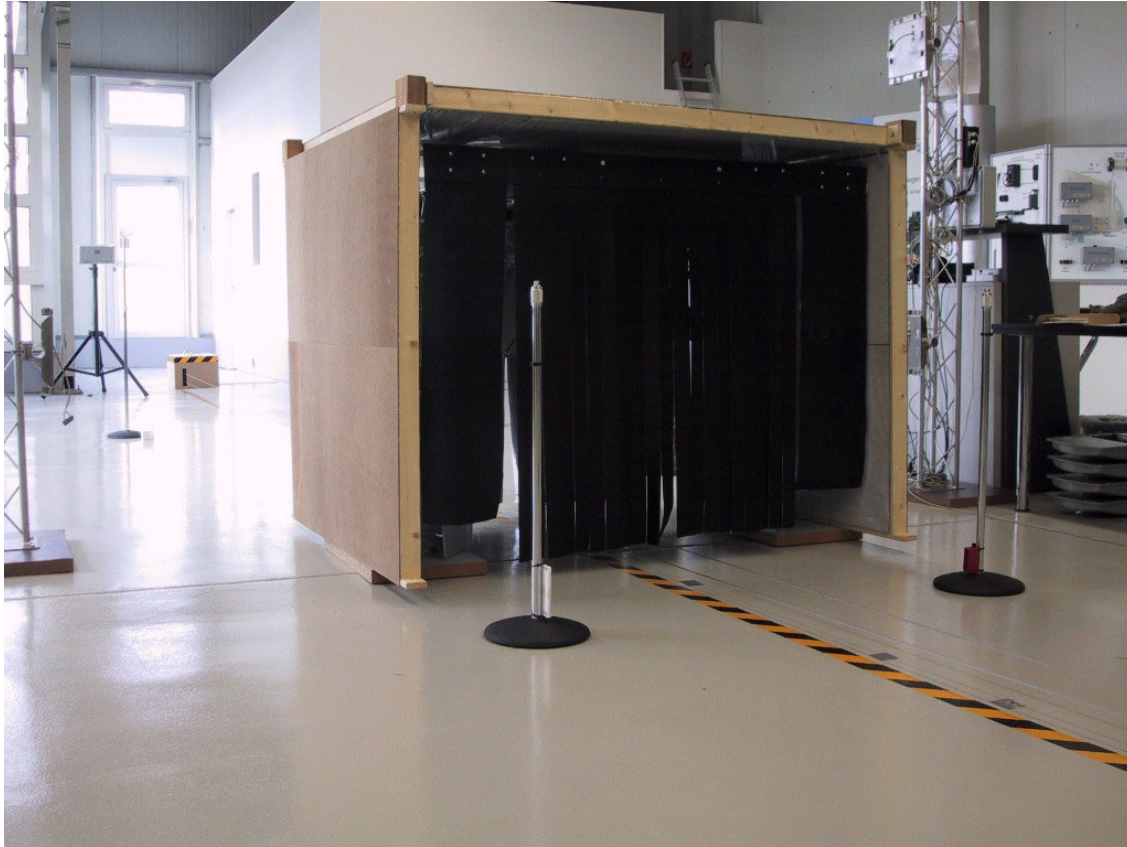


Figure 5: View on the box from the incoming side

Table 1 shows the power settings of the UDL500 modules. The power settings are calculated new to compensate the cable loss and the gain of the four antennas. The radiated power of the antennas is now equal to 0,5W radiated power of an UDL500 reader.

Radiated power in W	Power set to UDL500 1 in W	Power set to UDL500 2 in W	Power set to UDL500 3 in W	Power set to UDL500 4 in W
0,5	0,75	0,50	0,25	0,50

Table 1: Power settings for the UDL500 modules

The test is realized with different kinds of Transponders. Table 2 shows a summary of the resonance –frequency, the read range and the hex-number which is written into the Transponder.

The first test should show, how successful the shielding is. A Rafsec Transponder (Rafsec sales code 3000807) is held near to all sides of the box. The Transponder can't be read outside the box. Only at a small gap (3cm) between two parts of the certain (wrong mounting of the certain) the Transponder can be read with a read range of ~20cm. If the Transponder is passed through the mini gaps (1mm) between the parts of the certain, it can be read immediately.

Transponder	Data (HEX)	Resonance frequency in MHz	Read range at 0,5W in m
Rafsec sales code 3000807, self made	01	856	1
Rafsec sales code 3000807, self made	02	821	0,6
Rafsec sales code 3000807, self made	03	856	0,6
Rafsec sales code 3000807, self made	04	852	0,8
Rafsec sales code 3000807, self made	05	854	0,69
Rafsec sales code 3000807, applicated by Spezialdruckerei Mathias Lück	06	859	1
Rafsec sales code 3000807, applicated by Spezialdruckerei Mathias Lück	07	862	1
Rafsec sales code 3000807, applicated by Spezialdruckerei Mathias Lück	08	824	0,6
Rafsec sales code 3000807, applicated by Spezialdruckerei Mathias Lück	09	825	0,6
Rafsec sales code 3000807, Inlay only	F1		0,6
Rafsec Dogbone, self made	AA	872	1,75
Rafsec Dogbone, self made	BB	876	2
Rafsec Dogbone, self made	CC	873	2
Rafsec Dogbone, applicated by Spezialdruckerei Mathias Lück	21		1,75
Rafsec Dogbone, Inlay only	F0		2
Texas Instruments (RI-UHF-00C02-03), self made	0A	927	1
Texas Instruments (RI-UHF-00C02-03), self made	0B	927	1
Texas Instruments (RI-UHF-00C02-03), self made	0C	927	1
Texas Instruments (RI-UHF-00C02-03), self made	0D	927	1
Texas Instruments (RI-UHF-00C02-03), self made	0E	939	1,25
Rafsec ShortDipole, applicated by Spezialdruckerei Mathias Lück	11		1,25
Rafsec ShortDipole, applicated by Spezialdruckerei Mathias Lück	12		1
Rafsec ShortDipole, applicated by Spezialdruckerei Mathias Lück	00	915	0

Table 2: Transponder

Then two bags and two cartons (four Transponders) are driven with a speed of 1 m/s through the box, see figure 6. The test is realized with three types of Transponders (Rafsec (Rafsec sales code 3000807), Rafsec Dogbone and Texas Instruments (RI-UHF-00C02-03)), for every type ten times. The distance between the Transponders is set to ~45cm. Table 3 shows the results.

Transponder	Right sequence identified	Successful read attempts per Transponder
little Rafsec, self made	10%	0...3
Texas Instruments, self made	100%	5...8
Rafsec Dogbone, self made	100%	~10

Table 3: Test results

- The Rafsec (Rafsec sales code 3000807) Transponders are not fit for this identification system.
- Further tests have to be done with a conveyor belt and real, filled bags.

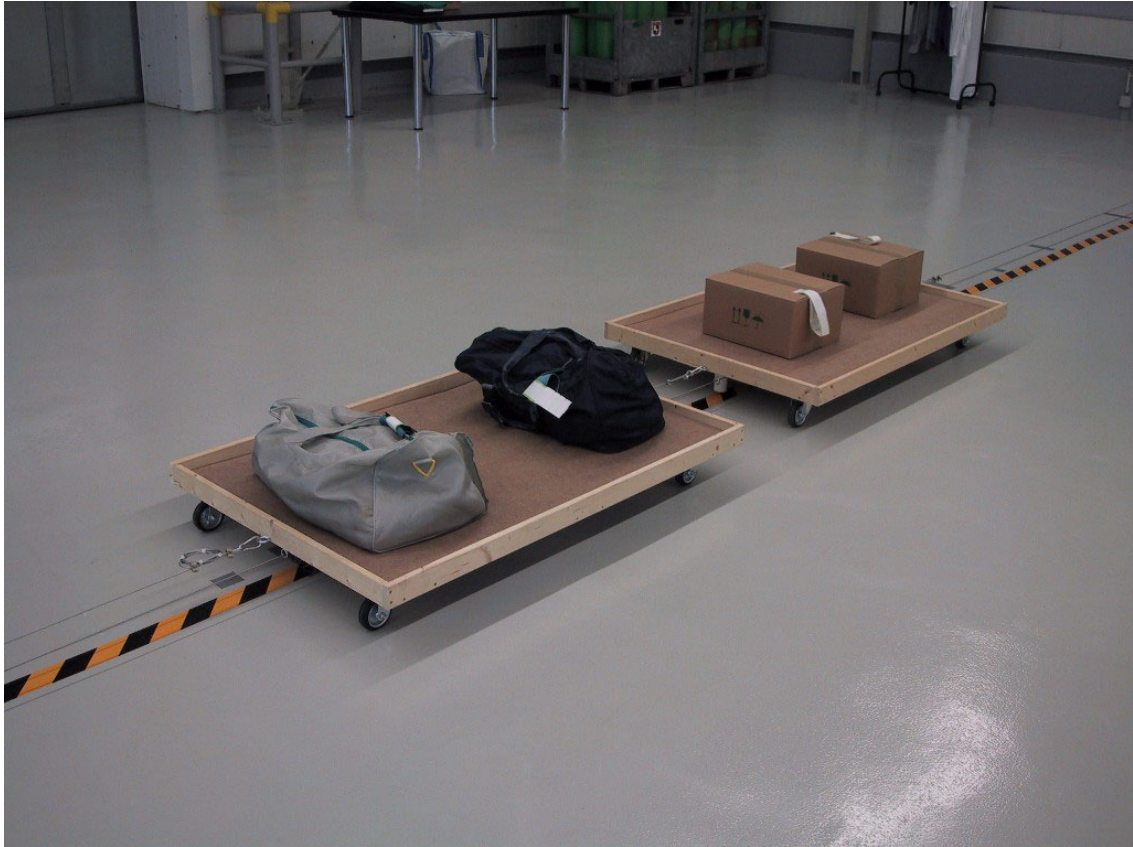


Figure 6: Bags and cartons

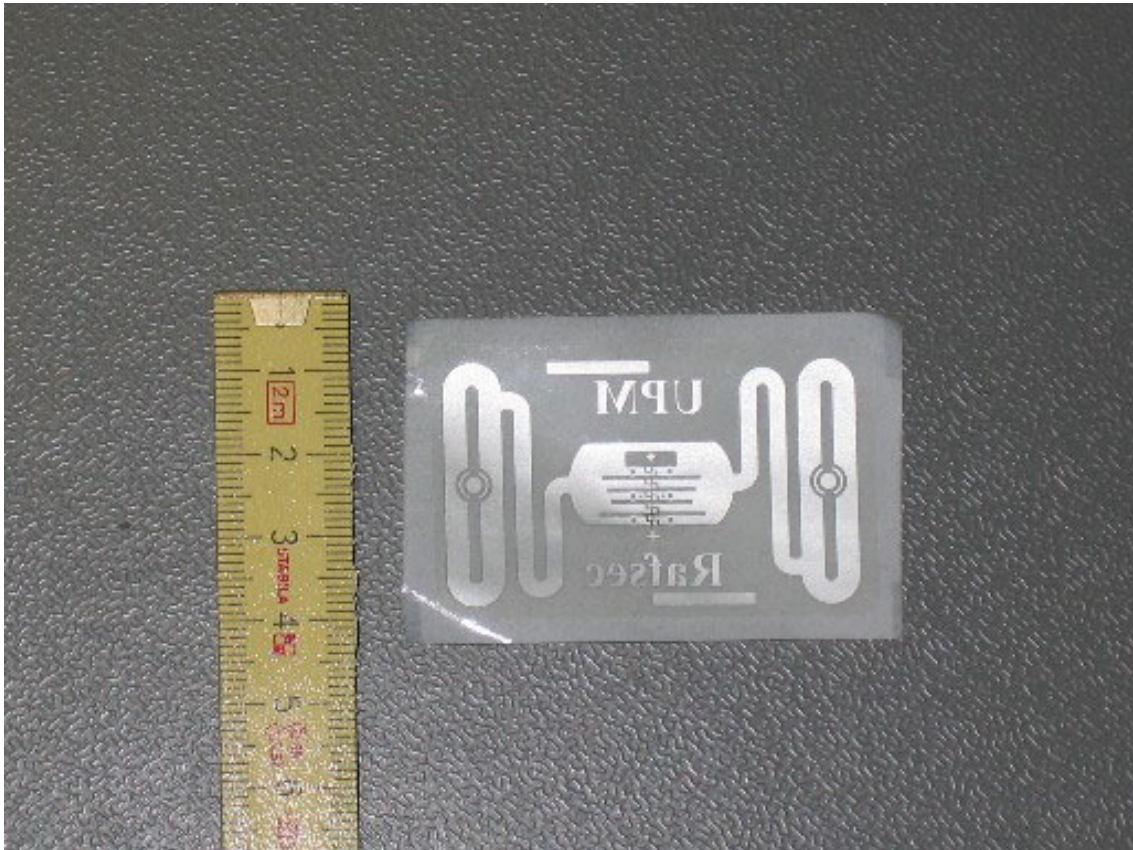
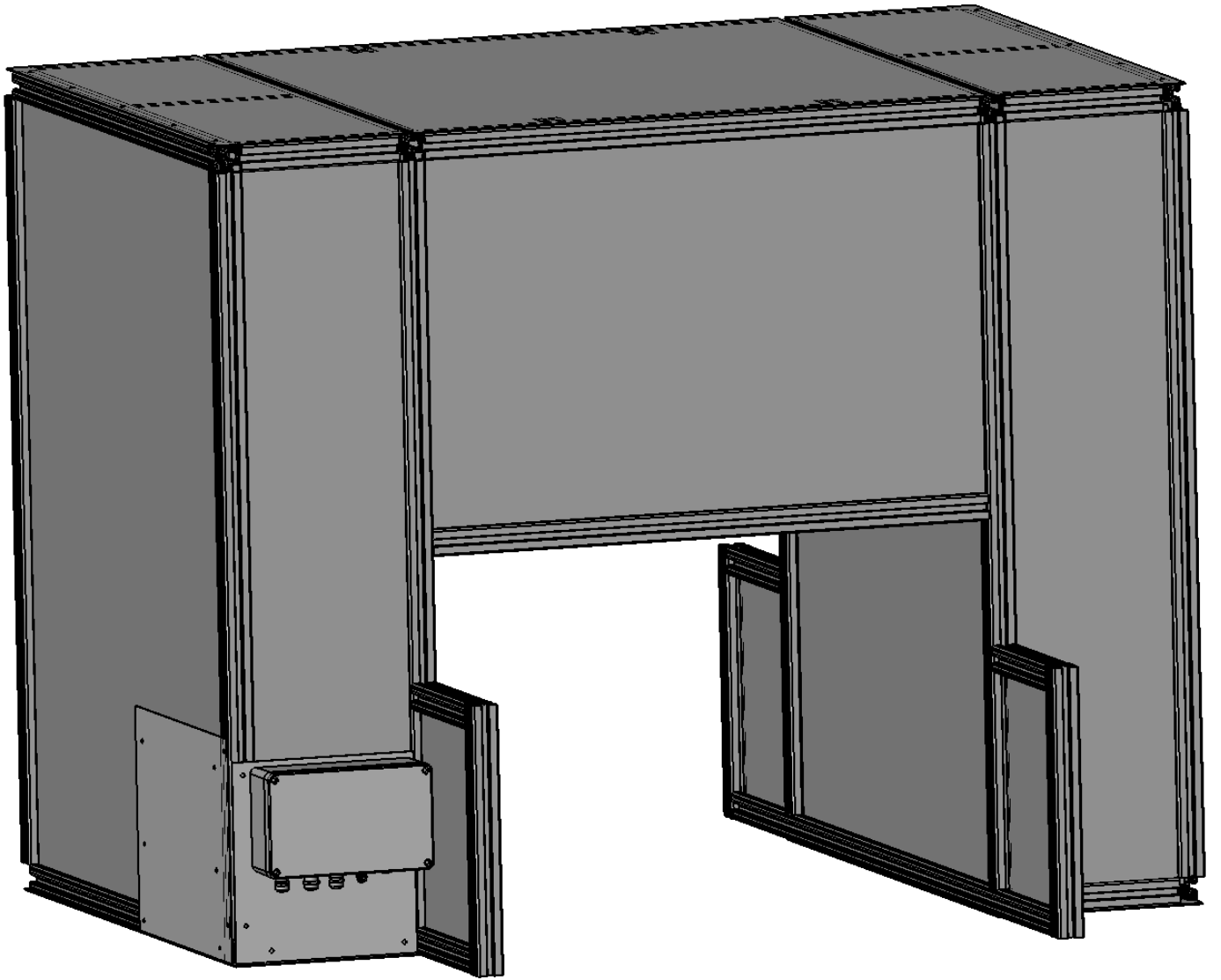


Figure 7: Photo of Rafsec Transponder (Rafsec sales code 3000807)

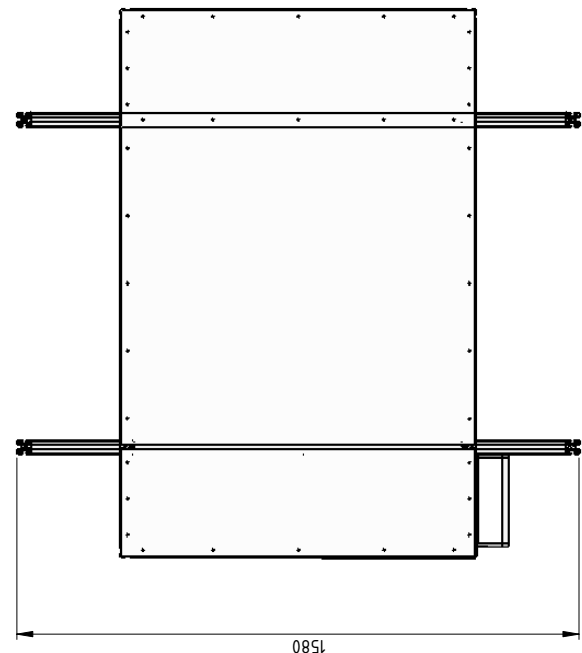
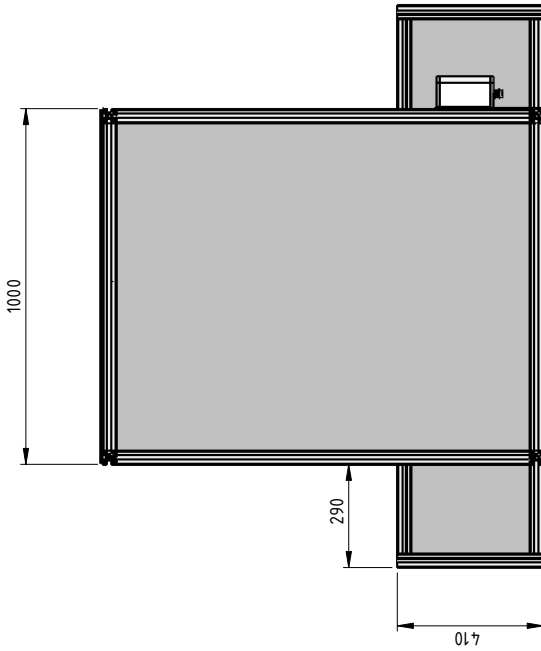
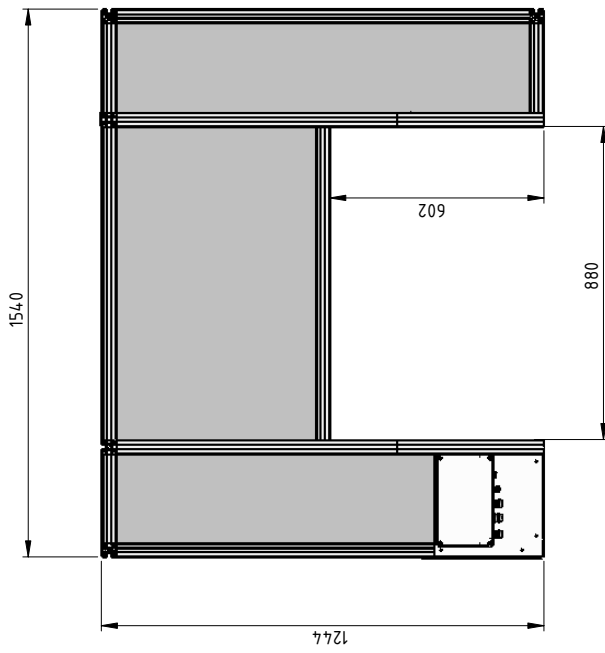
Vedlegg 23

3D utforming av lesestasjon



Vedlegg 24

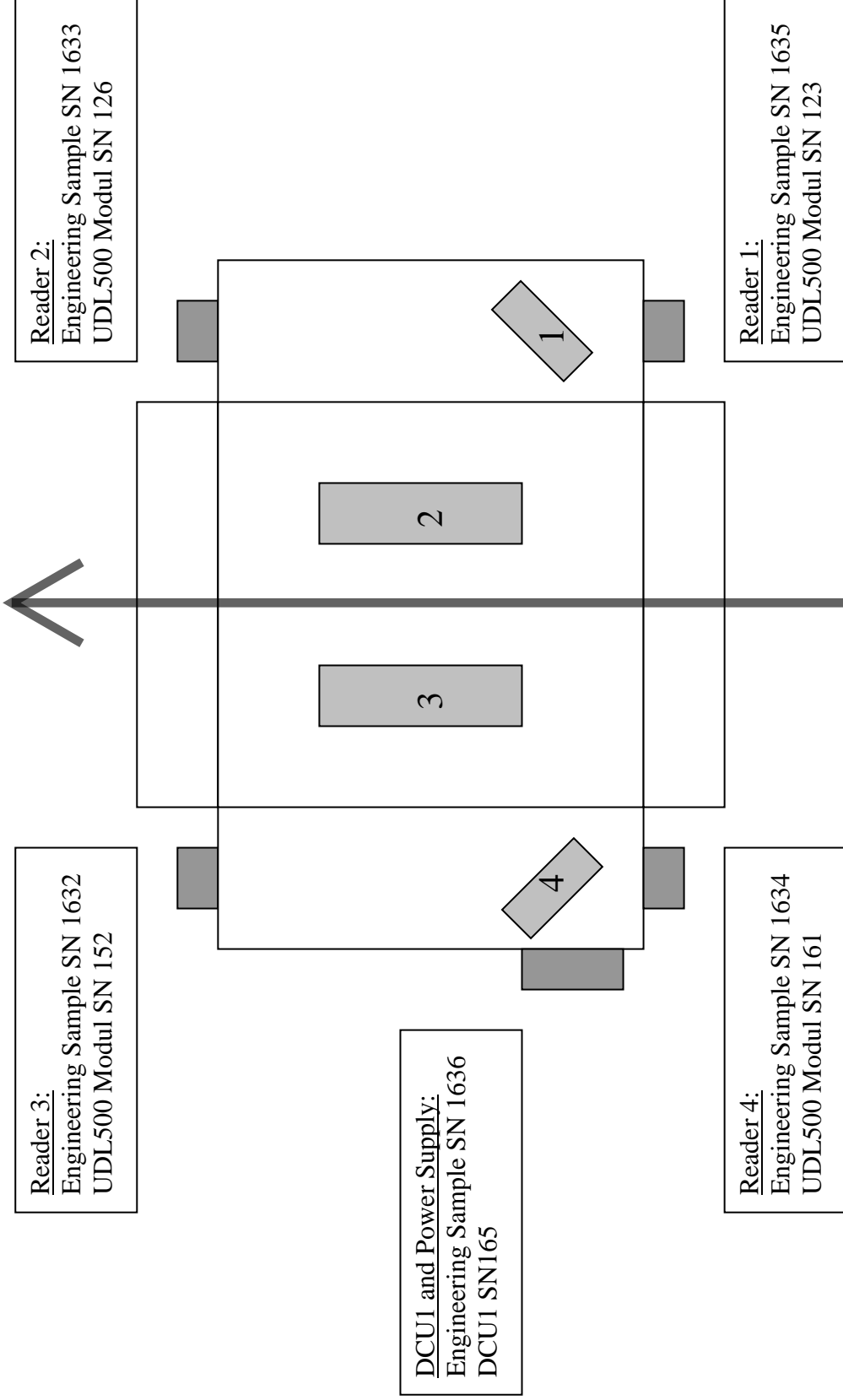
Konstruksjonsutforming av lesestasjon



deister electronic GmbH Hermann-Bahlisen-Str. 11 Telefon: 05105 516 111 Telefax: 05105 516 217				Maßstab :1:15 / Scale:1:15 Material : Farbe :		Alle Angaben in mm All Dimensions are in mm UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: TOLERANCES: max 0.1mm Diese Zeichnung mit allen Beilagen darf ohne unsere schriftliche Genehmigung weder kopiert, noch weiterverbreitet, inhaft, dritten Personen zugänglich gemacht oder mitgeteilt werden. Die Verantwortung für die Richtigkeit der Zeichnung mit allen Beilagen gehört der deister electronic GmbH.	
Zust.	Änderung	Gepr.	Norm.	Datum	Name	Benennung	
	Zeichnung erstellt			02.06.2006	Heide	Abmessungen	
						ZEICHNUNG Nr. / DWG NO.	

Vedlegg 25

Oversikt over plassering av antenner og moduler på lesestasjon



MAC-8101 - RFID Isolation Curtains



MAC-8101 RFID Isolation Curtains



APPLICATIONS:

- RFID Isolation on Conveyor belt readers
- Wideband EMI Reduction / Isolation

FEATURES:

- Minimum of -15 dB Absorption from 0.9 to 5 GHz
- Minimum of -80 dB Isolation from 100 MHz to 26 GHz
- Custom designed slits for luggage transport
- Subpart 100800-1 Single Sided, Low Band RF Absorption
- Subpart 100879-1 Composite high performance isolation material
- Durable Outer Surfaces
- High Wear
- Tear Resistant
- High Tensile Strength
- POL (Petroleum, Oil, Lubricant) Resistant
- Custom cut and fit to RFID Conveyor size – top mount grommets



Specifications: MAC-8101 RFID Isolation Curtains:

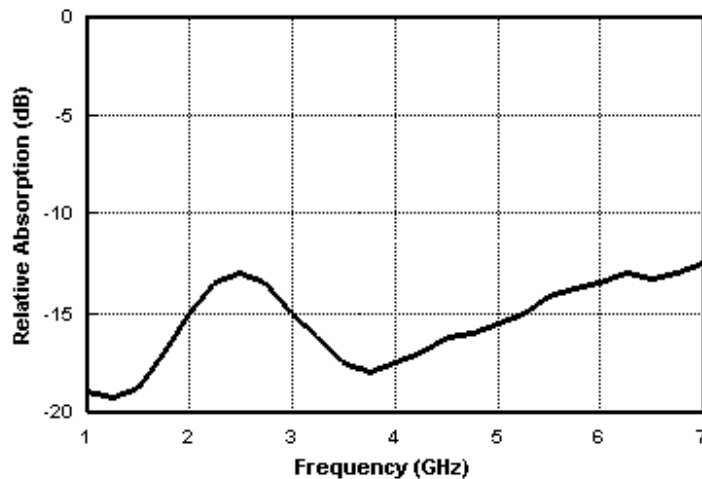
Construction:

Subpart 100800-1 Single sided absorber composite flexible panel, consisting of resistive materials, separators and ground plane. Encapsulated in a durable waterproof outer cover of urethane coated nylon

Subpart 100879-1 Dual sided isolation composite flexible panel, consisting of multiple ground plane and separators. Encapsulated in a durable waterproof outer cover of urethane coated nylon

Size: 41.5 inch by 55 inch (0.91 by 1.83 m) Standard. Can be changed to meet requirement.
Thickness: Typically 0.25 inches (0.64 cm)
Weight: Typically less than 0.5 lbs. per square foot (2.4 kg/m²)
Color: Absorber -Black - Standard (Other colors available, i.e., Blue, Green, Red, Gray, etc.)
Reflector – Gray-Standard (Other colors available, i.e., Blue, Green, Red, Gray, etc.)

Electrical Performance:



Frequency Range
0.8 to 5 GHz

This attenuation is from normal incidence up to 45°. Performances are started in either polarization.

Mechanical Properties:

Effects of Liquids Oil:	No adverse effects after 1000 hours (ASTM-B-117)
Effects of Liquids, Water:	Less than 6% increase in volume (ASTM-D-471)
Hydrostatic Resistance:	No water leaks after 20-min./15 psi (ASTM-D-751)
Thermal Stability:	Range of -40°F to 160°F
Low Temperature Impact:	-20°F, 1.5 ft. lbs., and no adverse effects
Thermal Cycles:	10 cycles, 1 hr/-20°F - 1 hr/70° F, no adverse effects
Visual Defects:	Uniform surface texture and appearance
Hazardous Material:	None

Millimeter Wave Technology, Inc.

90 Dayton Avenue, Suite 6E
Passaic, NJ 07077
Tel: 1 (973) 472-5161, Fax: 1 (973) 472-5915
E-Mail: sales@mwt-materials.com
Web Page: <http://www.mwt-materials.com>

Vedlegg 27

**Oppsummering av testingen ved Accu-
Sorts lokaler, 7. til 9. juni 2006**

Tests at Accu-Sort

Day 1 - 07/06/2006

Test setup	
Total number of possible readings	120 (3 bags*10 rounds*4 positions)
Bag type/content	Water inside Metal inside Plastic inside

Tag type	Read rate summary			Total
	Water inside	Plastic inside	Metal inside	
Texas Instruments - RI-UHF-00C02-03	100 %	98 %	80 %	92,5 %
UPM Rafsec - Sales code 3000807	100 %	100 %	50 %	83,4 %
UPM Rafsec - Sales code 3000825 *)	90 %	75 %	75 %	82,3 %
UPM Rafsec - Sales code 3000705 *)	100 %	100 %	98 %	99,2 %
Total read rate for the different bag types	97,5 %	93,1 %	75,6 %	

Day 2 - 08/06/2006

Test setup	
Total number of possible readings	180 (3 bags*20 rounds*3 positions)
Bag type/content	Metal inside Water inside Aluminium suitcase

Tag type	Read rate summary			Total
	Metal inside	Water inside	Aluminium suitcase	
UPM Rafsec - Sales code 3000705 *)	98,3 %	98,3 %	75,0 %	90,5 %
Texas Instruments - RI-UHF-00C02-03	85,0 %	100,0 %	33,3 %	72,8 %
Total read rate for the different bag types	91,7 %	99,2 %	54,2 %	

Day 3 **) - 09/06/2006

Test setup	
Total number of possible readings	600 (4 bags*50 rounds*3 positions)
Bag type/content	Water inside Aluminium suitcase Metal inside Plastic inside

Tag type	Read rate summary				
	Water inside	Aluminium suitcase	Metal inside	Plastic inside	Total
UPM Rafsec - Sales code 3000705	96,7 %	36,7 %	100,0 %	100,0 %	83,3 %
Texas Instruments - RI-UHF-00C02-03	67,3 %	33,3 %	100,0 %	93,3 %	73,5 %
Total read rate for the different bag types	82,0 %	35,0 %	100,0 %	96,7 %	

All bags had an approximately distance of 40 cm

*) = 1 error in the reading sequence

**) = New shielding curtain installed

Vedlegg 28

Logg fra dag 1 med testing, 7. juni 2006

Vedlegg 29

**Resultat fra testing ved Accu-Sorts lokaler,
7. juni 2006 - dag 1**

Testing day 1 - 07/06/2006

Tag	Tag placement	File name	Read rate			Total read rate	Right Sequence
			Water inside	Plastic inside	Metal inside		
Texas Instruments RI-UHF-00C02-03	Standing bag, free tags	Day1-TI-1.txt	%	100 %	100 %	100 %	Yes
			#	10	10	30 of 30	
	Lying bag, free tags	Day1-TI-2.txt	%	100 %	90 %	96,7 %	Yes
			#	10	9	29 of 30	
	Lying bag, tag on top	Day1-TI-3.txt	%	100 %	100 %	100 %	Yes
			#	10	10	30 of 30	
	Lying bag, tag under	Day1-TI-4.txt	%	100 %	100 %	73,3 %	Yes
			#	10	2	22 of 30	
UPM Rafsec Sales code 3000807	Standing bag, free tags	Day1-RSC-1.txt	%	100 %	100 %	73,3 %	Yes
			#	10	2	22 of 30	
	Lying bag, free tags	Day1-RSC-2.txt	%	100 %	100 %	96,7 %	Yes
			#	10	9	29 of 30	
	Lying bag, tag on top	Day1-RSC-3.txt	%	100 %	100 %	86,7 %	Yes
			#	10	6	26 of 30	
	Lying bag, tag under	Day1-RSC-4.txt	%	100 %	100 %	76,7 %	Yes
			#	10	3	23 of 30	
UPM Rafsec Sales code 3000825 (Rafsec Dogbone *)	Standing bag, free tags	Day1-RDog-1.txt	%	100 %	100 %	70 %	Yes
			#	10	1	21 of 30	
	Lying bag, free tags	Day1-RDog-2.txt	%	80 %	100 %	80 %	Yes
			#	8	6	24 of 30	
	Lying bag, tag on top	Day1-RDog-3.txt	%	100 %	100 %	86,6 %	Yes
			#	10	6	26 of 30	
	Lying bag, tag under	Day1-RDog-4.txt	%	88,9 %	100 %	92,6 %	1 error
			#	8	9	25 of 27	
UPM Rafsec Sales code 3000705 (Rafsec Short Dipole *)	Standing bag, free tags	Day1-RSD-1.txt	%	100 %	100 %	100 %	Yes
			#	10	10	30 of 30	
	Lying bag, free tags	Day1-RSD-2.txt	%	100 %	100 %	100 %	Yes
			#	10	10	30 of 30	
	Lying bag, tag on top	Day1-RSD-3.txt	%	100 %	100 %	100 %	1 error
			#	10	10	30 of 30	
	Lying bag, tag under	Day1-RSD-4.txt	%	100 %	100 %	96,7 %	Yes
			#	10	9	29 of 30	

*) = 1 error in the reading sequence

Testing day 1 - 07/06/2006

Tag type	Read rate summary			
	Water inside	Plastic inside	Metal inside	Total
Texas Instruments - RI-UHF-00C02-03	100 %	98 %	80 %	92,5 %
UPM Rafsec - Sales code 3000807	100 %	100 %	50 %	83,4 %
UPM Rafsec - Sales code 3000825 *)	90 %	75 %	75 %	82,3 %
UPM Rafsec - Sales code 3000705 *)	100 %	100 %	98 %	99,2 %
Total read rate for the different bag types	97,5 %	93,1 %	75,6 %	

*) = 1 error in the reading sequence

Vedlegg 30

Logg fra dag 2 med testing, 8. juni 2006

Vedlegg 31

**Resultat fra testing ved Accu-Sorts lokaler,
8. juni 2006 - dag 2**

Testing day 2 - 08/06/2006

Tag type	Tag placement	Filename	Read rate (problem luggage)			Total read rate	Right sequence?
			Metal inside	Water inside	Aluminium suitcase		
UPM Rafsec Sales Code 3000705	Free	Day2-SD1.txt	%	100 %	75 %	91,7 %	Yes
			#	20	15		
	On top of bag	Day2-SD2.txt	%	95 %	85 %	93,3 %	Yes
			#	19	17		
	Under bag	Day2-SD3.txt	%	100 %	65 %	86,7 %	1 error *)
			#	20	13		
Texas Instruments RI-UHF-00C02-03	Free	Day2-TI1.txt	%	100 %	100 %	100 %	Yes
			#	20	20		
	On top of bag	Day2-TI2.txt	%	100 %	0 %	66,6 %	Yes
			#	20	0		
	Under bag	Day2-TI3.txt	%	55 %	0 %	51,7 %	Yes
			#	11	0		

Bag distance is approximately 40 cm

*) = 1 error in the reading sequence. The data from ShortDipol3 is interpreted as a read in the wrong sequence with a double read

Tag type	Read rate summary		
	Metal inside	Water inside	Aluminium suitcase
UPM Rafsec - Sales code 3000705 *)	98,3 %	98,3 %	75,0 %
Texas Instruments - RI-UHF-00C02-03	85,0 %	100,0 %	33,3 %
Total read rate for the different bag types	91,7 %	99,2 %	54,2 %
			Total
			90,5 %
			72,8 %

*) = 1 error in the reading sequence

Vedlegg 32

Logg fra dag 3 med testing, 9. juni 2006

file:///C:/AI%20master/Tests%20at%20Accu-Sort/Test%20data/Day3-2-free.txt

00000000000000000000103 [EPC class1 Gen2] (51)
00000000000000000000102 [EPC class1 Gen2] (51)
00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2] (51)
00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2] (51)

file:///C:/AI%20master/Tests%20at%20Accu-Sort/Test%20data/Day3-2-free.txt (12 of 12)20.07.2006 16:53:32

file:///C:/AI%20master/Tests%20at%20Accu-Sort/Test%20data/Day3-2-under.txt

50 rounds
distance ~40cm

Texas Instruments
103 -> water inside the bag
102 -> metal bag

Rafsec short dipole
201 -> metal inside the bag
200 -> plastic inside the bag

09.06.2006 17:00:56:338> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:00:57:808> FB003F4100000011001000C000000000000000000001037B25FE
09.06.2006 17:00:57:813> 00000000000000000000103 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:00:58:851> FB003F4100000011001000C000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:00:58:856> 00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:00:59:809> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:00:59:814> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:01:10:910> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:01:13:470> FB003F4100000011001000C00000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:01:13:475> 00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:01:14:315> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:01:14:320> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:01:25:482> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:01:28:120> FB003F4100000011001000C0000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:01:28:125> 0000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:01:29:113> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:01:29:119> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:01:40:420> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:01:42:724> FB003F4100000011001000C0000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:01:42:730> 00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:01:43:830> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:01:43:835> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:01:55:665> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:01:57:989> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:01:57:994> 00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:01:58:983> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:01:58:988> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:02:10:227> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:02:12:723> FB003F4100000011001000C0000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:02:12:728> 0000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:02:13:889> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE

file:///C:/AI%20master/Tests%20at%20Accu-Sort/Test%20data/Day3-2-under.txt (1 of 7)20.07.2006 16:53:33

file:///C:/AI%20master/Tests%20at%20Accu-Sort/Test%20data/Day3-2-under.txt

09.06.2006 17:02:13:894> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:02:24:797> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:02:27:520> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:02:27:525> 00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:02:28:673> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:02:28:678> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:02:39:357> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:02:42:352> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:02:42:357> 0000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:02:43:214> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:02:43:220> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:02:54:295> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:02:57:126> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:02:57:131> 00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:02:57:964> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:02:57:970> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:03:09:460> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:03:11:683> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:03:11:688> 00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:03:12:610> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:03:12:615> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:03:24:021> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:03:26:351> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:03:26:356> 00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:03:27:281> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:03:27:286> 00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:03:38:575> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:03:41:215> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:03:41:220> 0000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:03:41:903> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:03:41:909> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:03:53:116> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:03:55:704> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:03:55:709> 00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:03:56:941> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:03:56:947> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:04:07:672> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:04:10:474> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:04:10:479> 0000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:04:11:548> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:04:11:554> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:04:22:997> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:04:25:255> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000201012CFE

file:///C:/AI%20master/Tests%20at%20Accu-Sort/Test%20data/Day3-2-under.txt (2 of 7)20.07.2006 16:53:33

file:///C:/AI%20master/Tests%20at%20Accu-Sort/Test%20data/Day3-2-under.txt

09.06.2006 17:04:25:260> 00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:04:26:538> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:04:26:543> 00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:04:37:539> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:04:39:973> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:04:39:979> 0000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:04:41:106> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:04:41:111> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:04:52:080> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:04:54:572> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:04:54:577> 00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:04:55:689> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:04:55:694> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:05:06:610> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:05:09:472> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:05:09:478> 00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:05:10:690> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:05:10:695> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:05:21:260> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:05:24:059> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:05:24:064> 00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:05:25:128> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:05:25:133> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:05:36:560> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:05:38:970> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:05:38:976> 00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:05:39:978> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:05:39:984> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:05:51:190> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:05:53:631> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:05:53:637> 0000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:05:54:695> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:05:54:700> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:06:05:732> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:06:08:363> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:06:08:369> 00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:06:09:433> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:06:09:438> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:06:20:662> FB003F0D00801000010073B2FE
09.06.2006 17:06:22:942> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000201012CFE
09.06.2006 17:06:22:948> 00000000000000000000201 [EPC class1 Gen2]
09.06.2006 17:06:24:161> FB003F4100000011001000C000000000000000000000000200883DFE
09.06.2006 17:06:24:167> 00000000000000000000200 [EPC class1 Gen2]

file:///C:/AI%20master/Tests%20at%20Accu-Sort/Test%20data/Day3-2-under.txt (3 of 7)20.07.2006 16:53:33

Vedlegg 33

**Resultat fra testing ved Accu-Sorts lokaler,
9. juni 2006 - dag 3**

Testing day 3

Tag placement	Filename	Read rate						Right sequence?
		Rafsec Short Dipole		Texas Instruments		Total		
		Water inside	Aluminium case	Metal inside	Plastic inside			
Free	Day3-1-free.txt	%	100 %	100 %	100 %	100,0 %	Yes	
		#	50	50	50	200 of 200		
On top of bag	Day3-1-above.txt	%	100 %	10 %	100 %	77,5 %	Yes	
		#	50	5	50	155 of 200		
Under bag	Day3-1-under.txt	%	90 %	0 %	100 %	67,5 %	Yes	
		#	45	0	50	135 of 200		

Tag placement	Filename	Read rate						Right sequence?
		Texas Instruments		Rafsec Short Dipole		Total		
		Water inside	Aluminium case	Metal inside	Plastic inside			
Free	Day3-2-free.txt	%	100 %	100 %	100 %	100 %	Yes	
		#	50	50	50	200 of 200		
On top of bag	Day3-2-above.txt	%	100 %	0 %	100 %	75,0 %	Yes	
		#	50	0	50	150 of 200		
Under bag	Day3-2-under.txt	%	2 %	0 %	100 %	50,5 %	Yes	
		#	1	0	50	101 of 200		

Bag distance is approximately 40

Vedlegg 34

**Resultatoversikt fra testing ved Accu-Sorts
lokaler, 9. juni 2006 - dag 3**

Overview of day 3 - 09/06/2006

Tag type	Read rate						Total
	Water inside	Aluminium case	Metal inside	Plastic inside	Metal inside	Plastic inside	
UPM Rafsec Sales code 3000705 (Rafsec Short Dipole)	%	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	#	50	50	50	50	50	200 of 200
	%	100 %	10 %	100 %	100 %	100 %	77,5 %
	#	50	5	50	50	50	155 of 200
	%	90 %	0 %	100 %	100 %	100 %	72,5 %
	#	45	0	50	50	50	145 of 200
Texas Instruments RI-UHF-00C02-03	%	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	#	50	50	50	50	50	200 of 200
	%	100 %	0 %	100 %	100 %	100 %	75,0 %
	#	50	0	50	50	50	150 of 200
	%	2 %	0 %	100 %	80 %	100 %	45,5 %
	#	1	0	50	40	50	91 of 200


Bag distance is approximately 40 cm
All bags read with the right sequence

Tag type	Read rate summary			Total
	Water inside	Aluminium suitcase	Metal inside	
UPM Rafsec - Sales code 3000705	96,7 %	36,7 %	100,0 %	83,3 %
Texas Instruments - RI-UHF-00C02-03	67,3 %	33,3 %	100,0 %	73,5 %
Total read rate for the different bag types	82,0 %	35,0 %	100,0 %	96,7 %

Vedlegg 35

Informasjon til Norwegians innsjekkingspersonell

Test med ny taggrull

Hva skal gjøres:	Teste en spesiell type taggrull med Norwegian
Hvorfor:	<ul style="list-style-type: none">• For å undersøke hvorvidt leseraten på bagasje kan forbedres.• Høyere leserate gjør at mindre bagasje må kjøres om til ny lesing og frigjør tid og plass i bagasjesystemet.
Varighet:	Periodevis fra torsdag 6. juli og fredag 7.juli
Hva må <u>du</u> gjøre:	<ul style="list-style-type: none">• Bruke en spesiell type taggrull• Ta vare på alle tagger som må forkastes ved feilskrivning eller lignende (dette for å oppnå nøyaktig måling)• Ikke bruk tagg med striper, slik som den vist under, skriv ut ny og ta vare på den stripete 

Hvis du trenger mer informasjon eller hjelp angående denne testen, ikke nøl med å kontakte Håvard Sunde på tlf: 975 71 282.

Testing pågår

Denne innsjekkingsskranken
brukes til uttesting

Vedlegg 36

**Logg fra testingen torsdag 6. juli 2006 ved
Oslo Lufthavn Gardermoen**

autol og-thursday. txt

06.07.2006	16:39:05	544553544F534C4F30313336	[EPC cl ass1 Gen2]	136	
06.07.2006	16:43:07	544553544F534C4F30313335	[EPC cl ass1 Gen2]	135	
06.07.2006	16:43:34	544553544F534C4F30313334	[EPC cl ass1 Gen2]	134	
06.07.2006	16:49:47	544553544F534C4F30313333	[EPC cl ass1 Gen2]	133	
06.07.2006	16:50:22	544553544F534C4F30313331	[EPC cl ass1 Gen2]	131	
06.07.2006	16:51:12	544553544F534C4F30313332	[EPC cl ass1 Gen2]	132	
06.07.2006	16:52:33	544553544F534C4F30313330	[EPC cl ass1 Gen2]	130	
06.07.2006	16:53:11	544553544F534C4F30313239	[EPC cl ass1 Gen2]	129	
06.07.2006	16:54:37	544553544F534C4F30313238	[EPC cl ass1 Gen2]	128	
06.07.2006	16:55:26	544553544F534C4F30313237	[EPC cl ass1 Gen2]	127	
06.07.2006	16:55:37	544553544F534C4F30313236	[EPC cl ass1 Gen2]	126	
06.07.2006	16:57:29	544553544F534C4F30313235	[EPC cl ass1 Gen2]	125	
06.07.2006	16:59:24	544553544F534C4F30313234	[EPC cl ass1 Gen2]	124	
06.07.2006	17:03:50	544553544F534C4F30313233	[EPC cl ass1 Gen2]	123	
06.07.2006	17:05:11	544553544F534C4F30313232	[EPC cl ass1 Gen2]	122	*Mi ssi ng 121*
06.07.2006	17:10:41	544553544F534C4F30313230	[EPC cl ass1 Gen2]	120	
06.07.2006	17:14:22	544553544F534C4F30313139	[EPC cl ass1 Gen2]	119	
06.07.2006	17:15:11	544553544F534C4F30313138	[EPC cl ass1 Gen2]	118	
06.07.2006	17:16:58	544553544F534C4F30313137	[EPC cl ass1 Gen2]	117	
06.07.2006	17:18:35	544553544F534C4F30313136	[EPC cl ass1 Gen2]	116	
06.07.2006	17:19:29	544553544F534C4F30313135	[EPC cl ass1 Gen2]	115	
06.07.2006	17:20:44	544553544F534C4F30313134	[EPC cl ass1 Gen2]	114	
06.07.2006	17:21:37	544553544F534C4F30313133	[EPC cl ass1 Gen2]	113	*PCtroubl e*
06.07.2006	17:55:38	544553544F534C4F30303832	[EPC cl ass1 Gen2]	82	
06.07.2006	17:57:15	544553544F534C4F30303831	[EPC cl ass1 Gen2]	81	
06.07.2006	17:57:42	544553544F534C4F30303830	[EPC cl ass1 Gen2]	80	
06.07.2006	17:58:03	544553544F534C4F30303739	[EPC cl ass1 Gen2]	79	
06.07.2006	17:58:52	544553544F534C4F30303738	[EPC cl ass1 Gen2]	78	
06.07.2006	17:59:52	544553544F534C4F30303737	[EPC cl ass1 Gen2]	77	
06.07.2006	18:00:36	544553544F534C4F30303736	[EPC cl ass1 Gen2]	76	
06.07.2006	18:02:18	544553544F534C4F30303735	[EPC cl ass1 Gen2]	75	
06.07.2006	18:03:18	544553544F534C4F30303734	[EPC cl ass1 Gen2]	74	
06.07.2006	18:04:07	544553544F534C4F30303733	[EPC cl ass1 Gen2]	73	
06.07.2006	18:05:01	544553544F534C4F30303732	[EPC cl ass1 Gen2]	72	
06.07.2006	18:06:10	544553544F534C4F30303731	[EPC cl ass1 Gen2]	71	
06.07.2006	18:07:15	544553544F534C4F30303730	[EPC cl ass1 Gen2]	70	
06.07.2006	18:08:10	544553544F534C4F30303639	[EPC cl ass1 Gen2]	69	
06.07.2006	18:10:18	544553544F534C4F30303638	[EPC cl ass1 Gen2]	68	
06.07.2006	18:12:01	544553544F534C4F30303637	[EPC cl ass1 Gen2]	67	
06.07.2006	18:12:17	544553544F534C4F30303636	[EPC cl ass1 Gen2]	66	
06.07.2006	18:12:45	544553544F534C4F30303635	[EPC cl ass1 Gen2]	65	
06.07.2006	18:13:07	544553544F534C4F30303634	[EPC cl ass1 Gen2]	64	*Mi ssi ng 63*
06.07.2006	18:18:52	544553544F534C4F30303632	[EPC cl ass1 Gen2]	62	
06.07.2006	18:21:34	544553544F534C4F30303631	[EPC cl ass1 Gen2]	61	
06.07.2006	18:22:17	544553544F534C4F30303630	[EPC cl ass1 Gen2]	60	
06.07.2006	18:23:33	544553544F534C4F30303539	[EPC cl ass1 Gen2]	59	*Mi ssi ng 58*
06.07.2006	18:25:43	544553544F534C4F30303537	[EPC cl ass1 Gen2]	57	
06.07.2006	18:27:10	544553544F534C4F30303536	[EPC cl ass1 Gen2]	56	
06.07.2006	18:28:14	544553544F534C4F30303535	[EPC cl ass1 Gen2]	55	
06.07.2006	18:29:51	544553544F534C4F30303534	[EPC cl ass1 Gen2]	54	
06.07.2006	18:31:22	544553544F534C4F30303532	[EPC cl ass1 Gen2]	52	
06.07.2006	18:32:37	544553544F534C4F30303533	[EPC cl ass1 Gen2]	53	
06.07.2006	18:33:53	544553544F534C4F30303531	[EPC cl ass1 Gen2]	51	
06.07.2006	18:35:14	544553544F534C4F30303439	[EPC cl ass1 Gen2]	49	
06.07.2006	18:36:36	544553544F534C4F30303530	[EPC cl ass1 Gen2]	50	
06.07.2006	18:37:51	544553544F534C4F30303438	[EPC cl ass1 Gen2]	48	
06.07.2006	18:38:56	544553544F534C4F30303437	[EPC cl ass1 Gen2]	47	*Mi ssi ng 46*
06.07.2006	18:40:17	544553544F534C4F30303435	[EPC cl ass1 Gen2]	45	
06.07.2006	18:43:22	544553544F534C4F30303434	[EPC cl ass1 Gen2]	44	
06.07.2006	18:44:05	544553544F534C4F30303433	[EPC cl ass1 Gen2]	43	
06.07.2006	18:45:37	544553544F534C4F30303432	[EPC cl ass1 Gen2]	42	
06.07.2006	18:48:08	544553544F534C4F30303431	[EPC cl ass1 Gen2]	41	
06.07.2006	18:48:45	544553544F534C4F30303430	[EPC cl ass1 Gen2]	40	
06.07.2006	18:49:07	544553544F534C4F30303339	[EPC cl ass1 Gen2]	39	

Vedlegg 37

Resultat fra testingen ved Oslo Lufthavn Gardermoen

Test result at Oslo Airport Gardermoen

	Check in 1	Check in 2	Check in 3	Total
EPC numbers in the tags	136 to 280	351 to 488	489 to 636	
Tags on the roll	145	138	148	431
- Oversize luggage	13	12	10	35
- Not used tags	3	7	2	12
= Tags in the system	129	119	136	384

Read and logged tags by the RFID-station	371	
Total number of tags into the system	384	(129+119+136)
Read rate ($371/384 * 100\%$)	96,61 %	(96.6146 %)

A no-read-rate of 3,39% means 13 tags that could not be read during the test.

Vedlegg 38

**Logg fra testingen fredag 7. juli 2006 ved
Oslo Lufthavn Gardermoen**

auto-log-friday-test1.txt
07.07.2006 06:31:48:479- 544553544F534C4F30323739 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:32:34:557- 544553544F534C4F30323738 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:33:55:957- 544553544F534C4F30323736 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:34:13:327- 544553544F534C4F30323737 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:34:31:414- 544553544F534C4F30323735 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:35:29:577- 544553544F534C4F30323734 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:37:10:931- 544553544F534C4F30323735 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:37:22:209- 544553544F534C4F30323731 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:38:10:233- 544553544F534C4F30323734 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:38:21:023- 544553544F534C4F30323738 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:39:01:637- 544553544F534C4F30323733 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:39:04:636- 544553544F534C4F30343837 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:39:08:313- 544553544F534C4F30363239 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:39:27:203- 544553544F534C4F30323732 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:42:05:173- 544553544F534C4F30343836 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:39:54:960- 544553544F534C4F30343833 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:40:02:967- 544553544F534C4F30323731 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:40:13:011- 544553544F534C4F30343832 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:40:28:596- 544553544F534C4F30363238 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:40:08:462- 544553544F534C4F30343834 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:40:46:161- 544553544F534C4F30343835 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:41:22:983- 544553544F534C4F30343831 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:41:47:642- 544553544F534C4F30343830 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:42:05:173- 544553544F534C4F30323737 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:42:38:554- 544553544F534C4F30343738 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:42:54:206- 544553544F534C4F30363236 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:42:56:941- 544553544F534C4F30343737 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:43:07:720- 544553544F534C4F30323737 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:43:07:754- 544553544F534C4F30343736 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:43:23:123- 544553544F534C4F30323730 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:43:33:235- 544553544F534C4F30363235 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:44:42:355- 544553544F534C4F30363234 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:44:56:981- 544553544F534C4F30323639 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:46:02:437- 544553544F534C4F30363233 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:47:13:370- 544553544F534C4F30323637 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:48:04:825- 544553544F534C4F30363232 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:48:15:809- 544553544F534C4F30323636 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:48:55:687- 544553544F534C4F30363231 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:49:06:025- 544553544F534C4F30323635 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:49:12:586- 544553544F534C4F30363230 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:49:16:916- 544553544F534C4F30323634 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:49:30:432- 544553544F534C4F30323633 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:49:45:570- 544553544F534C4F30363139 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:50:43:490- 544553544F534C4F30323631 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:50:50:554- 544553544F534C4F30363138 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:53:02:942- 544553544F534C4F30363137 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:53:19:594- 544553544F534C4F30323630 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:54:20:529- 544553544F534C4F30323539 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:55:36:820- 544553544F534C4F30323538 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:56:31:412- 544553544F534C4F30363135 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:56:49:385- 544553544F534C4F30323537 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:57:14:497- 544553544F534C4F30363134 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:57:43:138- 544553544F534C4F30363133 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:58:04:804- 544553544F534C4F30323536 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:58:07:369- 544553544F534C4F30363132 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:58:52:087- 544553544F534C4F30323535 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:59:24:680- 544553544F534C4F30363131 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 06:59:39:340- 544553544F534C4F30343735 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:00:00:957- 544553544F534C4F30363130 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:00:09:323- 544553544F534C4F30323632 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:00:44:671- 544553544F534C4F30363039 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:00:56:239- 544553544F534C4F30323533 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:01:07:123- 544553544F534C4F30343734 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:01:30:246- 544553544F534C4F30363038 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:01:50:101- 544553544F534C4F30343733 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:02:15:786- 544553544F534C4F30363037 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:02:22:517- 544553544F534C4F30323532 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:02:30:022- 544553544F534C4F30343732 [EPC class1 Gen2]

auto-log-friday-test1.txt
07.07.2006 07:03:09:826- 544553544F534C4F30363036 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:04:07:983- 544553544F534C4F30363036 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:04:26:351- 544553544F534C4F30363035 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:04:43:881- 544553544F534C4F30363034 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:04:51:213- 544553544F534C4F30343730 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:05:36:533- 544553544F534C4F30323131 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:05:58:921- 544553544F534C4F30323530 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:06:16:516- 544553544F534C4F30363032 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:06:19:630- 544553544F534C4F30343639 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:06:33:311- 544553544F534C4F30343638 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:07:38:027- 544553544F534C4F30363031 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:08:01:758- 544553544F534C4F30323438 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:10:24:537- 544553544F534C4F30363030 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:11:05:727- 544553544F534C4F30353936 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:12:06:178- 544553544F534C4F30353937 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:12:40:361- 544553544F534C4F30343636 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:13:30:955- 544553544F534C4F30323435 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:13:34:537- 544553544F534C4F30353937 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:13:45:938- 544553544F534C4F30323436 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:14:00:956- 544553544F534C4F30323437 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:14:40:019- 544553544F534C4F30343635 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:15:52:973- 544553544F534C4F30323434 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:16:00:173- 544553544F534C4F30353936 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:16:10:788- 544553544F534C4F30323433 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:16:25:617- 544553544F534C4F30353935 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:17:34:639- 544553544F534C4F30343634 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:17:41:519- 544553544F534C4F30343633 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:17:52:575- 544553544F534C4F30323432 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:17:52:575- 544553544F534C4F30323430 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:18:11:335- 544553544F534C4F30343632 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:18:21:935- 544553544F534C4F30343631 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:18:25:826- 544553544F534C4F30353934 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:19:27:315- 544553544F534C4F30353932 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:19:46:126- 544553544F534C4F30343630 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:20:03:649- 544553544F534C4F30353931 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:20:33:165- 544553544F534C4F30343539 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:20:36:771- 544553544F534C4F30323338 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:20:40:271- 544553544F534C4F30353930 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:21:10:105- 544553544F534C4F30323338 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:21:28:586- 544553544F534C4F30323337 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:21:52:996- 544553544F534C4F30323336 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:22:11:471- 544553544F534C4F30343538 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:22:14:001- 544553544F534C4F30323335 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:22:22:775- 544553544F534C4F30343537 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:23:02:323- 544553544F534C4F30353839 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:24:44:085- 544553544F534C4F30353838 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:25:12:982- 544553544F534C4F30353837 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:26:28:413- 544553544F534C4F30323332 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:26:43:903- 544553544F534C4F30343535 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:28:35:794- 544553544F534C4F30343534 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:28:50:648- 544553544F534C4F30353836 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:28:58:352- 544553544F534C4F30353835 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:29:04:946- 544553544F534C4F30343532 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:29:08:129- 544553544F534C4F30323239 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:29:13:171- 544553544F534C4F30343131 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:29:54:865- 544553544F534C4F30343530 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:29:59:133- 544553544F534C4F30353834 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:30:01:788- 544553544F534C4F30343439 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:30:20:871- 544553544F534C4F30353833 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:30:38:980- 544553544F534C4F30353832 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:30:52:154- 544553544F534C4F30323237 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:31:07:959- 544553544F534C4F30323236 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:31:15:346- 544553544F534C4F30343438 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:31:34:171- 544553544F534C4F30343137 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:31:50:533- 544553544F534C4F30353832 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:32:05:862- 544553544F534C4F30323235 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:32:23:396- 544553544F534C4F30323234 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:32:34:474- 544553544F534C4F30353831 [EPC class1 Gen2]

auto-log-friday-test1.txt
07.07.2006 07:32:59:467- 544553544F534C4F30353830 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:33:07:548- 544553544F534C4F30353830 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:33:17:479- 544553544F534C4F30353739 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:34:52:383- 544553544F534C4F30343435 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:34:56:560- 544553544F534C4F30323233 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:35:02:629- 544553544F534C4F30343434 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:35:32:745- 544553544F534C4F30353738 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:35:43:578- 544553544F534C4F30323232 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:36:30:921- 544553544F534C4F30323231 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:36:48:779- 544553544F534C4F30323230 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:37:00:300- 544553544F534C4F30323139 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:37:55:166- 544553544F534C4F30343432 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:38:11:385- 544553544F534C4F30323139 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:38:23:938- 544553544F534C4F30353737 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:38:31:707- 544553544F534C4F30343431 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:38:49:407- 544553544F534C4F30343430 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:39:58:372- 544553544F534C4F30353736 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:40:12:539- 544553544F534C4F30353735 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:40:52:755- 544553544F534C4F30343339 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:41:14:148- 544553544F534C4F30353734 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:41:19:123- 544553544F534C4F30343333 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:41:29:739- 544553544F534C4F30353733 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:42:00:137- 544553544F534C4F30323137 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:42:19:942- 544553544F534C4F30353732 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:42:42:415- 544553544F534C4F30323136 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:43:15:135- 544553544F534C4F30353731 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:43:36:370- 544553544F534C4F30353730 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:43:43:893- 544553544F534C4F30343336 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:43:58:419- 544553544F534C4F30323135 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:45:31:814- 544553544F534C4F30353639 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:45:43:512- 544553544F534C4F30323134 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:46:04:624- 544553544F534C4F30353638 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:46:26:629- 544553544F534C4F30353637 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:47:10:125- 544553544F534C4F30343333 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:47:24:732- 544553544F534C4F30323133 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:47:35:750- 544553544F534C4F30323132 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:47:43:114- 544553544F534C4F30353632 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:47:50:120- 544553544F534C4F30353631 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:47:54:303- 544553544F534C4F30323131 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:48:01:413- 544553544F534C4F30343331 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:48:15:507- 544553544F534C4F30343330 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:48:58:799- 544553544F534C4F30353635 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:49:31:342- 544553544F534C4F30343239 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:49:52:984- 544553544F534C4F30343238 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:50:07:705- 544553544F534C4F30323130 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:50:44:259- 544553544F534C4F30343237 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:51:17:861- 544553544F534C4F30353632 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:51:20:994- 544553544F534C4F30323039 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:51:31:516- 544553544F534C4F30323038 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:52:02:293- 544553544F534C4F30343235 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:52:04:612- 544553544F534C4F30353634 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:52:29:431- 544553544F534C4F30343234 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:52:48:370- 544553544F534C4F30353633 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:52:51:821- 544553544F534C4F30323037 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:52:55:598- 544553544F534C4F30343232 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:55:13:435- 544553544F534C4F30343231 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:55:31:354- 544553544F534C4F30343230 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:55:49:496- 544553544F534C4F30323035 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:55:53:164- 544553544F534C4F30353539 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:56:03:271- 544553544F534C4F30323034 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:56:04:204- 544553544F534C4F30353538 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:56:48:053- 544553544F534C4F30343230 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:57:05:847- 544553544F534C4F30343139 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:57:49:119- 544553544F534C4F30353537 [EPC class1 Gen2]

auto-log-friday-test1.txt
07.07.2006 07:58:18:979- 544553544F534C4F30323033 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 07:58:40:119- 544553544F534C4F30323033 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 08:00:21:819- 544553544F534C4F30323031 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 08:01:12:005- 544553544F534C4F30323030 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 08:05:39:499- 544553544F534C4F30313937 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 08:06:30:4

autolog-friday-test1.txt
07.07.2006 08:48:57:892> 544553544F534CF30333638 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 08:49:13:084> 544553544F534CF30333637 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 08:50:53:935> 544553544F534CF30353332 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 08:51:26:707> 544553544F534CF30333935 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 08:52:27:625> 544553544F534CF30333934 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 08:54:16:381> 544553544F534CF30333933 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 08:56:05:069> 544553544F534CF30333932 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 08:56:09:045> 544553544F534CF30353331 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 08:57:39:533> 544553544F534CF30333931 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 08:58:52:049> 544553544F534CF30333930 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:01:13:897> 544553544F534CF30333930 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:01:24:159> 544553544F534CF30353239 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:02:23:182> 544553544F534CF30313631 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:02:37:823> 544553544F534CF30313630 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:03:09:892> 544553544F534CF30333837 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:03:35:145> 544553544F534CF30333836 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:04:26:154> 544553544F534CF30313539 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:05:28:725> 544553544F534CF30333835 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:05:39:868> 544553544F534CF30353237 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:05:53:278> 544553544F534CF30353236 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:06:15:947> 544553544F534CF30353232 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:06:40:878> 544553544F534CF30353233 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:07:38:762> 544553544F534CF30313538 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:09:38:447> 544553544F534CF30353231 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:10:04:971> 544553544F534CF30313537 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:10:34:165> 544553544F534CF30333834 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:11:17:369> 544553544F534CF30333833 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:11:54:295> 544553544F534CF30333831 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:12:41:642> 544553544F534CF30333830 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:13:11:003> 544553544F534CF30313536 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:15:10:318> 544553544F534CF30333739 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:15:17:749> 544553544F534CF30333735 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:15:35:833> 544553544F534CF30333737 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:15:46:919> 544553544F534CF30353230 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:15:57:909> 544553544F534CF30313535 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:16:15:493> 544553544F534CF30333738 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:17:29:417> 544553544F534CF30353139 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:17:33:134> 544553544F534CF30313534 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:17:50:714> 544553544F534CF30333732 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:17:57:981> 544553544F534CF30333731 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:18:08:912> 544553544F534CF30333730 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:18:41:923> 544553544F534CF30353138 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:19:10:347> 544553544F534CF30333639 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:20:06:321> 544553544F534CF30353137 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:20:23:557> 544553544F534CF30313533 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:20:28:883> 544553544F534CF30313532 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:20:38:534> 544553544F534CF30333637 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:21:44:305> 544553544F534CF30313531 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:22:21:749> 544553544F534CF30353136 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:22:39:066> 544553544F534CF30353135 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:22:44:243> 544553544F534CF30333636 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:22:54:870> 544553544F534CF30313530 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:23:06:305> 544553544F534CF30333635 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:24:32:700> 544553544F534CF30353134 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:24:47:058> 544553544F534CF30313439 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:25:12:019> 544553544F534CF30313438 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:26:04:134> 544553544F534CF30353133 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:26:14:801> 544553544F534CF30333634 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:26:54:450> 544553544F534CF30313437 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:27:29:900> 544553544F534CF30313436 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:28:09:475> 544553544F534CF30313435 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:28:17:358> 544553544F534CF30353132 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:28:21:279> 544553544F534CF30333632 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:28:31:982> 544553544F534CF30313434 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:28:36:075> 544553544F534CF30333631 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:29:37:229> 544553544F534CF30333630 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:29:55:415> 544553544F534CF30353131 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:30:06:577> 544553544F534CF30313433 [EPC class1 Gen2]

autolog-friday-test1.txt
07.07.2006 09:30:20:851> 544553544F534CF30353130 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:30:53:260> 544553544F534CF30313432 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:30:57:140> 544553544F534CF30333538 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:31:18:593> 544553544F534CF30333536 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:32:24:067> 544553544F534CF30353039 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:32:53:214> 544553544F534CF30353038 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:33:04:194> 544553544F534CF30333535 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:33:29:942> 544553544F534CF30333534 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:33:51:286> 544553544F534CF30313431 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:34:05:973> 544553544F534CF30313430 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:34:23:534> 544553544F534CF30333037 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:34:28:588> 544553544F534CF30333533 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:34:57:266> 544553544F534CF30353036 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:35:30:497> 544553544F534CF30313339 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:35:59:223> 544553544F534CF30313338 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:36:16:928> 544553544F534CF30313338 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:37:37:731> 544553544F534CF30353034 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:39:10:888> 544553544F534CF30353033 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:40:19:866> 544553544F534CF30353032 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:40:30:733> 544553544F534CF30353031 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:40:42:055> 544553544F534CF30353030 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:43:11:008> 544553544F534CF30343939 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:44:53:573> 544553544F534CF30343938 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:45:58:025> 544553544F534CF30343937 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:46:16:975> 544553544F534CF30343936 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:47:18:380> 544553544F534CF30343935 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:48:26:971> 544553544F534CF30343934 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:49:00:517> 544553544F534CF30343933 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:49:43:827> 544553544F534CF30343932 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:53:12:601> 544553544F534CF30343931 [EPC class1 Gen2]
07.07.2006 09:54:13:855> 544553544F534CF30343930 [EPC class1 Gen2]

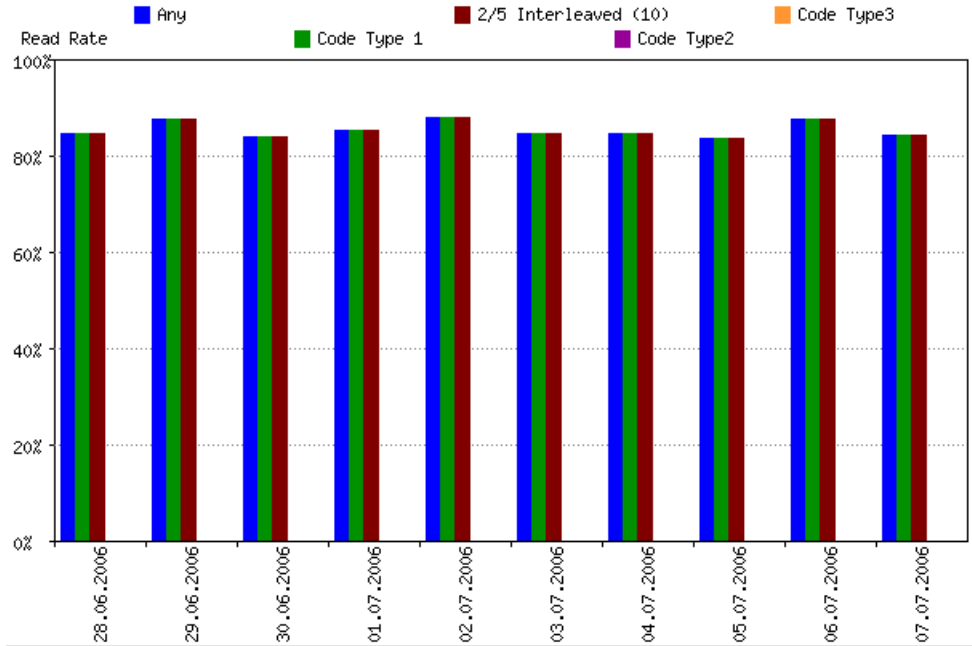
Vedlegg 39

Leserate til strekkodelesestasjon ved vestre
innsjekkingsøy på Gardermoen



Longterm Read Rate Detail

Scanner L3



Date		28.06.	29.06.	30.06.	01.07.	02.07.	03.07.	04.07.	05.07.	06.07.	07.07.
Total Objects		3021	3564	4678	3117	4933	3533	3145	2392	4038	3184
Any	Read Rate	84.87%	87.91%	84.05%	85.56%	88.00%	84.86%	84.74%	83.95%	87.87%	84.61%
Comb.	Read Rate	84.87%	87.91%	84.05%	85.56%	88.00%	84.86%	84.74%	83.95%	87.87%	84.61%
2/5 Interleaved (10)	Multiple Codes	1.29%	0.87%	1.11%	0.83%	0.97%	1.10%	1.11%	0.63%	0.92%	1.54%
	Read Rate	84.87%	87.91%	84.05%	85.56%	88.00%	84.86%	84.74%	83.95%	87.87%	84.61%
Code Type 2	Multiple Codes	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Read Rate	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Code Type 3	Multiple Codes	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Read Rate	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

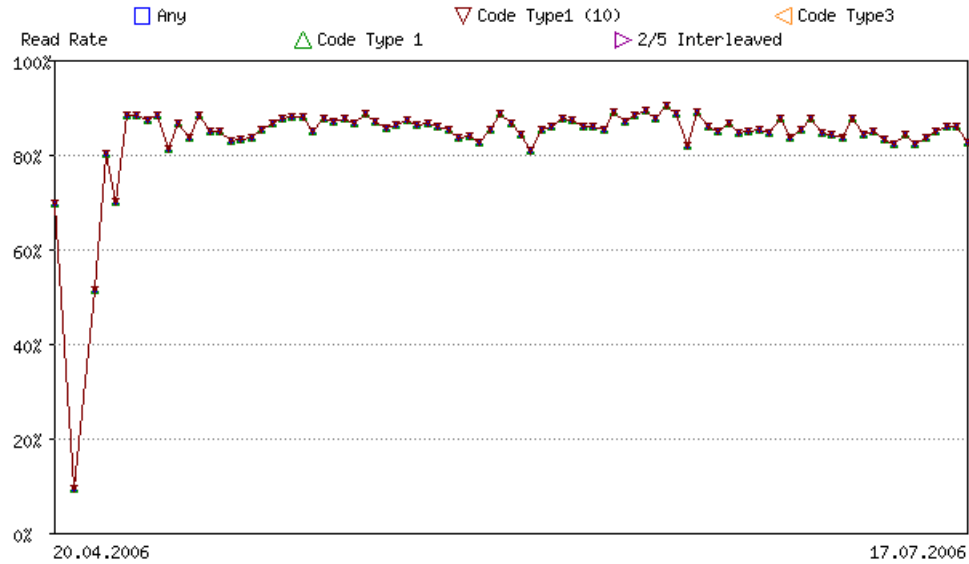
Calculation for the Code Combination: Code Type 1 (Logical operation parameterizable in the programme 'RDTRcord')
 Definition 'All': Codetype 1 OR 2 OR 3

- System List
- Longterm Read Rate
 - Overview
 - Averages
 - Detail
- Daily Statistics
- Exclusive Read Rate
- Daily Course
- Histogram
- Barcode Position
- Digital Outputs
- Download-Page
- System Status
- System Info



Longterm Read Rate Overview

Scanner L3



Number of days for evaluation	89				
Total Objects	217123				
Code Type	Any	Comb.	2/5 Interleaved (10)	Code Type2	Code Type3
Multiple Codes			1.02%	0.00%	0.00%
Read Rate	85.95%	85.95%	85.95%	0.00%	0.00%
Expected Read Rate	90%	90%	90%	0%	0%

Calculation for the Code Combination: Code Type 1 (Logical operation parameterizable in the programme 'RDTRRecord')

Definition 'All': Codetype 1 OR 2 OR 3

- System List
- Longterm Read Rate
 - Overview
 - Averages
 - Detail
- Daily Statistics
- Exclusive Read Rate
- Daily Course
- Histogram
- Barcode Position
- Digital Outputs
- Download-Page
- System Status
- System Info