

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Dipartimento di Ingegneria dei Materiali e della Produzione

Dottorato di Ricerca in Tecnologie e Sistemi di Produzione

Indirizzo Gestione del Rischio e della Sicurezza

**DEFINIZIONE DI UN MODELLO PER IL PROCESSO DI
TRATTAMENTO DEI RAEE: IMPLEMENTAZIONE DELLA
TECNOLOGIA RFID**

Coordinatore

Ch. mo Prof. Ing. Giuseppe Giorleo

Tutor

Ch.mo Prof. Ing. Vincenzo Zoppoli

Dottoranda

Ing. Rosanna Esposito

XXIII Ciclo di Dottorato

INDICE

CAPITOLO 1. IL QUADRO NORMATIVO ITALIANO RELATIVO ALLA GESTIONE DEI RAEE..... 4

- 1.1 La normativa RAEE italiana..... 4**
- 1.2 La classificazione dei RAEE prevista dalla normativa..... 5**
- 1.3 Oneri e obblighi per i soggetti interessati alla normativa.....7**
- 1.4 Obiettivi ipotizzati nel processo di raccolta..... 11**
- 1.5 Organismi di controllo..... 12**
- 1.6 I raggruppamenti di RAEE nei centri di raccolta 14**
- 1.7 Gli attori del processo di gestione dei RAEE in Italia16**

CAPITOLO 2. LA REVERSE LOGISTICS NEL SETTORE DEI RAEE..... 24

- 2.1 La reverse logistics nel settore dei RAEE..... 24**
- 2.2 Il processo di trattamento dei RAEE..... 33**

CAPITOLO 3. DEFINIZIONE DI UN MODELLO PER IL PROCESSO DI RECUPERO PER IL TRATTAMENTO DEI RAEE..... 35

- 3.1 Definizione di un modello per il processo di recupero per il
trattamento dei
RAEE..... 35**
- 3.2 La System Dynamics 36**
- 3.3 Causal loop diagrams 40**
- 3.4 I campi di applicazione: esempi 53**

CAPITOLO 4. DEFINIZIONE DI UN MODELLO DI CLD PER IL PROCESSO DI RECUPERO PER IL TRATTAMENTO DEI RAEE..... 63

4.1 La situazione attuale del processo di recupero RAEE.....	63
4.2 Interventi nel breve-medio periodo	65
4.3 Interventi nel medio-lungo periodo	69
4.3.1 Ipotesi di base	71
4.3.2 Differenze tra ricavi e costi	72
4.3.3 Indici di snodo	72
4.3.4 Effetti sui costi	73
4.4 Analisi numerica	75
4.4.1 Costi e ricavi di riparazione	75
4.4.2 Costi e ricavi di rifabbricazione	76
4.4.3 Costi e ricavi di riciclaggio	76
4.5 L'applicazione teorica della tecnologia RFID	81
4.5.1 Le ipotesi iniziali	82

CAPITOLO 5. LA TECNOLOGIA RFID: POTENZIALITA'..83 D'IMPIEGO E POSSIBILI SVILUPPI NELLA SUPPLY CHAIN

5.1 Tracciabilità e rintracciabilità	83
5.2 La tracciabilità di filiera	90
5.3 Opportunità e vincoli per le imprese: l'impatto competitivo della tracciabilità di filiera	92
5.4 Tecnologia RFID e rintracciabilità	95
5.5 Cos'è la RFID?.....	100
5.6 L' evoluzione storica	101
5.7 La tecnologia RFID	105
5.8 I tag RFID	108

5.9 Classificazione	111
5.10 Le caratteristiche della memoria	118
5.11 Frequenze d'impiego	120
5.12 Funzionalità anticollisione	124
5.13 La velocità di trasferimento dati	124
5.14 Temperature di funzionamento	125
5.15 Le possibili classificazioni	127
5.16 I criteri di selezione di un sistema RFID	132
5.17 Fattori critici di lettura dei tag	136
5.18 Il sistema informativo	137
5.18.1 Middleware	138
5.19 Le sfide della RFID	141
5.20 RFID vs barcode	142
5.21 Ambiti applicativi	144
5.21.1 Tracciabilità di filiera	147
5.21.2 Supporto alla catena di fornitura	148
5.21.3 Logistica e trasporto merci	148
5.21.4 Identificazione di oggetti e persone	150
5.21.5 Gestione dei punti vendita e supporto alla custode relationship management	151
5.21.6 RFID per migliorare le funzionalità di prodotto	151
5.21.7 Applicazioni sul prodotto /oggetto	152
5.21.8 RFID come mezzo di pagamento	160
5.22 RFID nella Supply Chain	161
5.23 Impatto su diverse categorie di prodotto	172
5.24 Gestione operativa e mandanti della RFID nella Supply Chain	174
5.25 Modelli di slap- and- ship- integrati	177

5.26 Difficoltà tecniche per l'adozione della RFID nella SC..	180
5.27 Lo stato dell'arte: i case studies	184

**CAPITOLO 6. IMPLEMENTAZIONE DELLA TECNOLOGIA
RFID AL PROCESSO DI RECUPERO PER IL TRATTAMENTO
DEI RAEE..... 213**

6.1 Implementazione della tecnologia RFID al processo di recupero per il trattamento dei RAEE	213
6.2 La gestione delle informazioni	214
6.3 Implementazione dello scenario coi tag	218
6.4 Analisi dei risultati	221

CAPITOLO 7. PROGETTO Re.Lo.A.D. 224

7.1 Progetto Re.Lo.A.D.	224
7.2 Sistema attuale	229
7.3 Progettazione del sistema RFID	232

CONCLUSIONI

BIBLIOGRAFIA

INTRODUZIONE

La valutazione dei drivers di sostenibilità ambientali, legislativi ed economici, conducono l'azienda che decida di affrontare in toto il processo di trattamento RAEE, all'adozione di un sistema di Reverse Logistics Management-RLM- integrato dal supporto tecnologico offerto dalla tecnologia RFID: si realizza, così, un sistema di gestione capillare di dati e prodotti, tale da garantire efficacia, efficienza, robustezza e soprattutto evoluzione dinamica degli stessi flussi di materiali ed informazioni.

Se da un lato, infatti, esiste la ormai pressante necessità di conformarsi al quadro normativo europeo ed italiano (driver legislativo), sostenuto da importanti targets di sostenibilità ambientale

(driver ecologico), esistono, dall'altro, per l'azienda che decidesse di implementare un sistema di gestione del trattamento RAEE, anche importanti valutazioni a fungere da driver economico.

In primis, risulta sostanziale, l'adozione di un sistema di Logistica integrata quale proprio il RLM.

La gestione integrata, garantisce il reintegro di prodotti dismessi secondo il canale più idoneo scelto in seguito a valutazioni economiche e inerenti lo stato di dismissione dei prodotti stessi, in una struttura sistemica che ha come sue fondamenta il binomio: tracciabilità-rintracciabilità (flussi di prodotti e d informazioni degli stessi), ovvero, ciò che s'intende per tracciabilità di filiera.

La tracciabilità di filiera risulta sinonimo di rintracciabilità delle responsabilità (e delle non conformità), che non può non tradursi in competitività: l'azienda che si fa garante dell'adozione di un sistema di tracciabilità di filiera, autoalimenta la fidelizzazione al proprio brand.

Altro fattore sostanziale, risulta essere l'oggetto a cui dedicare il recupero: il prodotto dismesso assurge al ruolo di risorsa. Infatti, l'intervento che risulterebbe magari valutato quale troppo oneroso dal consumatore (quale ad esempio, una riparazione rispetto all'acquisto ex-novo, magari incentivato da un'innovazione tecnologica accattivante: mascherina touch, maggiore capienza, ecc.), risulta valutato come vantaggioso dall'azienda rispetto alla produzione ex-novo, proprio in considerazione al recupero del valore aggiunto relativo al prodotto recuperato e reintegrato (risparmio di materie prime ed energia). Infatti, in considerazione ai dati allarmanti che vedono il tasso di crescita annuo dei RAEE pari a 3%-5% superiore a quello dei rifiuti normali e a quelli relativi al recupero RAEE ed in particolare, al relativo al riciclaggio di ferro, alluminio, rame plastica effettuato negli ultimi due anni, risultano significativi, sia i decrementi di immissione di CO2 e di altre sostanze nocive, sia altrettanto significativo il risparmio energetico (in KWh) ottenuto nell'utilizzo delle quantità riciclate rispetto all'impiego delle stesse quantità di materie prime "vergini".

La struttura estremamente capillare del RLM (dal top-down-end- to end: produttore-consumatore, inclusi parco fornitori, distributori e flotta logistica e relative attività satelliti connesse, al bottom-up: dal consumatore al rientro in azienda per il riprocessamento includendo tutte le attività satelliti coinvolte e flotta logistica),necessitando di raccolta, verifica, aggregazione, instradamento (verso i diversi ERP aziendali, ad es. SAP) di una mole considerevole di dati relativi ai flussi di prodotti, flotta logistica, ecc, invoca l'integrazione di un supporto quale la tecnologia RFID a garanzia del superamento dei limiti attuali presentati dell' impiego del bar-code (esigenza di una line of sight,capacità limitata di informazioni, staticità delle informazioni, ecc),

mediante l'implementazione di una piattaforma efficace, efficiente, robusta e che soprattutto consenta l'evoluzione dinamica dei dati e del sistema stesso.

Risulterà infatti possibile correlare, coordinare, sincronizzare in modo istantaneo, gratuito, affidabile, automatico, le diverse attività lungo la filiera (flusso di dati, merci, flotta logistica, ecc), realizzando in tal modo la gestione integrata della logistica di magazzino, del coordinamento col produttore, del parco fornitori, distributori, della tempistica di produzione, della flotta logistica (magari con sistemi GPS), ecc.

Contestualmente verrà trattato un esempio di implementazione di un impianto pilota relativo al progetto Re.Lo.A.D. sviluppato dalla WHIRPOOL Napoli in collaborazione con l'Università' Degli Studi di Napoli "FEDERICO II".

CAPITOLO 1

IL QUADRO NORMATIVO ITALIANO RELATIVO ALLA GESTIONE DEI RAEE

1.1 La Normativa RAEE italiana

La gestione dei rifiuti costituisce un problema ambientale di grande portata che impone l'elaborazione di una politica globale e coerente in materia di prevenzione, produzione e riciclo. Tale necessità si integra con la politica ambientale della Comunità Europea che si pone come obiettivi, la salvaguardia, la tutela ed il miglioramento della qualità dell'ambiente, la protezione della salute umana e l'uso accorto e razionale delle risorse naturali.

Le Direttive Europee in materia di Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE / WEEE -Waste Electrical and Electronic Equipment), 2002/96/CE e 2003/108/CE e di riduzione delle sostanze pericolose contenute al loro interno (ROHS - Restriction of Hazardous Substances) 2002/95/CE, sono state congiuntamente recepite in Italia dal Decreto Legislativo 151 del 25 Luglio 2005.

Questo definisce il nuovo assetto normativo ed operativo in materia di gestione dei rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche, che segue e si conforma al sistema di gestione dei rifiuti definito dal D.Lgs. 22/97, meglio noto come "Decreto Ronchi".

Il Decreto 151/05 (inclusi, successive modifiche ed aggiornamenti dello stesso D. Lgs. 151/05) si applica agli strumenti ed alle apparecchiature che funzionano sfruttando correnti elettriche o campi elettromagnetici. Tali strumenti e prodotti vengono definiti rifiuti nel

momento in cui il detentore decide di disfarsene (Art. 3 comma 1 lettera b- D.Lgs. 151/05).

Il Decreto Legislativo è integrato da alcuni allegati, in cui vengono definite le macrocategorie (Tabella 1) di prodotti oggetto della Normativa (1A) e sono esemplificati, per ogni categoria, i tipi di prodotti/applicazioni che rientrano nel campo di attuazione della Legge (1B).

1.2 La classificazione dei RAEE prevista dalla Normativa

La Normativa divide i RAEE in due grandi categorie, a seconda che i prodotti d'origine siano utilizzati in ambito domestico o professionale. Entrambe le categorie vengono distinte tra RAEE “storici” o “nuovi”. Tale differenziazione, nella volontà del legislatore, avrebbe dovuto inizialmente avere origine dal 13 Agosto 2006, ma tale data spartiacque è stata successivamente prorogata al 31 dicembre 2007, fino ad arrivare al 1° gennaio 2008.

Nel caso dei RAEE domestici, la Normativa fa riferimento ai “RAEE originati dai nuclei domestici e i RAEE di origine commerciale, industriale, istituzionale e di altri tipi analoghi, per natura e per quantità, a quelli originati dai nuclei domestici” (D.Lgs. 151/05) . Si intendono quindi le apparecchiature utilizzate nelle case o ad esse assimilabili per uso, anche se provenienti da altri ambiti. Viceversa, per RAEE professionali si fa riferimento esclusivamente ai “RAEE prodotti dalle attività amministrative ed economiche, diversi da quelli di cui alla lettera o)” (D.Lgs. 151/05, Art. 3 lettera p).

A tal proposito, ad esempio, un notebook sarà considerato rifiuto domestico anche se è stato venduto ad un utente finale professionale

con partita IVA, mentre un grande elettrodomestico a 380 volt sarà sempre trattato quale RAEE professionale

Tabella 1 : *Categorie allegato 1 A D.Lgs. 151/05*

Categorie (allegato 1A)	Prodotti da prendere in considerazione (allegato 1B)	Classificazione generale
1. Grandi elettrodomestici - rappresentano la categoria di RAEE più rilevante in termini di peso e di volume dell'intero panorama dei rifiuti elettrici ed elettronici;	p.e.: frigoriferi, congelatori, ... p.e.: lavatrici, lavastoviglie, cucine, apparecchi di riscaldamento, ...	Grandi elettrodomestici bianchi - con CFC - senza CFC
2. Piccoli elettrodomestici - sebbene non costituiscano in termini di peso medio per apparecchio la categoria merceologica più importante, rappresentano beni di consumo a larghissima diffusione;	p.e.: aspirapolvere, tostapane, ferri da stiro, ...	Piccoli elettrodomestici bianchi
3. Apparecchiature informatiche e per telecomunicazioni	p.e.: computer, stampanti, fax, telefoni, fotocopiatrici, ecc.	Elettrodomestici grigi
4. Apparecchiature di consumo	p.e.: televisori p.e.: radiorecettori, videoregistratori	Elettrodomestici bruni - con tubi a raggi catodici - senza tubi a raggi catodici
5. Apparecchiature di illuminazione	p.e.: lampade fluorescenti, lampade a scarica, ...	Altro
6. Strumenti elettrici ed elettronici (ad eccezione degli utensili industriali fissi di grandi dimensioni)	p.e.: trapani, seghe, macchine per cucire, ...	
7. Giocattoli, apparecchiature per lo sport e il tempo libero	p.e.: videogiochi, slot machines, ...	
8. Sistemi medici (ad eccezione di tutti i prodotti impiantati ed infettati)	p.e.: ventilatori polmonari, apparecchiature di radioterapia e cardiologia, ...	
9. Strumenti di monitoraggio e di controllo	p.e.: rivelatori di fumo, termostati, ...	
10. Distributori automatici	p.e.: distributori automatici di denaro, di bevande calde	

Tabella 2 : *RAEE domestici/professionali* -storici/nuovi

	RAEE STORICI	RAEE NUOVI
	Rifiuti derivanti da apparecchiature immesse sul mercato prima del 1 gennaio 2008	Rifiuti derivanti da apparecchiature immesse sul mercato dopo l'1 gennaio 2008
RAEE DOMESTICI Rifiuti provenienti da nuclei domestici o analoghi per natura e quantità	<ul style="list-style-type: none"> • Responsabilità collettiva: obbligo di adesione ad un sistema collettivo • Quota di responsabilità: quota di mercato Nessuna garanzia da versare	<ul style="list-style-type: none"> • Responsabilità individuale: ogni produttore tratta i propri rifiuti • Necessità di versare garanzie Inapplicabile senza un sistema affidabile ed economico di identificazione dei produttori
RAEE PROFESSIONALI Rifiuti prodotti dalle attività amministrative o economiche differenti dai RAEE DOMESTICI	<ul style="list-style-type: none"> • Gestione individuale o collettiva Il produttore è obbligato al ritiro dei RAEE solo quando vende una AEE equivalente in sostituzione	<ul style="list-style-type: none"> • Gestione individuale o collettiva Il produttore è obbligato al ritiro dei RAEE anche se non vende una AEE equivalente in sostituzione

1.3 Oneri e obblighi per i soggetti interessati dalla Normativa

Il Decreto Legislativo 151/05 introduce obblighi per tre categorie di soggetti interessati: produttori, distributori e comuni.

- *per quanto riguarda i Produttori*

Il Decreto afferma una serie di adempimenti per le case produttrici di apparecchiature elettriche ed elettroniche, prevedendo una nuova distribuzione delle responsabilità, simile a quella adottata nel campo automobilistico.

La responsabilità, relativamente ai prodotti immessi sul mercato, è dei “Produttori”.

Con la definizione di “Produttori” la Legge si riferisce a chiunque, a prescindere dalla tecnica di vendita utilizzata, compresi i mezzi di comunicazione a distanza, immetta prodotti sul mercato.

In particolare, per quanto riguarda i produttori, sono individuati:

- produttori in senso classico: chiunque, a prescindere dalla tecnica di vendita utilizzata, fabbrica e vende con il proprio marchio apparecchiature elettriche ed elettroniche;
- private labels: chi rivende con il proprio marchio AEE prodotti da altri fornitori;
- importatori: chi importa o immette per primo, nel territorio nazionale, AEE nell’ambito di un’attività professionale e ne opera la commercializzazione, anche mediante vendita a distanza.

Quindi fabbricanti e distributori che rientrano nelle definizioni qui sopra elencate sono considerati dalla legge dei produttori.

Questi soggetti sono tenuti, secondo la Legge, ad:

- adottare modalità di progettazione e fabbricazione delle apparecchiature elettriche ed elettroniche che ne agevolino lo smontaggio, il recupero, il reimpiego ed il riciclaggio, nonché ad evitare l’utilizzo di particolari sostanze che possono risultare nocive;
- organizzare e gestire, su base individuale o collettiva, il ritiro dei RAEE dai Centri di Raccolta e il loro successivo trattamento; per i RAEE domestici storici la forma collettiva è obbligatoria;
- iscriversi al Registro Nazionale dei Produttori e dichiarare annualmente le quantità immesse sul mercato;

- inserire nei prodotti nuovi un'adeguata informativa circa i rischi ambientali

Alle AEE, inoltre, già nelle fasi di vendita, potrà essere applicato un sovrapprezzo o Eco-contributo RAEE calcolato dai Produttori per gestire il fine vita dei prodotti elettrici ed elettronici.

Tale Eco-contributo RAEE potrà essere visibile o meno al consumatore.

Tabella 3 : Oneri e obblighi *dei soggetti interessati dalla Normativa (D.Lgs. 151/05)*

Categoria	Obblighi e riferimenti normativi
Produttori	Ritiro e invio dei RAEE ai centri di trattamento competenti (Art.7, comma 1)
	Pianificazione sistemi di trattamento dei RAEE (Art.8, comma 1)
	Implementazione di sistemi di recupero dei Raee oggetto della raccolta separata su tutto il territorio nazionale (Art. 9, comma 1)
	Finanziamento e gestione del sistema di raccolta e riciclo dei RAEE, storici e non storici, professionali e domestici (Art. 10, 11 e 12)
	Obbligo di informazione al consumatore e ai centri di riciclaggio e smaltimento sul corretto smaltimento dei RAEE. Comunicazione periodica al Registro dei Produttori ed iscrizione presso la CCIA (Art. 13)
	Pianificazione e gestione di sistemi di raccolta separata dei RAEE professionali (Art. 6, comma 3)
Distributori	Ritiro gratuito dell'apparecchiatura usata all'atto della vendita di un'apparecchiatura nuova (uno contro uno) e conferimento presso l'isola ecologica comunale (Art. 6, comma 1)
Comuni	Predisposizione centri di raccolta per RAEE, assicurandone funzionalità, accessibilità e adeguatezza (Art. 6, comma 1)

- *per quanto riguarda i Comuni*

La Legge sul riciclo dei Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche stabilisce che “i comuni assicurino la funzionalità, l'accessibilità e l'adeguatezza dei sistemi di raccolta differenziata dei RAEE provenienti dai nuclei domestici istituiti ai sensi delle

disposizioni vigenti in materia di raccolta separata dei rifiuti urbani, in modo da permettere ai detentori finali ed ai distributori di conferire gratuitamente al centro di raccolta i rifiuti prodotti nel loro territorio” (Dlgs. 151/05, art. 6, comma 1, lettera a).

Le amministrazioni locali hanno di conseguenza un ruolo cruciale nel corretto funzionamento del Sistema RAEE: le isole ecologiche comunali rappresentano infatti il punto di partenza dell’intero servizio di ritiro e riciclo dei RAEE. Da questi, i Sistemi collettivi, organizzati dai Produttori, provvedono al ritiro, al trasporto presso gli impianti di trattamento autorizzati e al trattamento.

Il Decreto Legislativo 151/2005 prevede infatti il passaggio di competenze sulla gestione dei RAEE dai Comuni, o soggetti delegati, ai Produttori di AEE, che se ne fanno carico attraverso i Sistemi Collettivi. Di conseguenza, i costi sostenuti in precedenza dai Comuni per il trasporto e lo smaltimento dei RAEE sono ora a carico dei Produttori di AEE, organizzati in Sistemi Collettivi.

I Comuni mantengono invece la responsabilità di organizzare efficacemente la raccolta dei RAEE presso le isole ecologiche. Per i Comuni, o soggetti delegati alla raccolta, il servizio di ritiro e trattamento è gratuito.

● *per quanto riguarda il Distributore*

Il Decreto Legislativo 151/2005 individua, oltre ai Produttori e ai Comuni, anche un terzo soggetto cui competono oneri specifici all’interno del sistema di raccolta dei RAEE, il Distributore, cui competerà il ritiro gratuito del prodotto usato all’atto dell’acquisto di uno nuovo ed il conferimento presso l’isola ecologica comunale. La Legge sul riciclo dei Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche stabilisce infatti che “i distributori assicurino, al momento

della fornitura di una nuova apparecchiatura elettrica ed elettronica destinata ad un nucleo domestico, il ritiro gratuito, in ragione di uno contro uno, della apparecchiatura usata” (Dlgs. 151/05, art. 6, comma 1, lettera b). Il distributore ha inoltre l’obbligo di evidenziare in fattura il valore dell’Eco-contributo RAEE, qualora il Produttore lo abbia reso visibile (visible fee).

Tutte le apparecchiature saranno contrassegnate con il simbolo di un contenitore di spazzatura mobile barrato (figura 1) per informare il consumatore che non dovrà sbarazzarsene gettandolo nei contenitori ordinari dei rifiuti.



Figura 1: *Simbolo della raccolta differenziata RAEE*

1.4 Obiettivi ipotizzati nel processo di raccolta

In materia di obiettivi di raccolta dei RAEE, il Decreto di recepimento delle Direttive Europee ha fissato il quantitativo minimo in peso a 4 kg/abitante annuo da raggiungere entro il 31 dicembre 2008. Tale dato è da intendersi relativo a tutto il comparto RAEE.

Il Decreto Legislativo 151/05 specifica inoltre, in maniera più dettagliata, per ciascuna categoria di RAEE, la percentuale di recupero e la percentuale di reimpiego e riciclaggio dei componenti, in rapporto al peso medio delle singole apparecchiature, che devono essere raggiunte attraverso le attività di trattamento dei RAEE (figura 2).



Figura 2 : *Percentuali di recupero*

Nel caso dei grandi elettrodomestici si fa riferimento ad una “percentuale di recupero pari almeno all’80% in peso medio per apparecchio e una percentuale di reimpiego e di riciclaggio di componenti, di materiali e di sostanze pari almeno al 75% in peso medio per apparecchio” (D.Lgs. 151/05, Art.9).

Per i piccoli elettrodomestici invece, le percentuali in peso medio per apparecchio si riducono rispettivamente al 70% per il recupero e al 50% per il reimpiego e il riciclaggio di componenti, materiali e sostanze (D.Lgs. 151/05, Art.9).

1.5 Organismi di Controllo

A vigilare sulla trasparenza, correttezza, efficienza ed efficacia dell’intero sistema previsto per la gestione dei RAEE, la Legge prefigura una serie di Organismi di indirizzo e controllo quali:

- Registro nazionale dei soggetti tenuti al finanziamento dei sistemi di gestione dei RAEE al quale ogni produttore, che voglia immettere sul mercato AEE deve iscriversi, dichiarando il Sistema Collettivo al quale ha aderito per la gestione dei RAEE domestici storici. All’interno di tale Registro, istituito presso il Ministero dell’Ambiente, è prevista anche una sezione relativa ai

Sistemi Collettivi o Consorzi dei Produttori. L'iscrizione al Registro Nazionale deve avvenire entro 90 giorni dall'operatività della Legge. La registrazione è prevista per via telematica sul portale di Unioncamere attraverso lo strumento della firma digitale. L'iscrizione al Registro comporta la fornitura da parte dei singoli Produttori di una serie di dati relativi l'anagrafica aziendale, le attività di competenza, le tipologie e quantitativi di AEE immessi sul mercato.

- Comitato di Vigilanza e Controllo dei processi di gestione RAEE; istituito presso il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, sarà composto da rappresentanti delle diverse Istituzioni coinvolte. Tra i suoi principali compiti, vi sono:
 - predisporre ed aggiornare il Registro nazionale;
 - raccogliere, esclusivamente in formato elettronico, i dati relativi ai prodotti immessi sul mercato;
 - calcolare, sulla base dei dati raccolti, le effettive quote di mercato dei Produttori;
 - elaborare i dati relativi agli obiettivi di recupero.

In generale spetta di verificare il rispetto delle regole introdotte dal Decreto Legislativo 151/05 e anche di verificare l'operatività, la funzionalità e l'economicità del sistema di gestione dei RAEE;

- Comitato di Indirizzo di supporto al Comitato di Vigilanza e Controllo, con il compito di elaborare valutazioni in merito alla gestione dei RAEE ed indicare eventuali proposte di modifica al sistema; sempre istituito presso il Ministero dell'Ambiente;
- Centro di Coordinamento, direttamente finanziato e gestito dai Produttori, al quale spetta l'incarico di ottimizzare le attività di

ritiro, trattamento e recupero dei RAEE da parte dei Sistemi Collettivi.

I compiti del Centro di Coordinamento sono:

- coordinare l'attività operativa, definendo la suddivisione del territorio tra i diversi Sistemi Collettivi e assicurando la semplicità di erogazione del servizio omogeneo sull'intero territorio nazionale di ritiro ai centri di raccolta o "ecopiazzole", mediante un unico contact center;
- garantire omogenee condizioni operative a tutti i Sistemi Collettivi, monitorandone le attività e interfacciandosi con gli Organismi di Controllo competenti per l'ottimizzazione delle attività di ritiro, trattamento e recupero dei RAEE da parte dei sistemi collettivi.
- fornire informazioni aggiornate agli Organismi di controllo.
- Definire come devono essere suddivisi i RAEE nelle piazzole.

Per verificare il raggiungimento degli obiettivi previsti dalla Direttiva UE, i Sistemi Collettivi dovranno periodicamente trasmettere i dati relativi ai rifiuti elettrici ed elettronici trattati e ai materiali avviati al riciclo all'APAT, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e del Territorio, in quanto Organismo competente per il monitoraggio dei risultati raggiunti. Infine, tali dati saranno resi pubblici dal Ministero dell'Ambiente.

1.6 I raggruppamenti di RAEE nei centri di raccolta

Con l'entrata in vigore del Decreto Legislativo 151/05 è divenuto indispensabile definire i raggruppamenti tra le diverse tipologie di RAEE che devono essere raccolti separatamente presso i Centri di Raccolta. Tale necessità nasce dall'esigenza di costituire categorie di rifiuti elettrici ed elettronici omogenee, che consentano una più facile gestione dei RAEE e l'applicazione di processi simili di raccolta, trasporto, messa in sicurezza e trattamento (figura 3) .

I cinque raggruppamenti individuati dalla Normativa sono:

- Raggruppamento 1 – grandi apparecchi di refrigerazione, frigoriferi, congelatori, altri grandi elettrodomestici per la refrigerazione e il condizionamento;
- Raggruppamento 2 – altri grandi bianchi: lavatrici, asciugatrici, lavastoviglie, apparecchi per la cottura, stufe elettriche, forni a microonde, apparecchi elettrici per il riscaldamento e altri grandi apparecchi elettrici;
- Raggruppamento 3 – tv e monitor (con e senza tubo catodico);
- Raggruppamento 4 – altro: apparecchiature informatiche, apparecchiature di consumo, piccoli elettrodomestici, apparecchi di illuminazione, e tutto quanto non esplicitamente presente negli altri raggruppamenti;
- Raggruppamento 5 – sorgenti luminose (tubi fluorescenti, lampade a scarica e lampade a risparmio di energia).

Il motivo della necessità di un raggruppamento specifico per le sorgenti luminose risulta la presenza di quantitativi di mercurio al loro interno, costituendo a tutti gli effetti un rifiuto pericoloso.

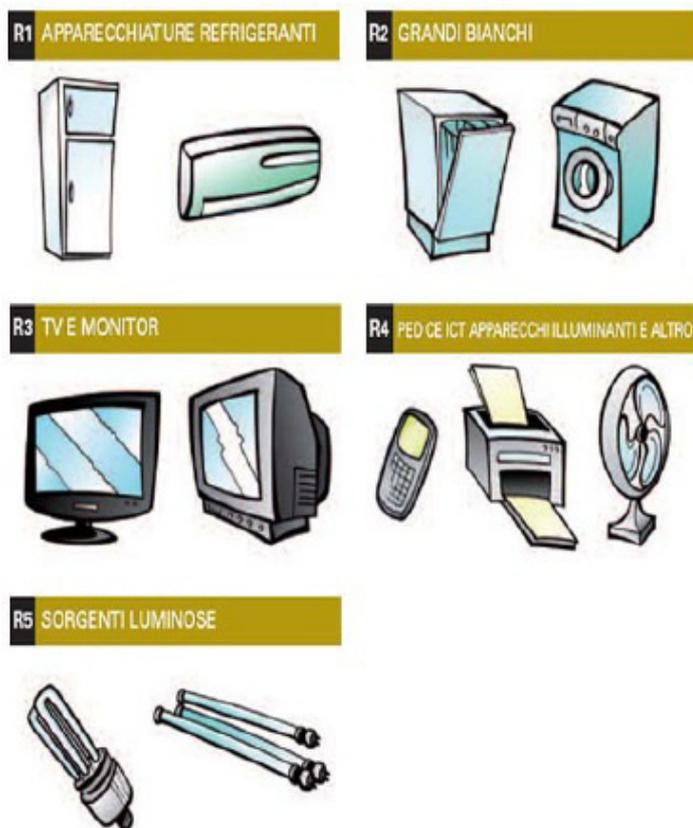


Figura 3 : *Categorie raggruppamenti RAEE*

1.7 Gli attori del processo di gestione dei RAEE in Italia

I Paesi Europei hanno introdotto leggi per prevenire la produzione di rifiuti elettronici e rafforzare, sotto il profilo ambientale, l'intervento dei soggetti (Produttori, Riciclatori, Distributori) che partecipano al ciclo di vita dei prodotti tecnologici. Attraverso l'avvio, nel gennaio 2008, del nuovo sistema nazionale di gestione dei RAEE affidato ai produttori di apparecchi elettronici, l'Italia ha recepito in modo pieno le norme dettate dall'Unione Europea. Secondo il nuovo sistema i Produttori, che fanno parte dei Sistemi Collettivi, finanziano e gestiscono le operazioni di trasporto dei RAEE dai Centri di Raccolta agli impianti specializzati, nonché le operazioni di trattamento,

assicurando il raggiungimento di adeguati livelli di recupero di materiali. I Comuni garantiscono invece la funzionalità dei Centri di Raccolta pubblici, presso i quali i cittadini si recano per consegnare i prodotti elettronici a fine vita, mentre i Distributori ritirano gratuitamente il vecchio apparecchio quando ne viene acquistato uno nuovo.

Come già specificato, per rispondere alle richieste della normativa, i produttori di apparecchiature rientranti nel campo di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche del “Decreto RAEE” hanno costituito dei Sistemi Collettivi, tipicamente in forma di consorzi volontari, in funzione del tipo di apparecchiatura o del mercato servito: dai frigoriferi alle lampade, dalle apparecchiature informatiche ai piccoli elettrodomestici. Tali sistemi collettivi possono disporre di impianti di trattamento di diretta proprietà, dove convogliare i RAEE di pertinenza dei propri associati, o operare come semplici “intermediari” avvalendosi di impianti di terzi. In realtà questo sistema sta portando al rischio di fallimento molte aziende, perché ha concentrato grandi fette di mercato in mano a pochi consorzi.

Tutti i Sistemi Collettivi costituiti ai sensi del Decreto Legislativo 151/05 devono aderire al Centro di Coordinamento, ad oggi ne fanno parte:

- Consorzio Re.Media: principale sistema collettivo multifiliera italiano, operante su tutte le categorie di prodotti previste dal Decreto RAEE (d.lgs 151/2005), sia domestici sia professionali, opera nei settori dell'elettronica di consumo, dell'informatica, delle telecomunicazioni, della climatizzazione, dei giocattoli, degli strumenti musicali e degli orologi. (www.consorzioremedia.it)

- Ecodom: Consorzio Italiano Recupero e Riciclaggio Elettrodomestici, costituito dai principali Produttori che operano nel mercato italiano dei grandi elettrodomestici: frigo, cottura, lavaggio, cappe e scalda-acqua. (www.ecodom.it)
- Ecolamp: Consorzio per il recupero e lo smaltimento di apparecchiature di illuminazione, raggruppamento 5. (www.ecolamp.it)
- Ecolight: Consorzio per la Raccolta, il Recupero e lo Smaltimento dei RAEE Domestici e Professionali, principalmente apparecchiature di illuminazione e delle sorgenti luminose. (www.ecolightitaly.it)
- Ecoped: Consorzio per il trattamento dei piccoli elettrodomestici. (www.ecoped.org)
- Ecor'It: Consorzio per la gestione di tutte le tipologie di RAEE, domestici e professionali. (www.ecorit.it)
- EcoSOL: Consorzio no profit trasversale su tutte le 10 categorie di RAEE, sia per i RAEE domestici che per i RAEE professionali. Le attività operative sono gestite dalla società Centro Servizi RAEE srl. (www.consorzioecosol.it)
- ERP: European Recycling Platform è un società attiva già in altri Paesi UE per la gestione di tutte le tipologie di RAEE.
- RAecycle S.C.p.A.: Società Consortile per Azioni senza scopo di lucro, raggruppante oltre 450 produttori, operante sull'intero territorio nazionale nei RAEE professionali e domestici. Principalmente si occupa della gestione delle apparecchiature elettriche ed elettroniche dismesse, ha impianti di proprietà, con capacità di trattamento di 35.000 Tonnellate annue. (www.raecycle.eu)

- Ridomus: Consorzio per il recupero e lo smaltimento di condizionatori, climatizzatori e deumidificatori ad uso domestico.
- Ecoelit: Consorzio Nazionale Volontario Accumulatori ed Elettroutensili.
- RAEE-PMI: Organizzazione consortile collettiva senza scopi di lucro per lo smaltimento ed il recupero delle apparecchiature elettroniche/elettriche domestiche e professionali (RAEE) riservato alle piccole e medie aziende.
- Valere: Consorzio nazionale recupero attrezzature professionali per l'ospitalità.

Tra tali sistemi collettivi si distinguono Ecodom consorzio competente di circa il 70% degli elettrodomestici bianchi, ossia quasi la metà di tutti i RAEE in peso (tra cui frigoriferi, congelatori etc), e il Consorzio Ecolamp [1 g], che ha una delle attività più delicate perché, occupandosi di apparecchiature luminose come tubi al neon e lampade a basso consumo d'energia, è chiamato a gestire rifiuti pericolosi (come le polveri fluorescenti e il mercurio presenti all'interno delle lampade a risparmio energetico) per l'ambiente e la salute collettiva e ReMedia.

ReMedia ha stipulato un accordo con Ecodom ed Ecolamp, al fine di ottimizzare la gestione logistica dei RAEE garantendo elevate performance qualitative e la tutela dell'ambiente.

Come si può notare i Sistemi Collettivi possono essere multifiliera, ed operare, quindi, in maniera trasversale su tutte le tipologie di RAEE, oppure specializzarsi sui singoli raggruppamenti (freddo e clima, elettronica di consumo, sorgenti luminose, etc.) e gestire soltanto alcune tipologie di prodotto.

A livello operativo saranno allestite delle piazzole ecologiche messe a disposizione dai comuni dove i cittadini e il circuito della distribuzione

potranno conferire i RAEE. Il Centro di Coordinamento istituito presso i Consorzi dei Produttori smisterà i “ritiri” dei RAEE (figura 4) dalle piazzole sulla base di un sistema matematico che terrà conto della tipologia di RAEE trattati da ogni consorzio e delle loro quote di mercato e assicurerà che i Sistemi Collettivi svolgano correttamente il servizio di ritiro dei RAEE in tutti i luoghi in cui è presente un Centro di Raccolta iscritto al servizio.

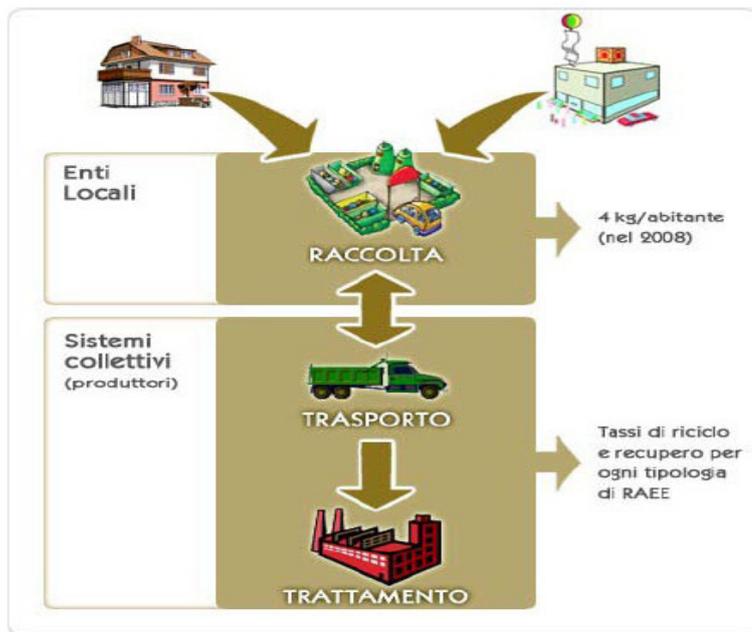


Figura 4 : *Il processo gestione RAEE*

Tabella 4 : *Centri di raccolta iscritti al Centro di Coordinamento (novembre 2008)*

	Comuni conferenti presso i pdr		Popolazione servita (stima)		Polazione effettiva		% popolazione servita da sistema RAEE
Totale Italia	4.492		41.453.930		59.131.287		70,1%
Valle da Aosta	7	0,2%	47.514	0,1%	124.812	0,2%	38,1%
Piemonte	913	20,3%	3.852.788	9,3%	4.352.828	7,4%	88,5%
Lombardia	1.158	25,8%	8.133.276	19,6%	9.545.441	16,1%	85,2%
Liguria	102	2,3%	1.373.150	3,3%	1.607.878	2,7%	85,4%
Veneto	432	9,6%	4.267.752	10,3%	4.773.554	8,1%	89,4%
Trentino Alto Adige	290	6,5%	865.107	10,3%	994.703	1,7%	87,0%
Friuli Venezia Giulia	172	3,8%	1.004.011	2,1%	1.212.602	2,1%	82,8%
Emilia Romagna	326	7,3%	4.189.894	2,4%	4.223.264	7,1%	99,2%
NORD ITALIA	3.400	75,7%	23.733.492	57,3%	26.835.082	45,4%	88,4%
Toscana	142	3,2%	2.485.140	10,1%	3.638.211	6,2%	68,3%
Umbria	60	1,3%	790.496	6,0%	872.967	1,5%	90,6%
Marche	130	2,9%	1.161.307	1,9%	1.536.098	2,6%	75,6%
Abruzzo	73	1,6%	548.421	2,8%	1.309.797	2,2%	41,9%
Lazio	129	2,9%	4.187.869	1,3%	5.493.308	9,3%	76,2%
CENTRO ITALIA	534	11,9%	9.173.233	22,1%	12.850.381	21,7%	71,4%
Campania	148	3,3%	3.050.765	10,1%	5.790.187	9,8%	52,7%
Molise	8	0,2%	68.208	7,4%	320.074	0,5%	21,3%
Basilicata	36	0,8%	301.047	0,2%	591.338	1,0%	50,9%
Puglia	120	2,7%	2.713.997	0,7%	4.069.869	6,9%	66,7%
Calabria	98	2,2%	733.698	6,5%	1.998.052	3,4%	36,7%
Sicilia	47	1,0%	864.215	1,8%	5.016.861	8,5%	17,2%
Sardegna	101	2,2%	815.275	2,1%	1.659.443	2,8%	49,1%
SUD ITALIA	558	12,4%	8.547.205	20,6%	19.445.824	32,9%	44,0%

I Consorzi dei Produttori sosterranno i costi della logistica, dalle piazzole in poi, e i costi del riciclo. Saranno i Consorzi ad attivare contratti con le imprese private di trasporto e con gli impianti di riciclo e a garantire l'effettivo riciclo. In questo senso i Produttori si sostituiscono ai Comuni nella gestione/smaltimento/riciclaggio dei rifiuti elettrici ed elettronici.

Il finanziamento del sistema verrà assicurato dal già menzionato **Eco-contributo RAEE**. Entro il 31 dicembre 2008 la raccolta differenziata dei RAEE doveva raggiungere i 4 kg pro capite all'anno (Obiettivo dettato dal D.lgs 151/05). L'obiettivo non è stato raggiunto (figura 5) e si presuppone da parte della Commissione Europea, un intervento correttivo di tali obiettivi, in virtù anche del ritardo avuto nella fase di

partenza del sistema in Italia. Complessivamente i RAEE prodotti in Italia nel 2008 sono stati 850.000 tonnellate, di cui raccolte 118.000 (14%), solo 2 Kg per abitante contro una media Europea di 6 kg. Questi 2 kg sono la media tra i 6 kg del Veneto, che è già ai livelli europei, e il 500 g della Puglia o i 3 etti della Calabria, numeri che rilevano una grave differenza tra Nord e Sud nella rete di servizio: le piazzole per la raccolta differenziata, che vanno organizzate dagli enti locali, sono quasi tutte del CentroNord.



Figura 5 : *Obiettivi di raccolta: il gap da colmare*

Di queste 118.000, nel primo anno di attività sono state ritirate e trattate dai sistemi collettivi circa 65.000 tonnellate di RAEE Domestici, in quasi 3000 Centri di Raccolta (CDR) comunali distribuiti a livello nazionale. Si tratta quindi del 55% dei RAEE (figura 6) raccolti in modo separato in Italia perché il restante 40%, nella prima parte dell'anno, è stato gestito direttamente dai Comuni.

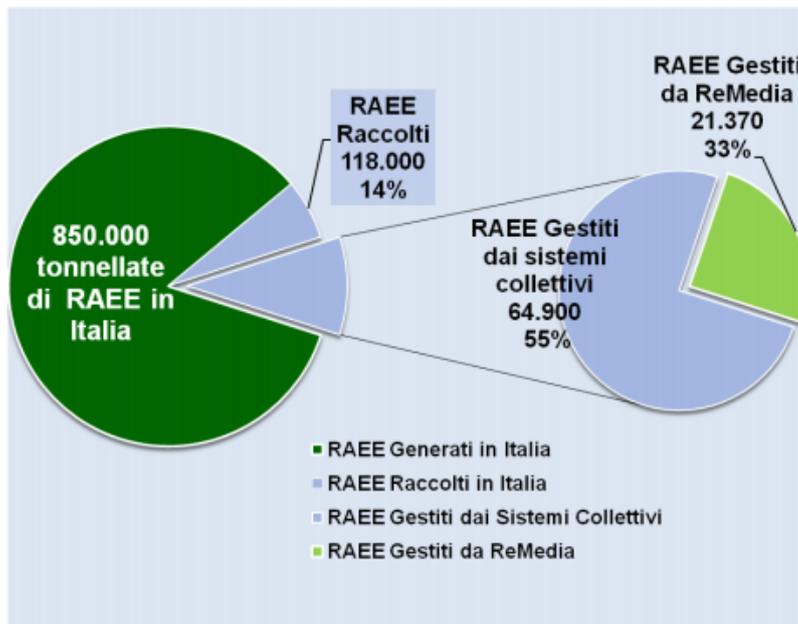


Figura 6 : *RAEE Domestici: riciclo in Italia e risultati ReMedia 2008*

Nella Regione Campania, dove sono presenti 145 isole ecologiche, la raccolta risulta oggi di circa 1 kg per abitante. ReMedia, è stata responsabile in Campania della gestione di 936 tonnellate di RAEE per oltre 400 missioni di ritiro dalle isole ecologiche ai centri di trattamento specializzati. A Napoli e Provincia, dove esistono 37 isole ecologiche, sono state raccolte da ReMedia 645 tonnellate di RAEE, effettuando 232 missioni di ritiro, è questo, un risultato per ReMedia molto importante, se si considera il problema strutturale dovuto alla presenza nel sud Italia di un numero ancora ridotto di piazzole ecologiche attrezzate.

CAPITOLO 2

LA REVERSE LOGISTICS NEL SETTORE DEI RAEE

2.1 La Reverse Logistics nel settore dei RAEE

La Reverse Logistics per il ritiro ed il recupero dei RAEE, costituisce un settore ancora giovane, i cui problemi sono stati finora affrontati in un'ottica di emergenza e non di sistema, soprattutto dal punto di vista logistico, ma ha una valenza in termini d'impatto ambientale ed economico molto marcata. Nel 2001 sono stati dismessi in Italia 6.500.000 grandi elettrodomestici; l'ammontare di RAEE raccolti e trattati nel 2013 sarebbe di circa 650.000 tonnellate e di oltre 800.000 nel 2018 (dati ANIE, Federazione Nazionale Imprese Elettrotecniche ed Elettroniche); in Italia ci sono oggi oltre 5.000 centri di raccolta non mappati e fuori controllo, i cui standard di raccolta non sono omogenei. La Reverse è qualcosa di più che razionalizzare l'esistente: è logistica che va progettata ed applicata già in fase di produzione (DFE-Design For Environment, nuovi materiali, nuovi tipi di imballaggio, ecc), per il recupero, lo smaltimento e il riuso delle apparecchiature ricondizionate e dei relativi singoli componenti. Ora, il costo del recupero, corrisponde a circa il 15% del valore industriale del prodotto: attraverso un recupero gestito da reti governate di Reverse Logistics si può ottenere un ritorno pari al 20%. La Reverse Logistics ci permette di tener conto dei diversi tipi di ritorni (prodotti non venduti, prodotti guasti che possono essere riparati, prodotti richiamati o difettosi o prodotti che sono giunti a fine vita) e delle differenti possibilità di gestirli.

James R. Stock, membro del Council of Logistics Management (USA) ed esperto di logistica inversa afferma che: “[...] dal punto di vista ingegneristico, con il termine *Reverse Logistics* si intende ciò che più propriamente viene chiamato *Reverse Logistics Management* (RLM), cioè un modello aziendale sistematico per l’applicazione in tutti i settori dell’impresa delle metodologie economico-ingegneristiche ottimali, che permettano di chiudere in maniera redditizia il ciclo della Supply Chain”.

È importante sottolineare ancora, che la logistica di ritorno, si occupa di quei flussi di prodotti che hanno ancora valore, il quale può essere recuperato dando origine ad un nuovo prodotto che entrerà o nello stesso canale o in uno diverso. La Reverse Logistics è diversa anche dalla Logistica detta “*Green*“ in quanto questa considera principalmente gli aspetti ecologici di tutte le attività logistiche e si focalizza maggiormente sulla Logistica Diretta. Il suo scopo è quello di capire e minimizzare l’impatto ecologico della logistica. Ovviamente alcune attività della *Green Logistics* sono anche attività della Reverse Logistics (il riciclaggio, la scelta di contenitori riutilizzabili, per citarne solo alcune), ma se non ci sono merci che tornano indietro, probabilmente non siamo in presenza di un’attività di logistica inversa. Quest’ultima include la rifabbricazione, il rinnovo, il riprocessamento di merce ritornata danneggiata, programmi di riciclaggio, recupero di prodotti obsoleti. La Reverse Logistics è, quindi, parte di quello sviluppo sostenibile auspicato dai governi e cioè di quello sviluppo che soddisfa le esigenze del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di fare altrettanto. Infatti, si può guardare la logistica di ritorno come uno strumento che permette di realizzare tale sviluppo a

livello aziendale, assicurando che la società usi e riusi (efficacemente ed efficientemente) tutto il valore incorporato nei prodotti. Gli sforzi, quindi, si concentrano sul re-integrare i prodotti nel processo produttivo per ulteriori usi. Le principali attività, che possono essere considerate “inverse” per eccellenza e che rappresentano il cuore della Reverse Logistics (figura 7) sono:

- raccolta;
- ispezione e selezione;
- pulitura;
- riparazione e rinnovo;
- rifabbricazione;
- riciclaggio e recupero delle singole parti.

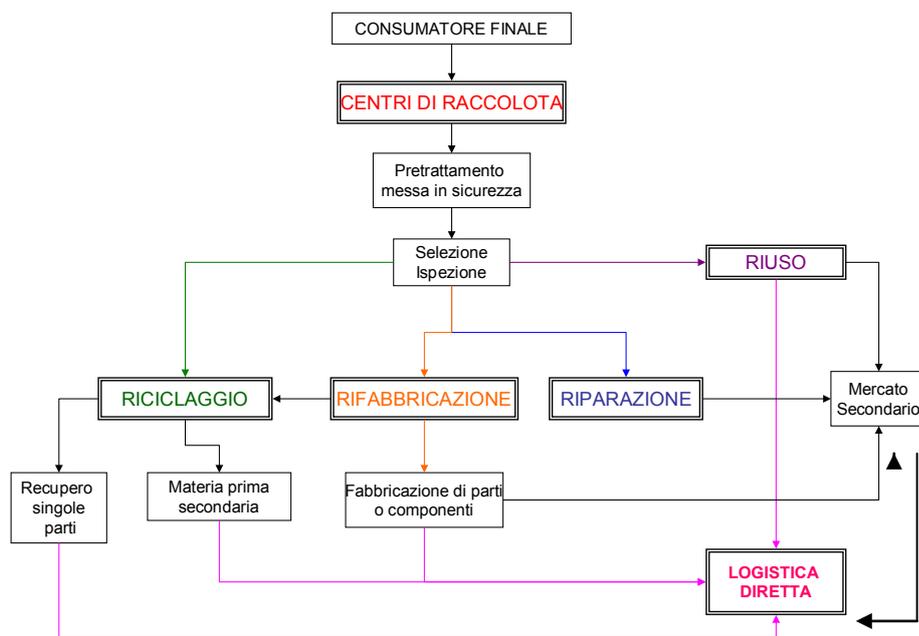


Figura 7 : “La Reverse Logistics”

Naturalmente, le fasi costituenti la reverse logistics si caratterizzeranno *ad hoc* opportunamente per il trattamento dei RAEE in particolare ad esempio per quanto riguarda la fase di raccolta, di pretrattamento e messa in sicurezza, selezione ed ispezione:

1. La raccolta

I prodotti vengono raccolti dai “generatori di rifiuti” (utilizzatori finali) e trasportati nei luoghi di testing e di riprocessamento. La raccolta è, per questo, il primo step del recupero.

Presso i centri di raccolta i RAEE vengono raggruppati in base ai cinque raggruppamenti (R1, R2, R3, R4, R5) individuati dalla Normativa, con lo scopo di riunire categorie di rifiuti elettrici ed elettronici omogenei, che consentano una più facile gestione di questi rifiuti e l’applicazione di processi simili di raccolta, trasporto, messa in sicurezza e trattamento.

La maggior parte dei beni contengono sostanze pericolose per l’ambiente perciò bisogna operare in modo che durante il trasporto, il carico e lo scarico, siano osservate le precauzioni volte ad evitare rotture e danni che possano causarne la dispersione nell’ambiente. Lo stoccaggio deve avvenire in una area adeguatamente attrezzata, con apparecchiature di sollevamento che non danneggino le parti contenenti gas o fluidi e con tutte le salvaguardie della sicurezza dei lavoratori stabilite dalle norme vigenti. Inoltre devono essere fissate le parti che potrebbero aprirsi o staccarsi accidentalmente. L’area deve essere al riparo dalle intemperie e pavimentata con opportuni scoli. Lo scopo principale della raccolta è quello di evitare che i prodotti entrino nel canale dei rifiuti e quindi finiscano subito in discarica dopo la dismissione da parte del consumatore. Ovviamente questi ultimi devono essere disposti a collaborare in maniera attiva. Un incentivo potrebbe

essere quello di offrire un servizio di raccolta e trasporto che sia efficiente, efficace e conveniente allo stesso tempo. Tale servizio dovrà costituire l'alternativa più economica tra quelle che si presentano al "generatore di rifiuti" nel momento in cui decide di disfarsi di un determinato prodotto. Le caratteristiche del sistema di trasporto sono diverse a seconda del tipo di riprocessamento. Il riuso, ad esempio, richiede che i prodotti ritornino nelle migliori condizioni possibili e che siano protetti da possibili danneggiamenti durante il trasporto. Il recupero delle materie di base richiede, invece, minori attenzioni. La raccolta può avvenire in diversi modi. Di seguito si riportano le tipologie più importanti:

- Raccolta in sito: i prodotti usati sono raccolti negli edifici dei generatori;
- Siti di deposito senza personale: gli utilizzatori portano i prodotti presso grandi contenitori di stoccaggio situati in determinate località vicine ai centri urbani;
- Siti di deposito con personale: la supervisione da parte degli addetti garantisce un'acquisizione più selettiva ed una separazione dei prodotti più accurata. I depositi di raccolta comunali, i negozi di merce di seconda mano e i dettaglianti potrebbero svolgere questa funzione;
- Siti di deposito "intelligenti" senza personale: hanno lo stesso scopo dei siti del punto precedente ma sono automatizzati.

Sarebbe auspicabile posizionare siti di deposito sia presso i dettaglianti che presso i depositi municipali di rifiuti.

E' necessario definire il momento (o i momenti) in cui un sito di raccolta è servito (visitato) e il volume raccolto per ciascuna visita. Esistono vari modi per determinare quanto detto.

2. Pretrattamento e messa in sicurezza

Tali operazioni sono lavorazioni preliminari e rendono più sicuro lo svolgimento delle successive fasi di recupero. Consistono nel rimuovere i prodotti dai propri imballaggi e nell'identificarli registrando la data di ingresso, il numero di serie ed altri dati; si procede con l'asportazione di parti mobili delle apparecchiature e con la contemporanea rimozione dei materiali classificati pericolosi, interruttori con sostanze pericolose, condensatori, tubi catodici, schede elettriche/elettroniche. Vengono asportate, in questa fase, sostanze facilmente infiammabili, eventualmente presenti ai fini della sicurezza.

3. Selezione e ispezione

Tale attività raggruppa e analizza tutti i prodotti che, giunti alla fine del loro ciclo di vita, sono stati in precedenza raccolti. È qui che i prodotti subiscono una prima revisione, per lo più visiva, per verificarne lo stato d'uso ed i danni, prima di essere trasportati alle successive fasi del processo. I prodotti vengono testati per verificare la loro conformità a standard qualitativi nella fase di ispezione; se sono qualitativamente uguali a quelli nuovi, vengono subito reintrodotti sul mercato (si ha, in questo caso, il recupero diretto); in caso contrario, saranno sottoposti ad una forma di riprocessamento. Gli imballaggi dai quali i prodotti sono stati prelevati vengono generalmente riutilizzati o riciclati. In questa prima attività, risulta di fondamentale importanza, la gestione della rintracciabilità del flusso di informazioni relative ai prodotti riprocessati, mediante tecnologie integrate di supporto, (ad es. utilizzando tag RFID- Radio Frequency Identification-), capaci di seguire ogni prodotto in tutte le fasi del ciclo in corso e di verificare che lo stesso prodotto possa essere già stato riutilizzato in passato, avendo un riscontro di tipo statistico sulla durata dei prodotti e dei

materiali. Questo può fornire ai progettisti dei dati per realizzare nuovi prodotti o migliorare quelli attuali.

4. Il riuso

Nel riuso il prodotto viene recuperato e rivenduto senza alcun trattamento: non richiede in genere disassemblaggio poiché il prodotto è ancora dotato di sufficiente valore economico; può essere destinato ad un secondo utente senza operazioni che ne aumentino il valore aggiunto.

La vendita può essere effettuata nello stesso mercato o in mercati differenti. Tale strategia è adottata in particolare da aziende del settore automobilistico. L'automobile, infatti, è un prodotto dotato di un ciclo di vita lungo qualche anno, quindi può essere rivenduta sia all'interno dello stesso mercato sia in nuovi mercati emergenti, nel caso il prodotto non sia più commercializzabile nel mercato di riferimento. La commercializzazione in mercati lontani dall'originale, crea comunque successivi problemi per gestire il ritorno del bene venduto.

5. La riparazione

Riferita esclusivamente a quei processi che ripristinano le condizioni funzionali del prodotto, correggendo eventuali anomalie (ad es. parti danneggiate); non sono previste operazioni sulle parti funzionanti e, in genere, la riparazione non comprende importanti fasi di disassemblaggio.

La riparazione prevede che il prodotto sia sottoposto a un trattamento prima di essere rivenduto. Essa permette di ottenere prodotti pronti all'uso con piccoli interventi. Consiste principalmente nella sostituzione di uno o più componenti, per lo più usurati, e avviene senza il disassemblaggio. Il componente viene reinserto, dopo la riparazione, nel ciclo produttivo per essere riusato al fine di diminuire il bisogno di

approvvigionamento di alcune risorse. Questa strategia permette una riduzione dei costi legati all'approvvigionamento dei semilavorati.

6. La rifabbricazione

Con la rifabbricazione possono essere recuperati alcuni componenti del prodotto. L'APICS [*American Production Control and Inventory Society*] la definisce così: *“la rifabbricazione è quel processo industriale che ci permette di ottenere nuovi prodotti riassemblando componenti provenienti da vecchi prodotti dismessi (precedentemente disassemblati, ripuliti e rigenerati) ed utilizzando, ove necessario, nuove componenti. Le unità così ottenute hanno caratteristiche equivalenti, e a volte superiori, rispetto al prodotto di origine per quanto riguarda performance, qualità e tempo di vita atteso”*. Quindi nella fase di rifabbricazione, il prodotto viene completamente disassemblato e viene testato ogni componente verificandone la qualità. I componenti idonei vengono destinati alla catena di produzione diretta, mentre gli altri vengono destinati o al riciclo o allo smantellamento. Mentre nella fase precedente il prodotto rivenduto era composto principalmente da componenti usati a cui erano stati sostituiti quelli non idonei, in questa fase il bene venduto è composto principalmente da componenti nuovi.

7. Il recupero di singole parti

Il recupero di singole parti, richiede di scendere ad un maggiore livello di disassemblaggio, per cui se le componenti non sono recuperabili se ne salvano alcune parti, le quali verranno usate in rifabbricazione o durante la produzione vera e propria, o come parti di ricambio.

8. Il riciclaggio

Il riciclaggio consiste nel recuperare, attraverso una serie di trattamenti appropriati, la materia prima con la quale i prodotti sono realizzati. Il

suo fine è quello di rendere disponibile tali materiali per la rifabbricazione dei prodotti dai quali hanno avuto origine oppure di altri tipi di prodotto realizzati con lo stesso materiale, quindi viene reinserito nel ciclo produttivo tradizionale. Il riciclaggio distrugge il valore aggiunto del prodotto ed è, per tale motivo, necessario limitare il quantitativo di beni da destinare al riciclo.

9. Smaltimento: l'incenerimento e discarica

Una delle tecniche più sfruttate di smaltimento è l'incenerimento. I processi di termovalorizzazione sono sostanzialmente tre: *incenerimento*, che attua l'ossidazione completa del materiale combustibile in presenza di eccessi di ossigeno; *gassificazione o combustione* in difetto di ossigeno; *pirolisi*, un trattamento in assenza totale di ossigeno. La pratica della termovalorizzazione consente un recupero indiretto e costituisce una valida alternativa alla discarica. L'energia generata può essere utilizzata in diversi modi: il calore, infatti, può essere utilizzato per produrre vapore a pressione elevata che potrà essere inviato verso usi civili (con il teleriscaldamento) o industriali, oppure potrà generare energia elettrica. Tuttavia le emissioni di diossine, seppure in minime quantità, e la gestione delle scorie in depositi permanenti producono forti tensioni sociali con le comunità residenti nei pressi di un termovalorizzatore. Ovviamente, se nessuna delle alternative di riprocessamento dovesse essere possibile si ricorre allo smaltimento in discarica. Le discariche sono il modo meno vantaggioso sia dal punto di vista energetico, sia ambientale, per smaltire i rifiuti. L'area in cui deve essere situata una nuova discarica deve essere scelta rispettando i vincoli territoriali ed evitando rischi di frane o cedimenti delle pareti e del fondo dell'impianto.

2.2 Il processo di trattamento dei RAEE

Un'azienda che decida di implementare un sistema di recupero intelligente dei RAEE può, a seconda delle caratteristiche dei prodotti che tratta e del tipo di investimento che intende effettuare, scegliere tra le seguenti principali opportunità:

- riparazione;
- rifabbricazione;
- riciclaggio.

La semplice riparazione di vecchie apparecchiature permette non soltanto di risparmiare i costi di trattamento e riciclaggio, ma assicura anche vantaggi economici grazie alla rivendita dei prodotti usati a un prezzo inferiore.

Nel caso della rifabbricazione, il vantaggio economico è più elevato. I prodotti, infatti, sono ottenuti assemblando parti e componenti provenienti da quelli usati (dopo essere stati opportunamente recuperati) e risultano qualitativamente uguali a quelli nuovi. Queste attività costituiscono un nuovo settore economico (con scarse interferenze con le attività esistenti) in cui un nuovo tipo di industria ma anche quella tradizionale può trovare grosse opportunità.

Inevitabilmente le fasi e le operazioni secondo cui si svolgono i tre processi sono differenti.

La scelta corretta tra riparazione, rifabbricazione o riciclaggio deve essere dettata da valutazioni di carattere economico e dalla condizione e dal ciclo di vita dei prodotti recuperati (discariche e risparmio di materie prime naturali, sono facili da comprendere).

La tabella seguente mette in luce le differenze chiave tra riparazione, rifabbricazione e riciclaggio:

Tabella 5: “Le opportunità del sistema di recupero”

	Tipo prodotto	Grado disassemblaggio	Grado trasformazione	Valore aggiunto materiale	Valore aggiunto in lavoro
Riparazione	Prodotto intero	Diagnostico	Nullo	Parti di ricambio	Limitato
Rifabbricazione	Componente unità	Singoli	Variabile	Ricambio parti irrecuperabili	Notevole
Riciclaggio	Non definito	Totale	Completo	Nulla	Limitato

CAPITOLO 3

DEFINIZIONE DI UN MODELLO PER IL PROCESSO DI RECUPERO PER IL TRATTAMENTO DEI RAEE

3.1 Definizione di un modello per il processo di recupero per il trattamento dei RAEE

Con l'obiettivo di poter giungere alla definizione di un modello per il processo di recupero per il trattamento dei RAEE, analizzeremo una tipologia di tecnica quantitativa usata in simulazione.

Per simulazione si intende un **modello** della realtà che consente di valutare e prevedere lo svolgersi dinamico di una serie di eventi, data l'imposizione di determinate condizioni da parte dell'analista o dell'utente.

Le simulazioni sono uno strumento sperimentale molto potente che si avvalgono delle possibilità di calcolo informatiche: trattasi di una trasposizione in termini **logico-matematico**-procedurali di un "modello concettuale" della realtà (può essere definito come l'insieme di processi che hanno luogo nel sistema valutato e il cui insieme permette di comprendere le logiche di funzionamento del sistema stesso).

Diventa, quindi, fondamentale ricorrere ad una metodologia di analisi in grado di esplicitare la complessità del sistema, rendendola più chiara e trasparente.

Definiremo sistema, un'entità, concettuale o concreta, costituita da un insieme di parti che interagiscono dinamicamente scambievolmente e generano un comportamento globale.

Un sistema può essere discreto o continuo.

Un sistema discreto è tale quando le variabili cambiano valore istantaneamente, ed il tempo è discretizzato.

Un sistema continuo è un sistema in cui le variabili cambiano valore continuamente nel tempo, ed è definito il loro valore in ogni istante di tempo.

Pertanto, verrà analizzata, System Dynamics, quale tecnica quantitativa nell'ambito della simulazione.

3.2 La System Dynamics

La System Dynamics -SD- è un approccio allo studio del comportamento dei sistemi e, in particolare, dei sistemi socio/economici, in cui si enfatizza il ruolo dell'intreccio tra politiche, strutture decisionali e ritardi temporali nell'influenzarne i fenomeni dinamici.

In particolare, le analisi e le interpretazioni del comportamento dei sistemi, sviluppate nell'ambito della SD, si fondano su due concetti:

1. la divisione tra variabili di stato (livello/stock) e la dinamica di queste (flusso/flow) ;
2. la presenza di un circuito di retroazione (feedback loop) .

L'analisi condotta nell'ambito della SD, quindi, si àncora a due ipotesi fondamentali.

Da una parte, la SD postula che dall'intreccio di processi decisionali, flussi informativi e relazioni interpersonali all'interno delle aziende, emergano strutture costituite da circuiti di retroazione concatenati.

In secondo luogo, la SD ipotizza che i comportamenti dei sistemi siano la conseguenza delle caratteristiche strutturali che assumono tali aggregazioni di circuiti di retroazione che regolano il "tasso" (rate) di

accumulazione o l'erosione delle variabili livello (stock) in essi compresi.

La System Dynamics, avvalendosi del meccanismo di feedback, fornisce una chiave di lettura della realtà in esame, grazie alla realizzazione di schemi logico-interpretativi (mappe), caratterizzati da relazioni di causalità tra le variabili analizzate.

Aspetti della System Dynamics

Per comprendere cosa sia realmente la System Dynamics è necessario descrivere una serie di aspetti preliminari. Non bisogna limitarsi ad osservare la realtà in modo statico, focalizzando l'attenzione esclusivamente sugli oggetti: è necessario ricercare le variabili che connotano gli oggetti e rilevare le variazioni che esse subiscono nel tempo. Inoltre, al fine di capire la realtà in esame, è fondamentale individuare la causa delle variazioni nelle variabili sotto osservazione, scoprendo sia i processi che innescano la dinamica delle variabili sia le variabili (cause) che attivano tali processi e che derivano da essi (effetti). Una volta inquadrare le cause e gli effetti di tali dinamiche, bisogna riconoscere agli effetti, la possibilità di diventare a loro volta cause delle loro cause, per formare un feedback loop, ossia un meccanismo di retroazione che collega in senso circolare le variabili, secondo i nessi causali esistenti tra loro. Così, il concetto di causa ed effetto, che vale tra due o più variabili concatenate, perde di significato quando le variabili sono connesse da uno o più loop.

Si definisce, pertanto, legame causale quel legame in corrispondenza del quale una variabile generica "X" influenza un'altra variabile generica "Y". (Figura 8)

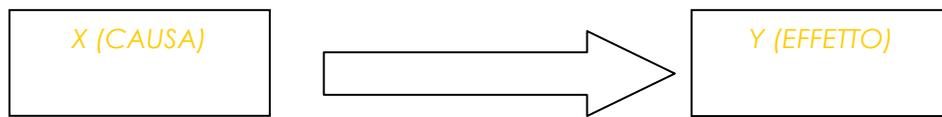


Figura 8: “Causalità lineare”

Nel caso in cui la variabile effetto svolga anche il ruolo di causa, generando una retroazione si parla di causalità circolare, come è evidente dalla figura 9.



Figura 9: “Causalità circolare”

Un esempio pratico di circolo causale è caratterizzato dalla presenza di due variabili: ricerca e sviluppo e vendite.

Si può facilmente intuire che investire in R&S vorrà dire individuare nuovi prodotti, ampliarne la gamma e trovare nuove possibilità di mercato; tutti aspetti che influenzeranno la variabile vendite determinando nuovi ricavi, utili e nuove possibilità di investimento. A loro volta questi fattori avranno un impatto sulla variabile R&S, determinando un esempio di circolo causale.

Il comportamento dinamico di un sistema deriva dalla sua struttura di base (struttura sistemica), ossia dalle relazioni esistenti tra le sue componenti (intendendo le variabili chiave come le risorse, il know how, ecc) e dall'azione dei meccanismi di feedback esistenti ed attivi; ma il comportamento può a sua volta influenzare la struttura del sistema, provocando un cambiamento nella significatività relativa delle componenti, intesa, come influenza relativa esercitata sul sistema di riferimento. Ciò può determinare dei mutamenti nella dominanza (da intendersi come la vittoria di una tipologia di feedback rispetto ad un'altra) relativa delle sotto-strutture (ovvero dei feedback loop), caratterizzanti il sistema in questione.

Ai circuiti di retroazione vengono associati degli andamenti dinamici e una volta individuate le leve di intervento sarà possibile rafforzare o indebolire i feedback loop responsabili di un comportamento desiderato o indesiderato.

In linea con quanto detto, segue che i sistemi indagati saranno logicamente dinamici, data la continua attenzione rivolta alle variabili e alle variazioni, che dimostrano l'incessante movimento e trasformazione della realtà esaminata, ma saranno anche ripetitivi, ovvero capaci di ripetere nel tempo i loro processi.

Tali sistemi saranno, inoltre, ricorsivi, cioè in grado di interagire con se stessi, trasformando i loro output in nuovi input, tali che il sistema appaia chiuso in se stesso per ripetere i propri processi secondo una sequenza temporale.

Saranno dotati di memoria, nel senso che agli stessi input, riferiti ad istanti diversi, corrisponderanno output differenti al termine del processo.

In sintesi, un sistema è con memoria se la stessa sequenza di input produce differenti sequenze di output, a parità di condizioni iniziali, dimostrando così che, il suo comportamento non è causale: c'è, infatti, anche un ritorno.

L'obiettivo della System Dynamics è analizzare ed interpretare le dinamiche delle variabili che caratterizzano i sistemi complessi, rappresentando la struttura causale del sistema, arricchita da circuiti di retroazione (o anche feedback loop) e riproducendo l'andamento dinamico delle sue variabili.

Si evidenzia che il sistema non sarà più semplicemente caratterizzato da variabili di input e di output, ma anche da variabili di stato.

In un secondo momento, tale tecnica, si avvale di un supporto informatico per la simulazione. Tale metodologia è quindi incentrata sull'individuazione, studio e comprensione dei meccanismi di feedback che coinvolgono le variabili di interesse. Per tale motivo, di seguito, verranno approfondite le principali tipologie di feedback riscontrabili nei sistemi reali.

3.3 Causal Loop Diagrams

I causal loop diagrams -CLD- sono delle rappresentazioni (mappe) costituite da un insieme di variabili, tra loro interconnesse da frecce, che segnalano l'influenza casuale tra le variabili stesse.

I CLD riescono a fornire una prima interpretazione grafica del problema; favoriscono la comunicazione e la condivisione delle conoscenze tra i vari attori coinvolti nello studio; forniscono una rappresentazione semplice e schematica delle ipotesi elaborate in

relazione alle cause responsabili degli andamenti problematici illustrando chiaramente i meccanismi di feedback.

Con l'utilizzo dei CLD è possibile rappresentare qualsiasi tipo di variabile, sia di natura quantitativa che qualitativa: necessario verificare che tra le due variabili sussista un legame di causalità (ad esempio, come è illustrato in figura 10: una variazione della pubblicità relativa ad un dato prodotto e variazione della domanda connessa al prodotto stesso). Tale relazione causale può essere rappresentata nel modo seguente:

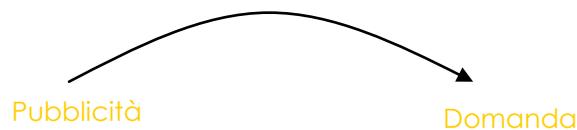


Figura 10 : “ Esempio di *nesso causale* tra due variabili”

In realtà, è necessario specificare anche come sono collegate le due variabili, ovvero definire la polarità. La polarità indica il tipo di legame causale che si realizza tra le due variabili e viene rappresentata con un segno “+” oppure un segno “-”. Il segno “+”, a volte sostituito dalla lettera “S” (same), è indice di una causalità diretta tra le due variabili; le due variabili si muoveranno nella stessa direzione ossia se il valore della prima variabile aumenta, il valore della variabile ad essa collegata assumerà un valore al di sopra di quello assunto. Nello stesso modo, una diminuzione del valore della prima variabile determinerà un decremento del valore della variabile ad essa connessa. Per chiarire è possibile fare un esempio: ritornando al caso di prima, il rapporto tra la pubblicità e la domanda è, ovviamente, caratterizzato da un segno “+”,

in quanto se si incrementa (decrementa) la pubblicità di un dato prodotto in corrispondenza si avrà un incremento (decremento) della domanda.

Di seguito nella figura 11 si illustra un esempio di polarità positiva.

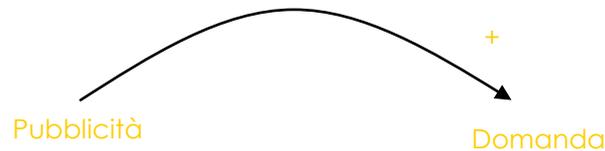


Figura 11 : “Esempio di nesso causale con polarità positiva”

Il segno “-”, a volte sostituito dalla lettera “O” (opposite), è indice di una causalità inversa tra le due variabili; le due variabili si muoveranno in direzioni opposte ossia se il valore della prima variabile aumenta, il valore della variabile ad essa collegata, assumerà un valore al di sotto di quello assunto. Ad esempio, come è illustrato in figura 12, un incremento del prezzo unitario di vendita del prodotto comporterà una diminuzione della domanda.



Figura 12 : “Esempio di nesso causale con polarità negativa”

La polarità ci permette di capire cosa accade alla variabile dipendente in seguito ad un cambiamento della variabile indipendente.

Un CLD è definito tale se è caratterizzato da nessi causali tra le variabili e non da semplici correlazioni e se i legami, in esso presenti, sono in grado di formare dei cicli chiusi, i cosiddetti loop o feedback. Il feedback non è altro che un ritorno: un'azione sarà influenzata dalle conseguenze di azioni intraprese in precedenza. Si possono distinguere tre tipi di feedback:

- **Immediati:** un esempio tipico è un'asta, in cui l'offerta del primo acquirente influenza quella del secondo che ha delle conseguenze sulla successiva offerta del primo acquirente.
- **Ritardati e diretti:** un esempio tipico è quello di un agricoltore che, somministrando acqua alle piante vedrà una crescita e ciò comporterà l'aggiunta di altra acqua.
- **Ritardati e indiretti :** un esempio tipico è la presenza di un investimento in ricerca e sviluppo che porterà ad un miglioramento della produzione e della competitività, che consentirà di decidere se continuare ad investire in R&S.

Tutti i sistemi di feedback sono caratterizzati da un loop, da una circolarità, in cui le variabili svolgono un ruolo sia di causa sia di effetto.

Si individuano due tipi di feedback loop (anelli di retroazione), ai quali associare tipici comportamenti dinamici e dai quali partire per visualizzare, attraverso la loro interazione, ulteriori andamenti del sistema: feedback positivo o reinforcing loop (R) e feedback negativo o balancing loop (B).

Feedback positivo o reinforcing loop (R)

Si parla di feedback positivo quando si è in presenza di variabili legate da una causalità diretta, tendente a rinforzare (infatti questo tipo di circuito viene ricordato con la lettera “R”) la dinamica del sistema in esame. Si indica con il segno “+” un legame tra due variabili tale che ad un incremento o a diminuzione della prima corrisponda, rispettivamente, un incremento o una diminuzione della seconda. In termini dinamici il feedback positivo rappresenta, dunque, un andamento esponenziale, tendente o alla crescita o alla decrescita. (Figura 13)

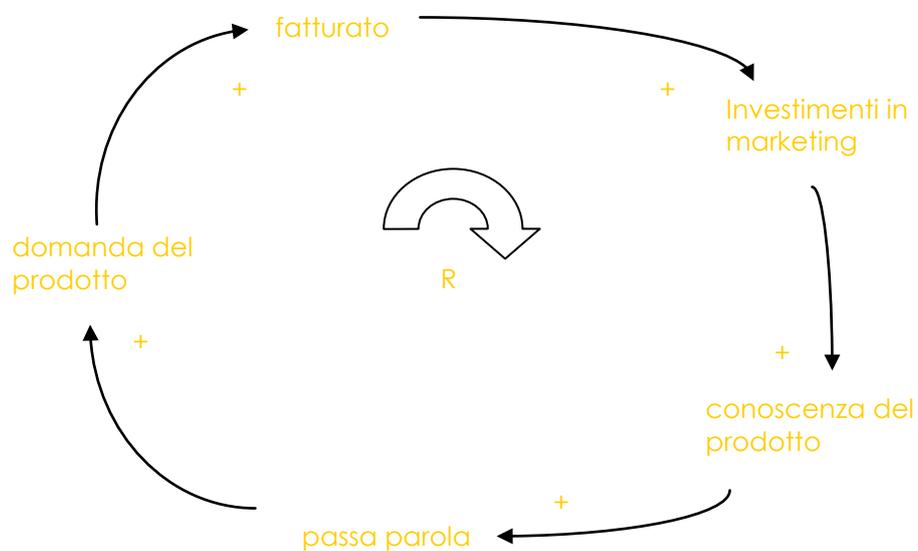


Figura 13: “ esempio di feedback loop *positivo*”

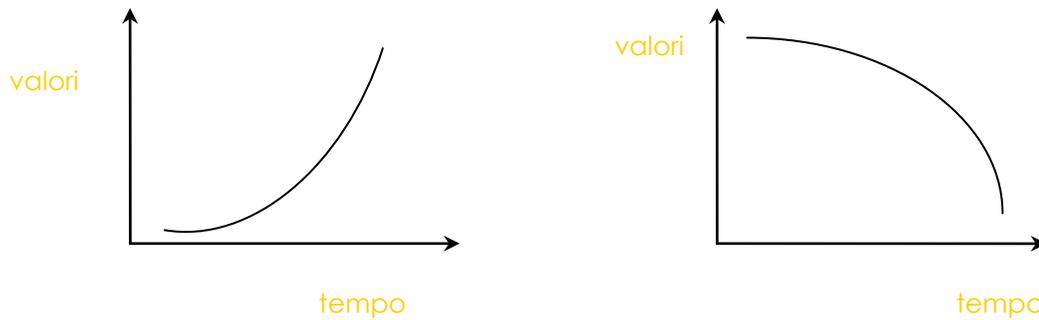


Figura 14: “*Comportamento dinamico corrispondente al feedback loop positivo*”

Dunque, il feedback positivo (figura 14), si crea quando la situazione va sempre migliorando o peggiorando, a seconda che si crei un circolo virtuoso o vizioso.

L’effetto del feedback positivo, solitamente, non è illimitato nel tempo: esistono una serie di aspetti che potrebbero rallentarlo o bloccarlo; ad esempio dopo un lungo periodo di tempo, l’azione di questo circuito potrebbe andare in contro ad un bilanciamento o un’opposizione, determinati da un feedback negativo.

Feedback negativo o balancing loop (B)

Si parla di feedback negativo quando nascono delle forze che limitano la crescita del sistema, per guidare verso una stabilità e quindi verso un equilibrio statico.

Tali forze, essendo di segno opposto rispetto alle tendenze, tipiche della realtà in esame, favoriscono un processo di auto bilanciamento (infatti questo circuito viene semplicemente rappresentato con la lettera “B”) e di allineamento ad un obiettivo prefissato. Così se il livello attuale della

variabile di interesse è al di sopra del valore obiettivo, la struttura del loop spingerà tale livello verso il basso; mentre se la variabile di interesse presenta un valore inferiore a quello desiderato la struttura del loop lo spingerà verso l'alto. Si ricorda, che il comportamento derivante da questa tipologia di circuito è definito di “goal-seeking” (figura 16).

Un esempio è rappresentato dallo studio (figura 15) dello stock del personale.

Supponendo che il management aziendale voglia mantenere un dato livello di personale, al di sotto del quale non scendere, sarà opportuno individuare periodicamente il livello effettivo del personale, da confrontare con il valore desiderato e sulla base del gap esistente, fare delle assunzioni, come illustrato nella figura seguente.

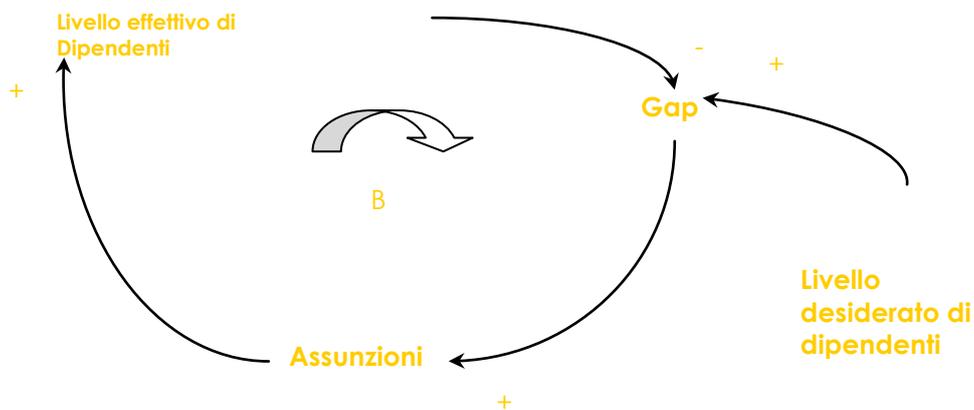


Figura 15: “ Esempio di feedback loop *negativo* ”

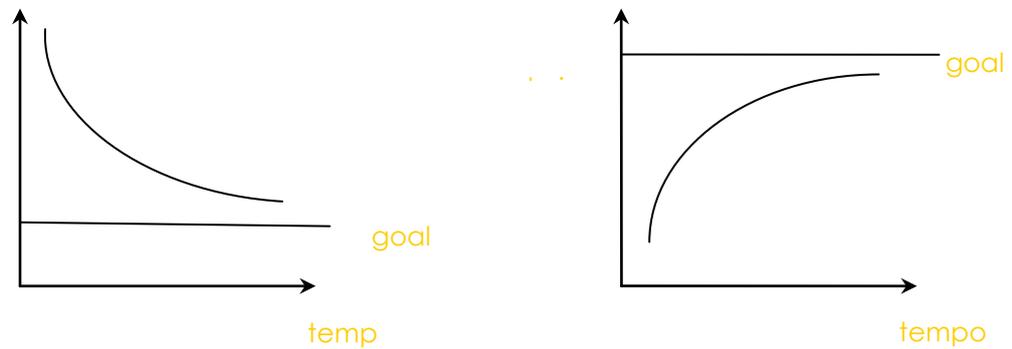


Figura 16: “ Comportamento dinamico corrispondente al feedback loop *negativo* ”

Un altro esempio è il riequilibrio tra processo e ritardo. Questo presenta una struttura semplice, caratterizzata da un solo feedback negativo e da uno o più ritardi. È una struttura facilmente riscontrabile nella realtà aziendale quotidiana ed è alla base della maggior parte dei comportamenti oscillatori osservati. Si ricorda che, il più delle volte, l'andamento oscillatorio viene giustificato dai manager aziendali come un fenomeno causato da fattori esogeni al sistema; mentre tale archetipo tenderà a mostrare la natura endogena dei ritardi temporali, responsabili delle suddette oscillazioni. Dunque, il comportamento problematico, che prende in considerazione l'archetipo in questione, consiste nell'osservazione di ripetute oscillazioni (figura 17) di una variabile di riferimento (ad es. il fatturato, il numero di clienti, il prezzo, la temperatura, ecc.) attorno ad una situazione desiderata o di equilibrio. E' importante tenere presente che aggiustamenti precipitosi e aggressivi

aumentano le oscillazioni: è necessario procedere con aggiustamenti graduali e, se possibile, migliorare la governabilità del sistema, diminuendo il ritardo.

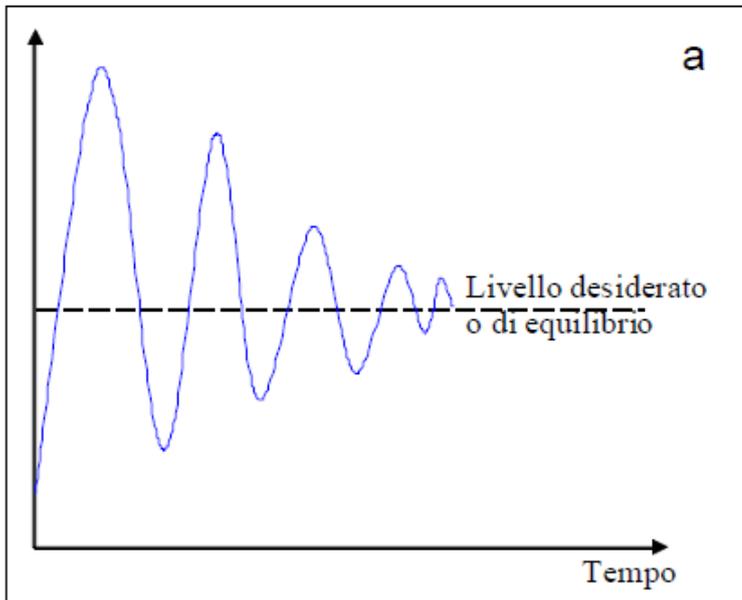


Figura 17: Comportamento dinamico dell'archetipo “*Riequilibrio tra processo e ritardo*”

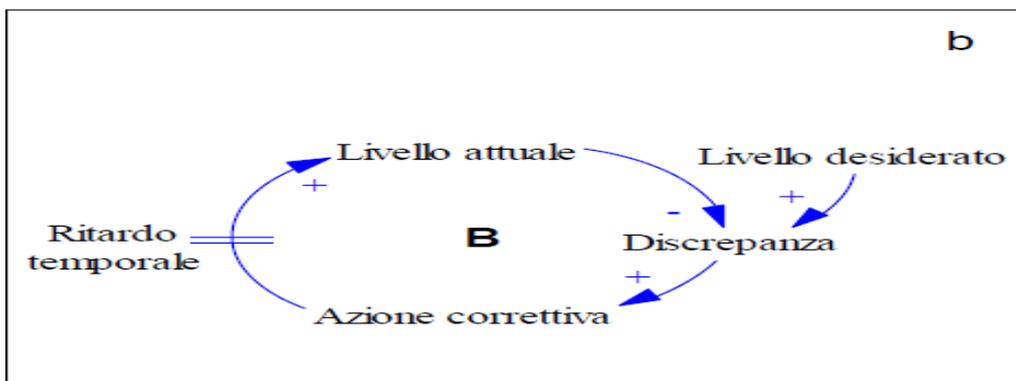


Figura 18: “*Riequilibrio tra processo e ritardo*”

Consideriamo, ad esempio, a tal proposito, il sistema costituito da una persona che si fa la doccia, la manopola dell'acqua e il tubo collegato

ad essa. Se la persona, che si sta facendo la doccia, sente freddo gira la manopola verso l'acqua calda, ma a causa della lunghezza del tubo, l'effetto dell'azione non viene percepito immediatamente dalla persona (ritardo), che sentendo ancora freddo girerà ulteriormente la manopola verso l'acqua calda. A tal punto, l'acqua potrebbe risultare troppo calda, così la persona girerà la manopola verso il freddo fino a che l'acqua non sarà abbastanza fredda, ma a causa del ritardo anche in questo caso l'azione sarà stata eccessiva, portando ad avere l'acqua troppo fredda. Si è, quindi, in presenza di un sistema stabile, dato che la temperatura dell'acqua si mantiene sempre entro un certo intervallo di valori, ma l'andamento risultante sarà oscillatorio (e non convergente). Con tale esempio, si è in grado di dire che in presenza di un sistema di questo genere si reagisce, spesso, in misura eccessiva rispetto al necessario, ricorrendo ad una successiva azione correttiva (figura 18). Infatti l'obiettivo desiderato o lo stato di equilibrio, a causa dei ritardi, viene costantemente superato, sia quando il sistema si avvicina ad esso con un andamento crescente che quando si avvicini con un andamento decrescente.

L'ultimo esempio si caratterizza per la presenza di due meccanismi di feedback, uno negativo e uno positivo: il primo è finalizzato alla realizzazione di azioni tendenti a sviluppare nel tempo una determinata risorsa, mentre il secondo presenta un limite, il vincolo superiore per la risorsa in crescita, che rallenterà il processo di sviluppo.

Più precisamente, si può dire che il comportamento problematico, preso in considerazione in tal caso, consiste nell'osservazione di uno sviluppo esponenziale di una variabile che, ad un certo punto, si trasforma in una crescita asintotica, che si interrompe e si trasforma in stagnazione da cui, nonostante tutti i possibili sforzi, è difficile uscire.

L'andamento, appena descritto, è appunto quello della curva ad "S".

La struttura del sistema è tale per cui l'interazione tra il feedback positivo ed il negativo sia caratterizzata da non linearità: all'inizio domina il circuito positivo di rinforzo, che genera una crescita esponenziale, in un secondo momento, a causa di qualche effetto di saturazione, interviene il circuito negativo, che imprime al sistema un comportamento asintotico.

Per chiarire quanto detto, si può ricorrere al concetto di *carrying capacity* di un sistema: ad esempio, se si considera un habitat, la carrying capacity costituisce il numero di organismi di una data specie, che possono sopravvivere sulla base delle risorse esistenti e di cui hanno bisogno. Così pian piano che la popolazione raggiunge il limite massimo, ovvero la carrying capacity, le risorse disponibili per ciascun membro della popolazione tenderanno ad esaurirsi, comportando, di conseguenza, una riduzione del tasso di crescita netta della popolazione stessa.

Nell'esempio seguente, che descrive i limiti alla crescita, nella prima parte della curva, il feedback positivo risulta dominante conferendo a tale funzione il comportamento di una crescita esponenziale, ovvero ogni unità aggiuntiva allo stato del sistema contribuisce ad incrementare il tasso di cambiamento netto, in misura maggiore di quanto la diminuzione di risorse disponibili non concorra a diminuire tale tasso. Però, dato che nessuna quantità può crescere all'infinito, quando il limite superiore viene avvicinato e le risorse disponibili consumate, il tasso di cambiamento netto diminuirà ed il feedback negativo diverrà dominante. Ciò sarà responsabile dell'inversione nella concavità della curva e lo stato del sistema continuerà ad incrementarsi, ma ad un tasso

sempre minore, fino a stabilizzarsi, una volta raggiunto un livello di equilibrio.

Nei periodi di crescita è, quindi, necessario analizzare quali possano essere le condizioni limitanti presenti e future e intervenire rimuovendo il limite alla crescita prima che questo manifesti i suoi effetti negativi. La situazione peggiora, infatti, se si tenta di forzare la crescita (figura 19).

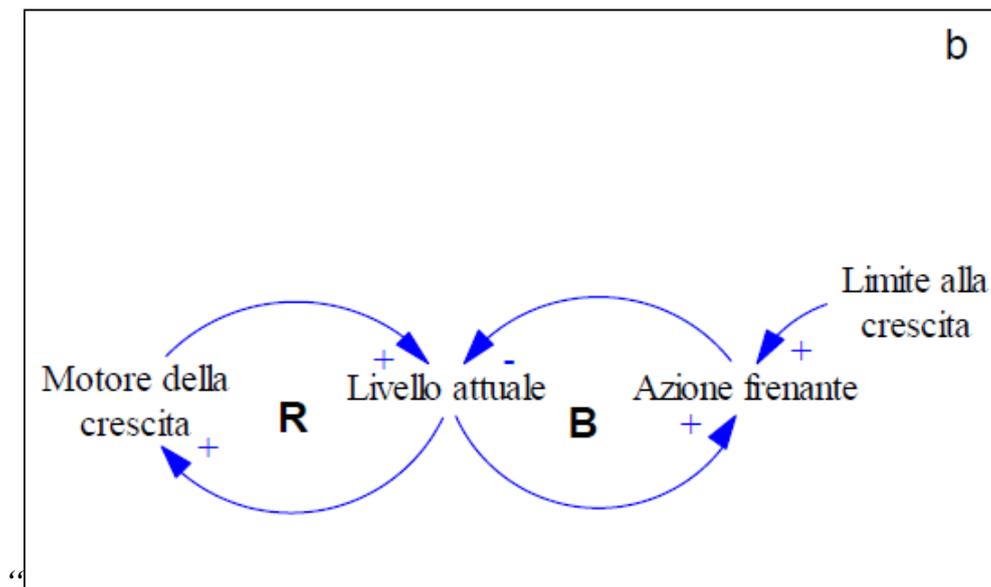


Figura 19 : *Limiti alla crescita*

La costruzione di un Causal Loop Diagram

I passi da seguire nella costruzione di un CLD sono molteplici.

Di seguito si riportano le linee guida per creare un CLD:

- identificazione delle variabili principali;
- determinazione del comportamento dinamico delle variabili chiave all'interno di un orizzonte temporale abbastanza lungo;
- realizzazione di diagrammi CLD per formalizzare le relazioni di causa-effetto tra le variabili;

- studio del comportamento dinamico del sistema, risultante dai CLD realizzati;
- studio dei meccanismi di feedback ed archetipi sistemici, ovvero delle strutture sistemiche di riferimento;
- analisi dei fattori sui quali poter far leva attraverso l'utilizzo di adeguate politiche aziendali;
- studio delle strategie di intervento.

Durante la costruzione di un CLD bisogna rispettare delle regole.

1. Quando si identifica il segno di una polarità, le altre variabili devono essere ritenute costanti.
2. Ogni collegamento tra due variabili deve rappresentare un nesso causale.
3. Ogni collegamento deve essere contraddistinto dalla giusta polarità.
4. Se la somma dei nessi causali negativi risulta pari, si tratta di un loop positivo o rinforzato; se la somma dei nessi causali negativi risulta dispari, si tratta di un loop negativo o bilanciato.
5. Possono esserci dei ritardi temporali all'interno del sistema considerato;
6. Può essere utile assegnare un nome ai vari feedback identificati, in modo da poterli richiamare più facilmente.
7. Con riferimento ai feedback negativi è importante specificare gli obiettivi corrispondenti ai loop individuati.
8. Ai fini della comprensione può essere utile evitare di realizzare un'unica grande mappa contenente tutti i loop; è

conveniente sviluppare un insieme di diagrammi, che, nel totale, comprendano i diversi circuiti.

9. E' consigliabile utilizzare dei sostantivi anziché dei verbi (ad esempio investimenti invece di investire).

10. Nella costruzione di un CLD non bisogna mai inserire termini come incrementato, diminuito, migliore o peggiore.

11. E' conveniente utilizzare parole nella loro accezione positiva.

12. Non bisogna inserire più di una volta il nome di una variabile all'interno di un loop.

3.4 I campi di applicazione: esempi

Le aree di applicazione di tali tecniche sono molteplici e sono:

- Sistemi di elaborazione;
- Sistemi di comunicazione;
- Sistemi di trasporto;
- Sistemi di produzione e automazione;
- Sistemi militari: gestione delle strategie, impatto delle sperimentazioni nucleari;
- Sistemi sociali: impatto dell'immigrazione sulla società, political game;
- Sistemi naturali: pianificazione delle risorse ideologiche ed energetiche, valutazione dell'impatto dell'uomo sull'ambiente;
- Sistemi economici: analisi dei sistemi economico- finanziari, pianificazione attività aziendali, pianificazione del personale.

Di seguito si riportano alcuni esempi che vedono l'impiego dei CDL con i quali si riesce a notare come la System Dynamics riesca a

schematizzare diverse tipologie di sistema con il fine di controllare qualsiasi situazione.

La borsa e gli investimenti

La crescita degli indici di borsa porta ad un aumento dell'ottimismo negli investitori e di conseguenza ad un aumento della domanda di titoli: conseguenza è un aumento degli indici, e così via.

Lo studio dei processi di rinforzo e dei casual loops ad essi associati è importante perché permette di capire delle possibili distorsioni nel nostro modo di pensare e agire, subdole, in quanto rispondenti a fenomeni considerati ovvi, ma dei quali non si riescono a valutare pienamente gli effetti e per questo pericolose. In realtà quello sopra riportato è un meccanismo ovvio, ma ha generato un pericoloso fenomeno cumulativo negli ultimi anni '90, la cosiddetta bolla speculativa, che ha poi portato sul lastrico non pochi investitori.

Un caso elementare di reinforcing loop è il seguente (figura 20):

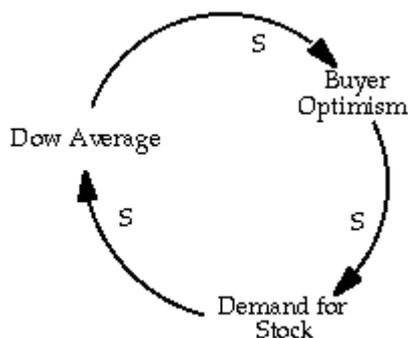


Figura 20: Caso di *reinforcing* loop

Nel settore finanziario è in atto un loop di rinforzo che porta le aziende sempre più lontane dagli interessi dei singoli clienti. L'analisi delle aspettative dei clienti è generalmente a carico del Marketing che analizza e definisce i target dei clienti per i quali individua un'offerta

mirata. Investimenti in ricerca sui prodotti spingono a maggiori investimenti di promozione e pubblicità per i prodotti realizzati. Ciò comporta un incremento del budget e la definizione di incentivi che indirizzino la rete di vendita a promuovere i prodotti che si vogliono vendere. La motivazione della forza di vendita è ovviamente orientata dal sistema incentivante e porta i venditori a “forzare” la vendita dei prodotti maggiormente “spinti” dall'azienda.

Si vendono semplicemente i prodotti che l'azienda chiede di vendere tramite budget e sistemi di incentivazione mirati. Chi opera a contatto con il cliente non ha solitamente molto tempo per approfondire lo studio dei principali titoli e prodotti finanziari sul mercato e semplicemente propone quello che a lui viene indicato come il prodotto più idoneo per una certa fascia di clienti (figura 21).

L' apparente successo delle politiche di marketing porta a un meccanismo di rinforzo per cui gli investimenti in sviluppo prodotti vengono aumentati per cercare di incrementare il giro di affari.

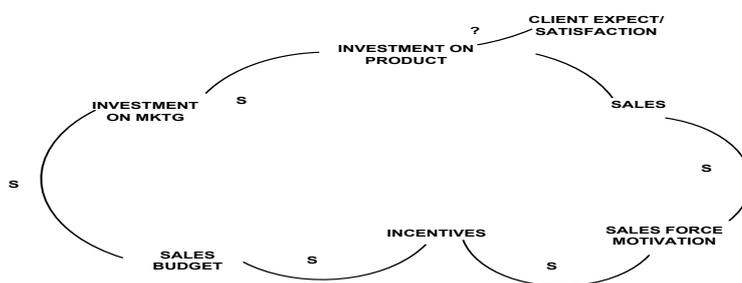


Figura 21: Il causal loop diagram

L'aumento di investimenti in sviluppo prodotti, in promozione e in incentivi influisce sui margini spingendo l'azienda a sviluppare prodotti con margini più elevati per poter pagare queste attività.

Margini più elevati però sono collegati negativamente alla soddisfazione dei clienti, ma, restando nella logica prodotto-campagna, le aziende reagiscono alla crescente insoddisfazione dei clienti con maggiori investimenti in prodotti più sofisticati e in maggiori investimenti in strumenti promozionali e così via.

Inoltre le vendite forzate da un sistema incentivante centrato sui prodotti, portano ad aumenti di volumi venduti, ma generano anche una crescente insoddisfazione da parte dei clienti che si sentono “forzati” nelle loro decisioni di acquisto.

Fin quando le aziende sono immerse nella logica prodotto-campagna, difficilmente riescono a capire il loop di cui sono generatrici e in parte vittime e ancor più difficilmente riescono ad uscirne.

Ipotizziamo di slegare gli incentivi dei venditori dai budget di prodotto e legarli al livello di soddisfazione del cliente. In tal caso, una maggior soddisfazione dei clienti influisce direttamente sul sistema di incentivazione dei venditori, quindi sulla loro motivazione. Per garantirsi livelli di soddisfazione più elevata da parte dei clienti, essi modificano il rapporto di vendita, orientandosi maggiormente sull'informazione e sulla consulenza.

Ascoltano il cliente, capiscono le sue reali esigenze (non quelle di un target o di un cliente ideale, ma le sue specifiche e personali) e propongono i prodotti più idonei. La qualità della consulenza e del servizio al cliente influisce indirettamente sulla soddisfazione del cliente e sulla sua predisposizione all'acquisto. Questi aumenti nel volume di vendite non influiscono in alcun modo sui margini e sugli

investimenti in nuovi prodotti, né sono da essi influenzati. Eventualmente si potrebbe ipotizzare che una maggior qualità del rapporto generi meno enfasi sui margini; clienti soddisfatti della qualità del servizio accettano anche un prezzo leggermente superiore pur di mantenere il livello qualitativo.

Come si può vedere da questo semplice esempio la tecnica dei loop permette di avere delle chiavi di lettura delle organizzazioni e dei sistemi economici molto efficaci.

La consapevolezza dei fenomeni di retroazione in atto in una determinata situazione è il primo passo verso l'individuazione di situazioni patologiche e/o pericolose e verso la loro risoluzione.

I loop possono anche essere letti come una mappa del potere nelle organizzazioni.

Le unità che sono beneficiarie da retroazioni di rinforzo (maggior budget di pubblicità per spingere i prodotti, maggior investimenti in prodotti per spingere le vendite), tenderanno a difendere i loop esistenti. È perciò importante evidenziare gli effetti complessivi negativi e/o pericolosi dei loop per l'intera azienda e ritrovare coerenze nuove e nuovi equilibri .

Il controllo della produzione

Di seguito viene mostrato un sistema di controllo nell'ambito della produzione nel momento in cui i processi produttivi richiedono manodopera.

S'individuano quattro variabili e tre costanti fondamentali.

1. la variabile "Y", che rappresenta la *variabile da controllare*, l'output, quella della quale interessa ottenere una dinamica che caratterizza il comportamento dell'intero sistema
(livelli della produzione)

2. la variabile “X”, cioè la *variabile d’azione*, l’input, sulla quale si deve intervenire per modificare la “Y”(volumi di manodopera);
3. la variabile “ $SY = Y - Y^*$ ”, che assume il significato di deviazione (errore, scarto) tra i valori della “Y” e l’obiettivo “ Y^* ” (scarto tra livello e obiettivo di produzione);
4. la variabile “E” che indica i possibili disturbi esterni (fabbisogni esterni).

Mentre le costanti sono:

- a. l’obiettivo “ Y^* ”, oppure il vincolo “ Y^o ”, indicante il valore che la variabile da controllare deve raggiungere e possibilmente mantenere (obiettivo di produzione);
- b. il tasso d’azione “ $g(X/Y)$ ”, indicante la variazione della Y per ogni unità di variazione della X ;il tasso di reazione “ $h(X/Y)$ ”, indicante la variazione della X per ogni unità di variazione della Y (solitamente si pone “ $h = 1/g$ ” in tutti i casi in cui, come nella doccia, l’effetto della variazione in aumento o in diminuzione della “X” produce effetti inversi sulla “Y”; in tal caso il sistema appare perfettamente simmetrico al controllo; si ricorda che il sistema può essere controllato anche se “ $h \neq 1/g$ ”).

Nel nostro esempio, il responsabile della produzione, che rappresenta il manager del sistema, in vista degli obiettivi di produzione desiderati, tenendo conto dei fabbisogni esterni da soddisfare, determina i volumi di manodopera secondo i dati del fabbisogno unitario medio di lavoro (quanto lavoro necessario per un’unità di prodotto) e successivamente, sulla base della produttività media (quanto prodotto è ottenuto per unità di lavoro), quantifica il livello della produzione (Figura 22).

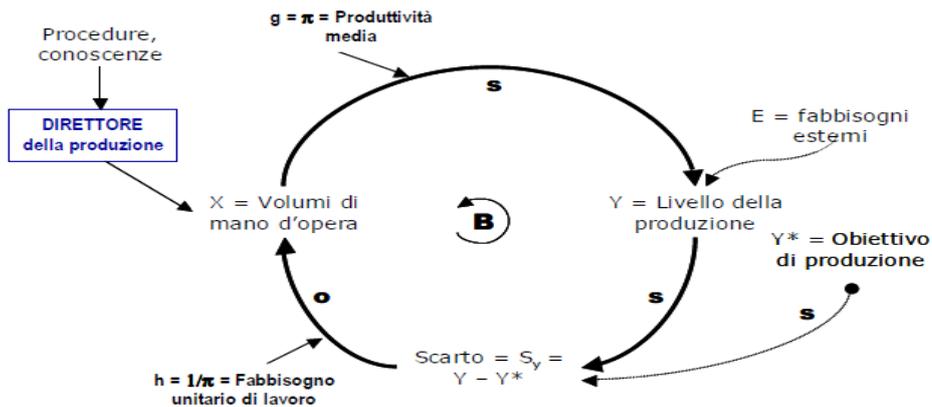


Figura 22: Esempio di applicazione della SD in termini di CLD: *controllo della produzione*

Il controllo del magazzino

Di seguito in figura 23 viene mostrato il CLD di un magazzino.

Il livello dello stock si incrementa per le consegne da parte dei fornitori che rispondono, con un ritardo, agli ordini lanciati (variabile di controllo) dal direttore o responsabile del magazzino, che rappresenta il *manager* del sistema.

Calcolato lo scarto tra lo stock ottimale e il livello dello stock, il manager determina il lotto da ordinare, con calcoli accurati che tengono conto dei costi di riordino e di stoccaggio e lancia l'ordine. Ovviamente più il livello dello stock tenderà ad incrementarsi e quindi ad avvicinarsi al livello ottimale e più si ridurranno gli ordini ai fornitori; al contrario, al ridursi del livello dello stock, aumenteranno gli ordini ai fornitori (questo per spiegare il legame caratterizzato dalla lettera "O" che indica letteralmente "opposto", cioè che il segno della variazione dell'input viene invertito). Inoltre i prelevamenti esterni rappresentano la variabile che riduce il livello degli stock e che rende necessaria la ricostituzione delle scorte.

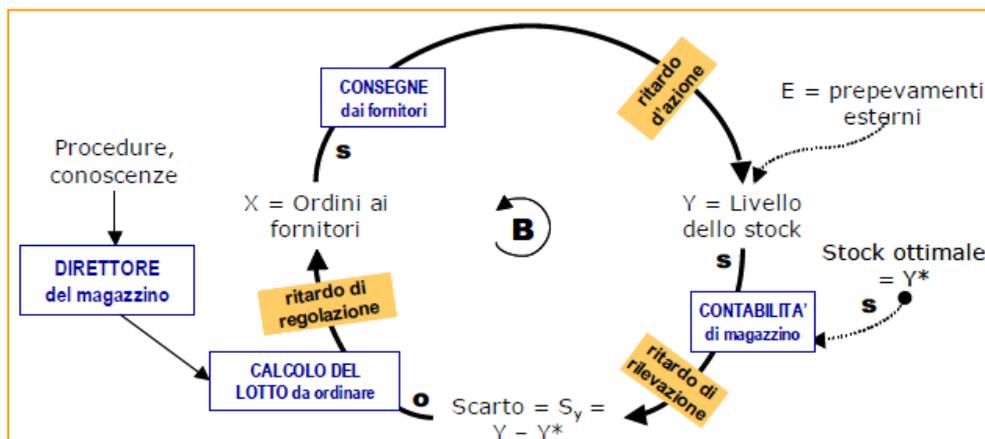


Figura 23: Esempio di applicazione della SD in termini di CLD: *controllo magazzino*

Il controllo del cash flow

Con il termine cash flow si indica il flusso di cassa, ovvero la variazione della liquidità di un'azienda a causa della gestione. Esso è, quindi, la somma del reddito netto di una società, degli ammortamenti e degli accantonamenti a riserva, ovvero la somma algebrica delle variazioni, positive e negative, del conto cassa e dei conti bancari e postali verificatesi nell'esercizio.

Il cash flow può essere calcolato come differenza tra ricavi e costi monetari di esercizio. Alternativamente il cash flow può essere calcolato sommando all'utile (o alla perdita) di esercizio l'ammontare dei costi non monetari e sottraendovi l'ammontare dei ricavi non monetari.

Se il cash flow è positivo (incremento), esso rappresenta la disponibilità finanziaria ottenuta dall'impresa nel periodo di gestione, ed è definito cash inflow. Quando il cash flow è negativo (decremento), viene definito cash outflow ed indica che nel corso della gestione si è verificata una situazione di assorbimento dei mezzi finanziari.

In figura 24 è schematizzato il sistema di controllo del cash flow di breve periodo (indicato con K) che si origina dai cash inflow connessi ai ricavi, cioè gli Incassi (variabile I), detratti i cash outflow derivati dai costi, cioè i Pagamenti (variabile P). Se il cash flow è positivo, esso rappresenta la disponibilità finanziaria ottenuta dall'impresa nel periodo di gestione. Tale disponibilità di risorse liquide può essere utilizzata, oltre che per far fronte ai debiti a breve, anche per sostituire i beni capitali consumati nel corso della produzione (ammortamenti) o per realizzare investimenti futuri. Se il cash flow è negativo, risulta evidente che nel corso della gestione in esame, si è verificato una situazione di assorbimento di mezzi finanziari.

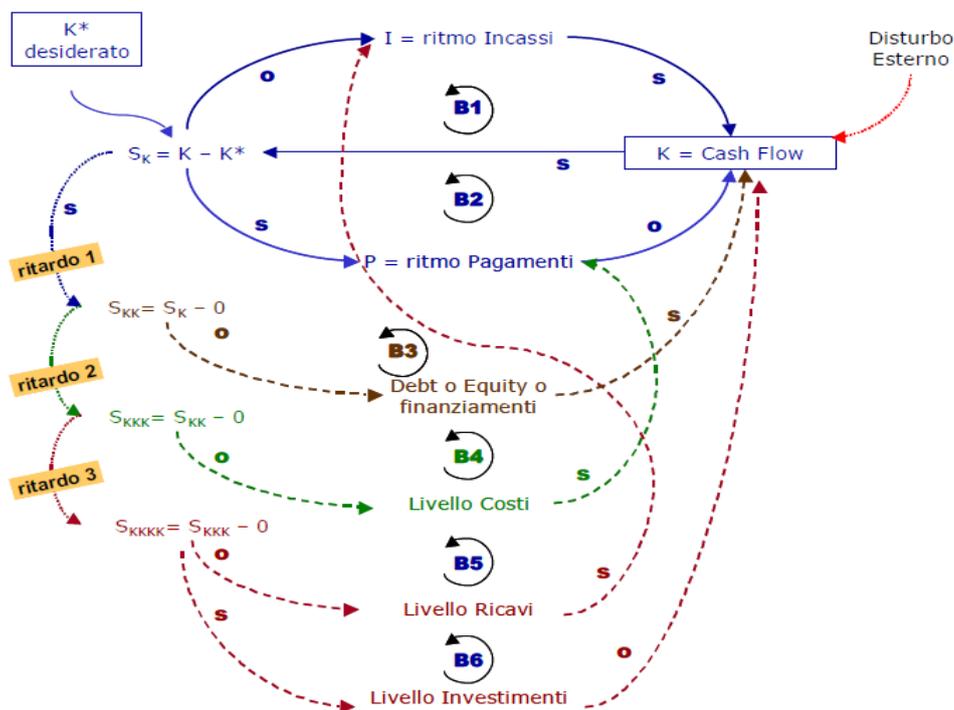


Figura 24: Esempio di applicazione della SD in termini di CLD: *controllo dei cash flow*

Esistono numerosi altri esempi che vedono la costruzione dei CLD e, di conseguenza, l'applicazione della System Dynamics.

Quelli sopra citati servono a comprendere l'importanza che oggi riveste tale tecnica ed ad indirizzare verso la costruzione di uno specifico modello per il trattamento RAEE.

CAPITOLO 4

DEFINIZIONE DI UN MODELLO DI CLD PER IL PROCESSO DI RECUPERO PER IL TRATTAMENTO DEI RAEE

4.1 La situazione attuale del processo di recupero dei RAEE

La continua produzione di apparecchiature elettriche ed elettroniche e il crescente consumismo portano ad un incremento notevole della percentuale di RAEE: crescono con un tasso del 3-5% annuo, tre volte superiore al tasso relativo ai rifiuti normali.

Ogni anno dai nuclei domestici e dalle aziende vengono prodotte 850.000 tonnellate di apparecchi elettrici ed elettronici.

Attualmente tali rifiuti sono smaltiti, per la maggior parte, in discarica o in maniera illecita.

Una quota minima di RAEE viene, invece, riciclata.

La capacità produttiva è alimentata da un crescente utilizzo di materie prime e di risorse umane. L'aumento della capacità produttiva comporta un aumento della produzione di apparecchiature elettriche ed elettroniche, destinate a diventare dei RAEE.

La produzione è influenzata, a sua volta dalla domanda, la cui crescita determina un aumento della produzione. Questo si verifica fino a quando la domanda è minore della capacità produttiva. Una volta divenuti RAEE, questi ultimi vengono smistati in tre canali: lo smaltimento pirata e quello in discarica, con una quota complessiva rilevata pari a circa l'80%, portano, come può intuirsi, ad un peggioramento delle condizioni ambientali, e, nel tempo ad una

conseguente riduzione della capacità di prelievo delle materie prime integre.

In altre parole, si potrebbe dimostrare che l'effetto combinato del continuo utilizzo di materie prime "vergini" e dell'incremento di domanda, nella produzione di AEE, con il non corretto rispetto delle condizioni ambientali attraverso lo smaltimento degli stessi prodotti, ora obsoleti, provocherà un lento ma evidente depauperamento delle materie prime da utilizzare, in termini quantitativi e qualitativi. In tal caso la capacità produttiva diminuirà e con essa la produzione di apparecchiature elettriche ed elettroniche, comportando, altresì, un decremento della soddisfazione del cliente e contestualmente della domanda. Il riciclaggio, con una percentuale che si considera del 20%, comporterebbe un reintegro di materie prime e un conseguente aumento della produttività di apparecchiature elettriche ed elettroniche, volte a soddisfare la sempre maggiore richiesta dei consumatori.

Prendendo atto che le risorse naturali non sono illimitate e non possono supportare all'infinito la nostra corsa al consumo, è opportuno valutare gli interventi da poter effettuare su tale processo nel breve-medio termine e nel medio-lungo termine. Potremo pensare di sfruttare quelli che sono dei veri e propri giacimenti di materie prime seconde, risparmiare un pò di energia ma, soprattutto, evitare di danneggiare l'ambiente ancor più di quanto abbiamo fatto finora.

Di seguito si riporta il CLD (figura 25) della situazione attuale sopra descritta.

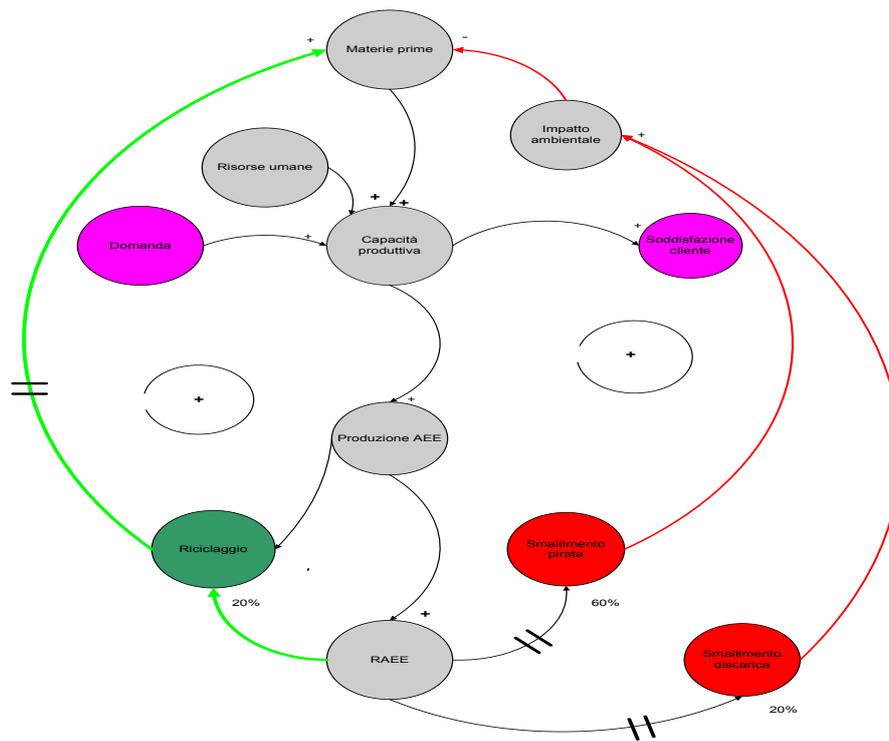


Figura 25 : CLD del processo di trattamento *attuale*

4.2 Interventi nel breve - medio periodo

Quando parliamo di interventi nel breve-medio termine intendiamo interventi che consistono nella gestione della logistica inversa, capace di garantire una corretta distribuzione dei centri di raccolta RAEE.

Da alcuni anni, precisamente dal 25 Luglio 2005, la legge vieta lo smaltimento dei rifiuti elettronici RAEE in normali discariche, e

prevede che questi particolari rifiuti debbano essere raccolti ed accumulati in punti di accumulo specifici. Prima di essere accumulati, i rifiuti elettronici devono essere raccolti in appositi eco box distribuiti alle aziende da coloro che effettuano il servizio di raccolta. Questi eco box vengono poi ritirati e portati in uno stabilimento dove avviene la "messa in sicurezza" dei rifiuti che consiste nel rendere l'apparecchiatura elettronica innocua all'ambiente.

Secondo l'articolo 6 del D.Lgs. 151/2005, l'Italia avrebbe dovuto raggiungere entro il 31 dicembre 2008, "un tasso di raccolta separata dei RAEE provenienti dai nuclei domestici pari ad almeno 4 kg in media per abitante all'anno". La partenza ritardata dell'operatività di raccolta dei RAEE e il passaggio di testimone dai comuni ai produttori ha rallentato il raggiungimento di questo risultato. Nei primi tre mesi del 2010, Ecodom ha raccolto in tutta Italia circa 18.300 tonnellate tra frigoriferi, condizionatori, scaldacqua, lavatrici, lavastoviglie, forni e cappe da cui ha ricavato e riciclato 11.977 tonnellate di ferro, 339 tonnellate di rame, 588 tonnellate di alluminio e 1.520 tonnellate di plastica.

Grazie a questo processo circa 332.000 tonnellate di CO₂ non sono state immesse nell'atmosfera e si è inoltre evitata la dispersione di una significativa quantità di gas.

Questi sono i dati che emergono da un'analisi condotta dal Consorzio Italiano di Recupero e Riciclaggio degli Elettrodomestici (Ecodom) che già nel 2009 aveva raccolto in tutta Italia circa 76.200 tonnellate di RAEE.

Sempre secondo questi dati, utilizzare le materie prime (ferro, alluminio, rame e plastica) ottenute dal riciclo di 18.300 tonnellate di elettrodomestici comporta inoltre un risparmio energetico di circa

37.441.000 di kWh rispetto a quanto occorrerebbe per ottenere le stesse quantità di materie prime “vergini”. Tra tutte le 20 regioni italiane la Lombardia sembra essere quella più virtuosa con 3.008 tonnellate di Raee trattate, pari a 6.121.000 kWh di energia risparmiata e 56.300 tonnellate di anidride carbonica evitate. Seguono Piemonte, con 2.187 tonnellate di Raee trattate, ed Emilia Romagna, 2.123 tonnellate. Mentre le Regioni che hanno ottenuto i risultati peggiori nella raccolta dei Raee sono l'Abruzzo (275 tonnellate), la Basilicata (64 tonnellate) e infine il Molise (40 tonnellate). Come è possibile visualizzare dal secondo CLD (figura 26) costruito, di seguito riportato, la raccolta porta alla riduzione dello smaltimento pirata e di quello in discarica, con un impatto minore sull'ambiente e con un aumento del riciclaggio. Questo ha come conseguenza un minore sfruttamento delle materie prime e una maggiore produzione di apparecchiature elettriche ed elettroniche.

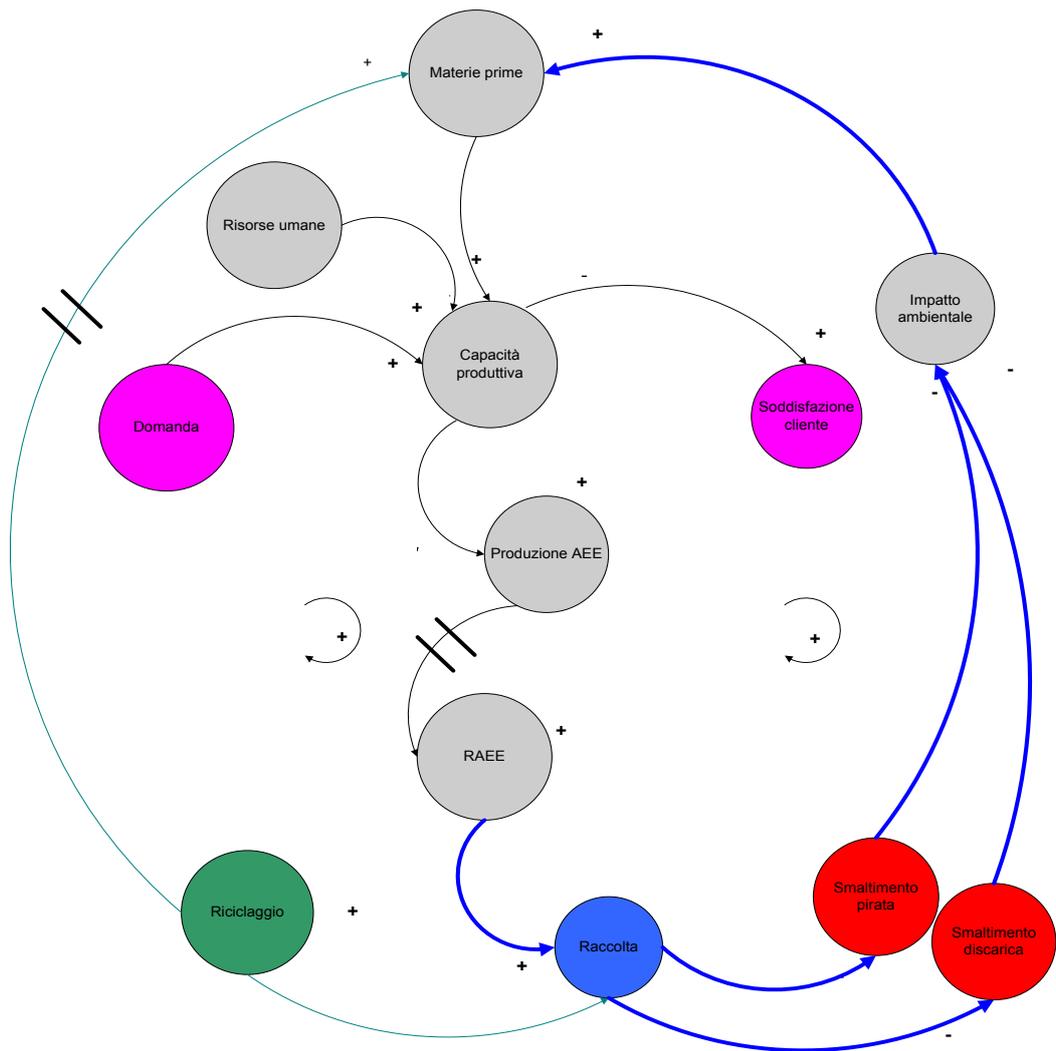


Figura 26: *CLD del processo di trattamento nel breve-medio termine*

4.3 Interventi nel medio-lungo periodo

Quando parliamo di interventi di medio-lungo periodo relativi al processo di trattamento dei RAEE, parliamo di interventi non soltanto tesi a migliorare la situazione vigente ma volti ad intervenire sulla completa gestione dei RAEE, attraverso le diverse attività di reverse logistics.

Il maggiore valore aggiunto dei materiali, unito ad una più consapevole coscienza ambientale dei consumatori, spinge verso il “recupero” dei materiali e delle energie produttive.

Di seguito riportiamo il CLD (figura 27) relativo al medio-lungo periodo, in cui si focalizza l’attenzione sulle tre attività di riparazione, riciclaggio e rifabbricazione e sui ritorni relativi ai RAEE, omettendo la prima parte relativa ai CLD visti precedentemente.

E’ chiaro che tutto ciò che riguarda la fase precedente a quella in cui le apparecchiature elettriche ed elettroniche divengono RAEE continua ad essere valida.

La scelta tra riparazione, riciclaggio e rifabbricazione deve essere dettata, chiaramente, da valutazioni di carattere economico e dalla condizione ed età dei prodotti che vengono recuperati.

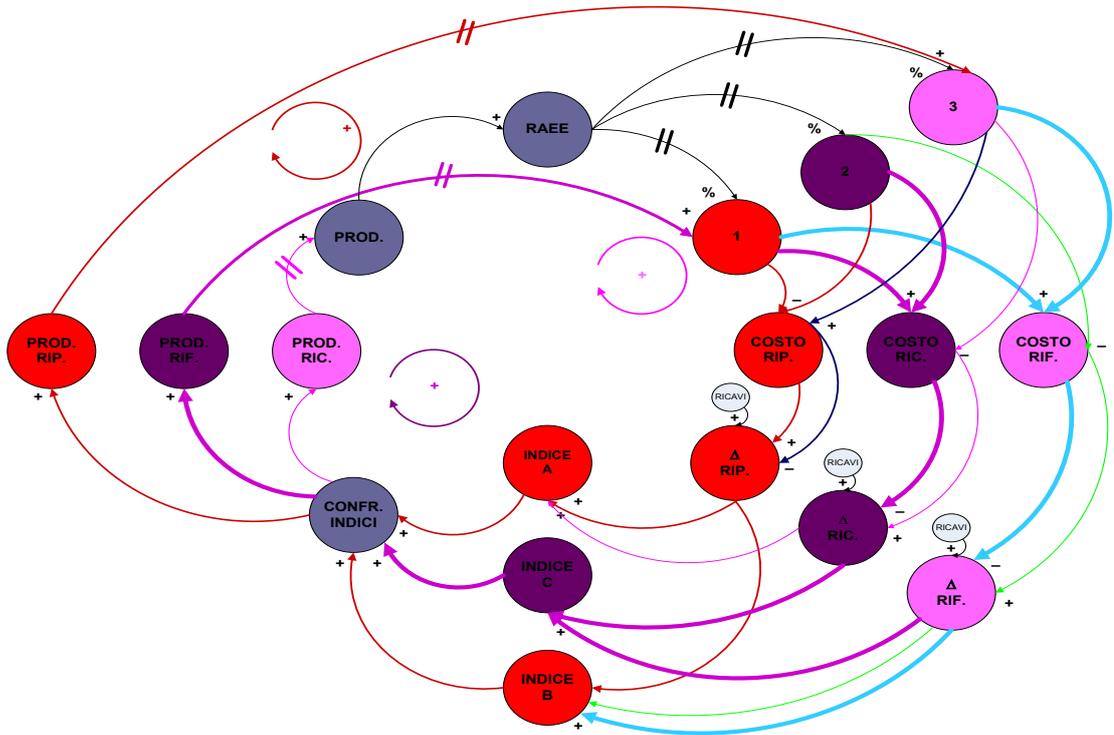


Figura 27: CLD del processo di trattamento nel *medio-lungo termine*

4.3.1 Ipotesi di base

Nel CLD, sopra costruito, si utilizzano una serie di ipotesi alla base del modello.

1. *Suddivisione dei RAEE in 3 categorie*

Sapendo che, ogni prodotto ha una sua vita utile che segue un andamento detto a “vasca da bagno” come riportato nella figura 28, si suddividono i RAEE in tre categorie

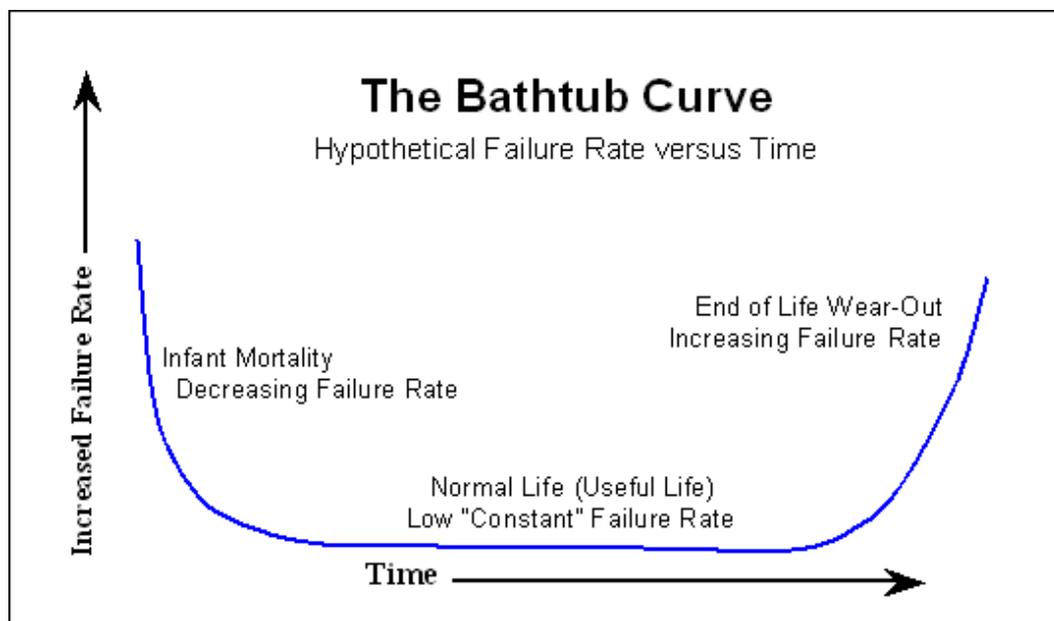


Figura 28 : “Curva a”vasca da bagno” dell’andamento della vita utile di un prodotto

Categoria 1 : prodotti dismessi nella fase di mortalità infantile (< 5 anni).

Categoria 2: prodotti dismessi nella fase di vita utile (5-10 anni).

Categoria 3: prodotti dismessi in fase di usura (>10anni).

4.3.2 Differenza tra ricavi e costi

Si indicano i delta: la differenza tra ricavi (R) e costi (C), relativi a ciascuna attività.

Pertanto

$$\Delta R = R_{\text{riciclaggio}} - C_{\text{riciclaggio}} \quad (5.1)$$

$$\Delta R_{\text{riciclaggio}} = R_{\text{riciclaggio}} - C_{\text{riciclaggio}} \quad (5.2)$$

$$\Delta R_{\text{rifabbricazione}} = R_{\text{rifabbricazione}} - C_{\text{rifabbricazione}} \quad (5.3)$$

4.3.3 Indici di snodo

Si definiscono i seguenti tre indici:

$$A = \Delta R_{\text{riciclaggio}} - \Delta R_{\text{rifabbricazione}} \quad (5.4)$$

$$B = \Delta R_{\text{riciclaggio}} - \Delta R_{\text{vita utile}} \quad (5.5)$$

$$C = \Delta R_{\text{vita utile}} - \Delta R_{\text{rifabbricazione}} \quad (5.6)$$

Il confronto (figura 29) tra indici utilizza il seguente algoritmo:

```
if A>B and A>C
then Prodotti riparati
else
if B>A and B>C
then Prodotti riparati
else
if C>A and C>B
then Prodotti rifabbricati
else
Prodotti riciclati
```

Figura 29: *Algoritmo per il confronto tra indici*

% categorie

$$A = \frac{A}{A+B+C}; \quad (5.7)$$

$$B = \frac{B}{A+B+C}; \quad (5.8)$$

$$C = \frac{C}{A+B+C} \quad (5.9)$$

Tali valori percentuali consentono la valutazione dell'incremento (rispetto ad una base preesistente), delle quantità percentuali di ciascuna delle tre diverse categorie di prodotti dismessi.

Incremento ottenuto mediante il reintegro sul mercato dei prodotti dismessi e processati secondo l'attività di RevLog ritenuta più consona e adatta, in seguito ad un'analisi economica, e quindi scelta proprio in seguito al confronto degli indici di snodo.

4.3.4 Effetti sui costi

Descritte le ipotesi utilizzate, analizziamo gli effetti che tali categorie hanno sugli eventuali costi da sostenere.

Una volta smistati, i RAEE vengono indirizzati verso i tre potenziali canali della reverse logistics: riparazione, rifabbricazione e riciclaggio.

I prodotti che appartengono alla categoria 1 influenzano in modo negativo i costi di riparazione, provocandone una diminuzione e comportando un aumento dei costi di riciclaggio e rifabbricazione. Ciò comporta un aumento del Δ di riparazione e una diminuzione dei Δ di riciclaggio e rifabbricazione.

Il Δ di riparazione e quello di riciclaggio vengono confrontati nell'indice A (eq. 5.4), che verrà poi, tramite l'algoritmo visto precedentemente, messo a confronto con gli altri due indici. Presentando un valore più elevato rispetto agli altri due indici, si avrà un aumento dei prodotti riparati e conseguentemente dei prodotti dismessi nella fase di usura.

I prodotti che appartengono alla categoria 2 provocano, invece, una diminuzione dei costi di riparazione poiché sono prodotti che hanno assolto alla funzione per cui erano stati progettati e potrebbero potenzialmente essere costituiti ancora da componenti in buone condizioni. In caso contrario, comportano anche una riduzione dei costi di riciclaggio. Nel confronto tra gli indici di snodo prevale l'indice C (eq. 5.6) e, di conseguenza, aumentano i prodotti di categoria 1 con ritardo.

I prodotti che appartengono alla categoria 3, invece, prevedono una diminuzione dei costi di riciclaggio, essendo prodotti che hanno terminato il loro ciclo di vita nella fase di usura, e, dei costi di riparazione. L'aumento dei prodotti riciclati farà aumentare con ritardo la produttività.

Di seguito si riporta, in dettaglio, l'analisi numerica qualitativa, relativa al CLD, appena descritto.

4.4 Analisi numerica

Sulla base di tale modello si procede nella seguente analisi qualitativa, ipotizzando per le tre categorie di prodotti, le seguenti quantità:

categoria 1 x ;

categoria 2 y ;

categoria 3 z ;

Per quanto riguarda i costi e ricavi, invece, risultano necessarie altre ipotesi.

4.4.1 Costi e ricavi di riparazione

Si ipotizza che i costi di riparazione si raddoppino e si triplichino con l'avanzare della vita utile del componente:

Crip1= costi di riparazione dei prodotti dismessi appartenenti alla categoria 1;

Crip2= costi di riparazione dei prodotti dismessi appartenenti alla categoria 2;

Crip3= costi di riparazione dei prodotti dismessi appartenenti alla categoria 3.

Risultando:

$Crip2=2 Crip1$

$Crip3= 3 Crip1$

I ricavi si calcolano come somma dei costi e del 50-70% di questi ultimi.

$Rrip_j =$ costi di riparazione dei prodotti dismessi appartenenti alla categoria j ($j=1,2,3$)

$$Rrip_1 = Crip_1 + 0.7 Crip_1 \quad (5.10)$$

$$Rrip_2 = Crip_2 + 0.7 Crip_2 \quad (5.11)$$

$$Rrip_3 = Crip_3 + 0.5 Crip_3 \quad (5.12)$$

4.4.2 Costi e ricavi di rifabbricazione

Tali costi e ricavi possono essere desunti dagli annunci relativi al mercato secondario degli AEE e confrontati con i costi relativi ai vari componenti. Così come per i costi di riparazione, questi si raddoppiano e triplicano rispettivamente nella categoria 2 e 3, rispetto a quelli di categoria 1.

$Crif_1 =$ costi di rifabbricazione dei prodotti dismessi appartenenti alla categoria j ($j=1,2,3$)

$$Crif_2 = 2 Crif_1 \quad (5.13)$$

$$Crif_3 = 3 Crif_1 \quad (5.14)$$

$Rrif_j =$ costi di riparazione dei prodotti dismessi appartenenti alla categoria j ($j=1,2,3$)

4.4.3 Costi e ricavi di riciclaggio

Per quanto riguarda il riciclaggio, si consideri l'elemento che è maggiormente presente in una lavatrice, il ferro.

Conoscendo il prezzo del ferro al kg (fe_j ; $j=1,2,3$) e il peso di una lavatrice che si attesta intorno ai 65,4 kg, si considera che di questi 45 kg siano di ferro.

Per la categoria 1, si moltiplica il prezzo unitario per i kg effettivi di ferro di una lavatrice per il numero di prodotti (x).

Per la categoria 2 (y) e 3 (z) sono stati considerati dei costi via via inferiori dal momento che il costo del ferro decresce all'aumentare del numero dei prodotti e della vita utile dei prodotti.

I ricavi sono stati ricavati dai vari annunci immessi su forum per la vendita di ferro ($Ricfe_j$; $j=1,2,3$)

Categoria 1: x prodotti

$$C o s t a R i p 1 = C r i p 1 * x \quad \text{€} \quad (5.15)$$

$$R i c a r v a i R i p 1 = [C r i p 1 + 0.7 C r i p 1] * x \quad \text{€} \quad (5.16)$$

$$\Delta R i p a r a e = [C r i p 1 + 0.7 C r i p 1] * x - (C r i p 1 * x) \quad \text{€} \quad (5.17)$$

$$C o s t l i a R g i = (f e 1 * 45 * x) \quad \text{€} \quad (5.18)$$

$$R i c a r v i R g i = (R i c f e 1 * 45 * x) \quad \text{€} \quad (5.19)$$

$$\Delta R i c i c l o = (R i c f e 1 * 45 * x) - (f e 1 * 45 * x) \quad \text{€} \quad (5.20)$$

$$C o s t i r R i c i = C r i f 1 * x \quad \text{€} \quad (5.21)$$

$$R i c d v i R i c i = R r i f 1 * x \quad \text{€} \quad (5.22)$$

$$\Delta R i f a b i b o = R r i f 1 * x - C r i f 1 * x \quad \text{€} \quad (5.23)$$

$$A = \Delta R i p e - \Delta R r i o = [[C r i p 1 + 0.7 C r i p 1] * x - (C r i p 1 * x)] - [(R i c f e 1 * 45 * x) - (f e 1 * 45 * x)] \quad \text{€} \quad (5.24)$$

$$B = \Delta R \quad i \quad p - \Delta R \quad ni \quad fa \quad ai = [[Crip1+0.7Crip1]*x-(Crip1*x)] - [Rrif1*x-Crif1*x] \quad \text{€} \quad (5.25)$$

$$C = \Delta R \quad i \quad f \quad ai - \Delta R \quad nbi \quad e = [Rrif1*x-Crif1*x] - [(Ricfe1*45*x)-(fe1*45*x)] \quad \text{€} \quad (5.26)$$

Le seguenti quantità percentuali:

$$A = \frac{A}{A+B+C} = \mathbf{A} \text{ rientreranno sul mercato incrementando la categoria 3} \quad (5.27)$$

$$B = \frac{B}{A+B+C} = \mathbf{B} \text{ rientreranno sul mercato incrementando la categoria 1} \quad (5.28)$$

$$C = \frac{C}{A+B+C} = \mathbf{C} \text{ rientreranno sul mercato incrementando la categoria 3} \quad (5.29)$$

Categoria 2 : y prodotti

$$C \quad o \quad s \quad t \quad a \quad R \quad i \quad i \quad p \quad (2 \quad Crip1 \quad *y) \quad \text{€} \quad (5.30)$$

$$R \quad i \quad c \quad a \quad r \quad v \quad a \quad i \quad R \quad i \quad [Crip2+0.7 \quad Crip2]*y \quad \text{€} \quad (5.31)$$

$$\Delta R \quad i \quad p \quad a \quad a \quad z \quad i \quad [Crip2+0.7 \quad Crip2]*y - (2 \quad Crip1 \quad *y) \quad \text{€} \quad (5.32)$$

$$C \quad o \quad s \quad t \quad l \quad i \quad a \quad R \quad i \quad g \quad (fe2^*45 \quad *y) \quad \text{€} \quad (5.33)$$

$$R \quad i \quad c \quad a \quad c \quad v \quad l \quad i \quad a \quad R \quad i \quad g \quad (Ric \quad fe2*45*y) \quad \text{€} \quad (5.34)$$

$$\Delta R \quad i \quad c \quad i \quad c \quad b \quad a \quad e \quad (Ric \quad fe2*45*y) - (fe2^*45 \quad *y) \quad \text{€} \quad (5.10)$$

$$C \quad o \quad s \quad b \quad i \quad r \quad R \quad i \quad c \quad i \quad 2 \quad Crif1*y \quad \text{€} \quad (5.35)$$

$$R \quad i \quad c \quad a \quad b \quad v \quad b \quad i \quad R \quad i \quad e \quad R \quad r \quad i \quad f \quad 2*y \quad \text{€} \quad (5.36)$$

$$\Delta R \quad i \quad f \quad a \quad b \quad i \quad b \quad o \quad R \quad r \quad i \quad f \quad 2*y - 2 \quad Crif1*y \quad \text{€} \quad (5.37)$$

$$A = \Delta R \quad i \quad p e - \Delta R \quad r i \quad \omega = [[\text{Crip2} + 0.7 \text{ Crip2}] * y - (2 \text{ Crip1} * y)] - [(\text{Ric fe2} * 45 * y) - (\text{fe2} * 45 * y)] \quad \text{€} \quad (5.38)$$

$$B = \Delta R \quad i \quad p - \Delta R a \quad i \quad f a a i = [[\text{Crip2} + 0.7 \text{ Crip2}] * y - (2 \text{ Crip1} * y)] - [\text{Rrif2} * y - 2 \text{ Crif1} * y] \quad \text{€} \quad (5.39)$$

$$C = \Delta R \text{ifabbricazione} - \Delta R \text{iciclaggio} = [\text{Rrif2} * y - 2 \text{ Crif1} * y] - [(\text{Ric fe2} * 45 * y) - (\text{fe2} * 45 * y)] \quad (5.40)$$

Le seguenti quantità percentuali:

$$A = \frac{A}{A+B+C} = \mathbf{A} \text{ rientreranno sul mercato incrementando la categoria 3} \quad (5.41)$$

$$B = \frac{B}{A+B+C} = \mathbf{B} \text{ rientreranno sul mercato incrementando la categoria 1} \quad (5.42)$$

$$C = \frac{C}{A+B+C} = \mathbf{C} \text{ rientreranno sul mercato incrementando la categoria 1} \quad (5.43)$$

Categoria 3: z prodotti

$$C o s t a R i i \omega z * 3 \text{ Crip1} \quad \text{€} \quad (5.44)$$

$$R i c a r v a i R \neq [\text{Crip3} + 0.5 \text{ Crip3}] * z \quad \text{€} \quad (5.45)$$

$$\Delta R i p a r a \omega = [\text{Crip3} + 0.5 \text{ Crip3}] * z - z * 3 \text{ Crip1} \quad \text{€} \quad (5.46)$$

$$C o s t \omega R g (\text{fe3} * 45 * z) \quad \text{€} \quad (5.47)$$

$$R i c a c v l i a R g (\text{Ric fe3} * 45 * z) \quad \text{€} \quad (5.48)$$

$$\Delta R i c i c b a \neq (\text{Ric fe3} * 45 * z) - (\text{fe3} * 45 * z) \quad \text{€} \quad (5.49)$$

$$C = \Delta R \text{ i f a b i b o } \neq 1 \text{ Rrif3}^*z - 3 \text{ Crif1}^*z \quad \text{€} \quad (5.50)$$

$$R = \Delta R \text{ i c b b i r R e } \neq \text{ Rrif3}^*z \quad \text{€} \quad (5.51)$$

$$\Delta R \text{ i f a b i b o } \neq 1 \text{ Rrif3}^*z - 3 \text{ Crif1}^*z \quad \text{€} \quad (5.52)$$

$$A = \Delta R \text{ i p e } - \Delta R \text{ r i } \omega = [[\text{Crip3}+0.5 \text{ Crip3}]^*z - z^*3 \text{ Crip1}] - [(\text{Ric fe3}^*45^*z) - (\text{fe3}^*45^*z)] \quad \text{€} \quad (5.53)$$

$$B = \Delta R \text{ i p e } - \Delta R \text{ r i a f z } \alpha z i = [[\text{Crip3}+0.5 \text{ Crip3}]^*z - z^*3 \text{ Crip1}] - [\text{Rrif3}^*z - 3 \text{ Crif1}^*z] \quad \text{€} \quad (5.54)$$

$$C = \Delta R \text{ i f a i } - \Delta R \text{ b n b } \alpha \neq 1 [\text{Rrif3}^*z - 3 \text{ Crif1}^*z] - [(\text{Ric fe3}^*45^*z) - (\text{fe3}^*45^*z)] \quad \text{€} \quad (5.55)$$

Le seguenti quantità percentuali:

$$A = \frac{A}{A+B+C} = \mathbf{A} \text{ rientreranno sul mercato incrementando la categoria 3} \quad (5.56)$$

$$B = \frac{B}{A+B+C} = \mathbf{B} \text{ rientreranno sul mercato incrementando la categoria 3} \quad (5.57)$$

$$C = \frac{C}{A+B+C} = \mathbf{C} \text{ rientreranno sul mercato incrementando la categoria 1} \quad (5.58)$$

4.5 L'applicazione teorica della tecnologia RFID

Abbiamo visto nei tre CLD precedenti la situazione attuale, quella relativa ad interventi di breve-medio termine e quella un po' più articolata relativa agli interventi nel medio-lungo termine. Di seguito si vuole invece proporre un'alternativa innovativa, che preveda l'utilizzo dell'RFID-Radio Frequency Identification- nel processo di trattamento dei RAEE.

La tecnologia RFID consente di identificare e seguire un prodotto attraverso tutte le fasi di produzione, trasformazione e distribuzione.

Consente di risalire alla storia del prodotto lungo tutto il suo ciclo di vita, in maniera affidabile, rapida e precisa.

4.5.1 Le ipotesi iniziali

Quando parliamo di RFID all'interno del processo di trattamento di RAEE, ci riferiamo ad un tema di forte interesse, che può essere inquadrato all'interno della Reverse Logistics, collegato con l'esigenza di garantire che la forte crescita nella domanda di beni, si accompagni ad un maggiore controllo nella fase di smaltimento dei prodotti. Tale controllo è finalizzato alla riduzione delle quantità da smaltire, promuovendone il reimpiego, il riciclaggio e altre forme di recupero.

Prolungare in questo modo la vita utile dei prodotti o dei loro componenti consente anche di preservare le risorse naturali ottimizzando il loro impiego nel tempo.

L'RFID può permetterci di migliorare tale processo consentendo la rintracciabilità e la tracciabilità completa dei prodotti. Grazie ad un sistema RFID sarà possibile incrementare il volume dei prodotti recuperati, ridurre le quantità di sostanze tossiche rilasciate

nell'ambiente e semplificare le operazioni di disassemblaggio dei prodotti.

Attraverso tale modello e sulla base dei case studies, si vuole far evincere che oggi, i tag RFID possono essere applicati anche su un processo che risulta complesso come quello del trattamento dei RAEE.

CAPITOLO 5

LA TECNOLOGIA RFID: POTENZIALITA' D'IMPIEGO E POSSIBILI SVILUPPI NELLA SUPPLY CHAIN

5.1 Tracciabilità e Rintracciabilità

La logica su cui si basano i concetti di tracciabilità e rintracciabilità è quella della raccolta ordinata di informazioni nell'espletamento dei processi che portano alla realizzazione del prodotto o del servizio al fine di poterlo ripercorrere all'indietro in caso di necessità.

Comunemente in letteratura, si intende per tracciabilità quel processo volto a tenere traccia di tutti gli elementi in ingresso che, in un modo o nell'altro, vanno a costituire un prodotto o un servizio.

La tracciabilità, cioè, richiede che vengano registrati tipo, quantità e localizzazione dei materiali e tempi che contribuiscono alla formazione del prodotto; tutto ciò è possibile solo grazie ad un attento e adeguato controllo dei flussi dei materiali, che permette, in ogni momento, di conoscere:

- che cosa
- quanto
- dove
- quando

Per rintracciabilità, si intende invece il processo inverso, ovvero quello che risale indietro nella catena costituente (anche per ricercare l'evento che ha scatenato la deviazione da ciò che era atteso: meglio nota come non conformità).

Volendo sintetizzare i concetti, si potrebbe dire che :

□ Il termine tracciabilità (*tracking*) indica il processo di identificazione documentata e mantenimento delle informazioni relative al prodotto nel percorso che esso compie da monte a valle della filiera: la capacità di ricostruire la storia e di seguire l'utilizzo di un prodotto mediante identificazioni documentate relativamente ai flussi materiali ed agli operatori di filiera.

□ Il termine rintracciabilità (*tracing*) indica la possibilità di ricostruire all'indietro, da valle a monte, il percorso di un prodotto e pervenire alle informazioni inerenti le fasi della distribuzione, della trasformazione e della produzione.

E' possibile inoltre distinguere tra:

Tracciabilità/Rintracciabilità interna: permette la riconducibilità dei componenti al prodotto finito (e viceversa) e la capacità di ricostruire i passaggi interni al perimetro aziendale

Tracciabilità/Rintracciabilità esterna: orientata all'individuazione delle responsabilità dei diversi attori della filiera tramite la registrazione dei soli

trasferimenti di merce. Vi è passaggio di responsabilità nella tracciabilità

qualora vi sia il passaggio di merce.

Fasi della rintracciabilità

Analizzando la definizione di rintracciabilità è possibile individuare tre parole chiave che forniscono l'essenza del concetto di rintracciabilità:

- *ricostruire*;
- *seguire*;
- *identificare*.

Si tratta infatti di un processo di reperimento di informazioni relative ai prodotti industriali, che va strutturato in una serie di fasi fondamentali, ciascuna delle quali è funzionale alla realizzazione delle successive. Tali fasi consentono prima di risalire il corso delle operazioni che le varie parti hanno attraversato (*procedimento "bottom-up"*), per poi, quando necessario, ripercorrere le fasi stesse al contrario in modo da poter andare a recuperare (dallo stabilimento o dal mercato) i prodotti sui quali si vogliono compiere analisi e/o azioni correttive (*procedimento "top-down"*).

In definitiva, si possono distinguere all'interno del processo di rintracciabilità le seguenti fasi in successione :

1. *Identificazione delle parti;*
2. *Registrazione delle informazioni;*
3. *Conservazione delle informazioni;*
4. *Interrogazione del sistema informativo;*
5. *Attuazione di interventi correttivi.*

Ovviamente, ciascuna di queste operazioni andrà realizzata da ciascuna azienda, anche in maniera diversa, secondo le modalità più convenienti relativamente al tipo di processo e di prodotto che la caratterizzano.

Come già detto, il processo di rintracciabilità percorre tutta la vita del prodotto, dalla produzione dei componenti all'utilizzo dei prodotti, coinvolgendo quindi i sistemi informativi di subfornitori, produttori e clienti: è noto che la realizzazione di un qualsiasi progetto, compreso quello di implementazione di un sistema di rintracciabilità, necessita di una preliminare analisi di fattibilità, volta a determinare la convenienza di una sua eventuale messa in opera.

Il criterio di individuazione, che costituisce il nucleo dell'analisi, deve tener conto di tutti i fattori in gioco ed, in particolare, di quelli che sono stati indicati come motivi per i quali bisogna introdurre la rintracciabilità all'interno dell'azienda.

Una volta individuato “cosa” rintracciare si deve definire “come” rintracciare; ciò è possibile mediante l'identificazione, che costituisce una fase assolutamente necessaria allo svolgimento delle successive. L'identificazione dei materiali, della loro posizione e del loro stato deve essere effettuata mediante un sistema che consenta la comunicazione diretta fra materiale e sistema informatico.

Direzioni della rintracciabilità

Il requisito di rintracciabilità interviene in una molteplicità di casi, ossia ogni qualvolta si vogliono ottenere informazioni relative alla storia di un prodotto, informazioni atte a ricercare dati relativi a quel prodotto specifico, ovvero informazioni necessarie a risalire ai prodotti che, in quanto fabbricati con le stesse modalità di quello in esame, potrebbero presentare le stesse caratteristiche e, in particolare, le stesse eventuali non conformità, o ancora informazioni di diverso genere, utili al cliente o al produttore come supporto per una serie di analisi ed operazioni.

In generale il processo di rintracciabilità deve avvenire secondo tre diverse dimensioni, ciascuna delle quali deve coprire tutte le possibilità. Dalle possibili combinazioni di questi tre fattori si ottengono tutti gli obiettivi che il processo deve essere in grado di centrare.

Si hanno dunque tre direzioni lungo le quali il processo deve intervenire e sono:

1. *Quantità di prodotti da rintracciare;*

2. *Oggetto dell'interrogazione* (azienda responsabile della difettosità per la quale è intervenuto il processo);
3. *Localizzazione dei prodotti da rintracciare.*

Vediamo il significato di ciascuna di queste direzioni, e vediamo i valori che si possono trovare su di esse, analizzando dunque nel dettaglio gli obiettivi da perseguire in ciascuno dei casi che si presentano dalla combinazione di questi tre fattori (figura 30) :

1. Si è detto che, in relazione al tipo di non conformità che viene rilevata sui prodotti, si possono avere differenti azioni correttive. A seconda dell'azione prevista per un determinato guasto sarà necessario risalire alle informazioni relative ad un determinato numero di prodotti identificati singolarmente, ovvero all'insieme di prodotti contenenti i componenti che formano un certo lotto, o ancora a tutti i prodotti con un certo codice, cioè realizzati secondo lo stesso progetto.

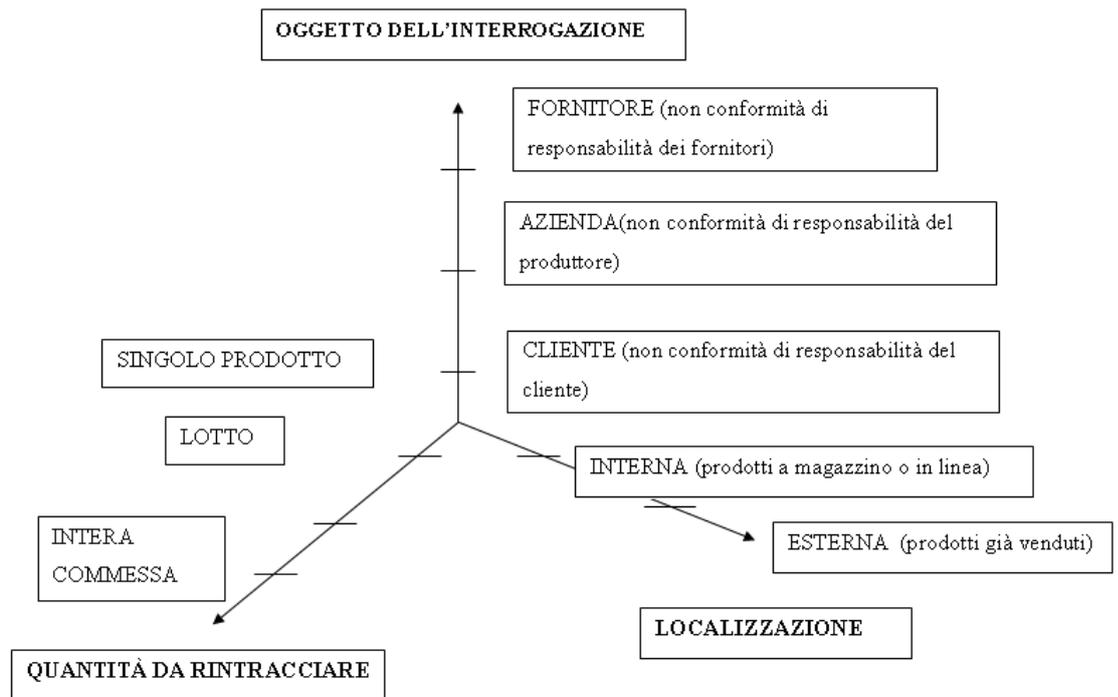


Figura 30 : Gli *obiettivi* della rintracciabilità

2. La maggior parte delle volte il processo di rintracciabilità può essere motivato dalla rilevazione di una difettosità (individuando per ciascuna di esse una opportuna responsabilità) di cui può essere responsabile un fornitore, la stessa azienda ovvero un acquirente intermedio o un utente finale. Il sistema da interrogare in merito alle parti difettose dovrà essere proprio quello cui è delegata la gestione delle informazioni relative alla parte difettosa, per cui potrà trattarsi del sistema informativo del produttore, del fornitore o del cliente, a seconda della responsabilità dell'anomalia.

3. Nel momento in cui il processo è stato innescato, ed è partito mediante un'analisi a ritroso della storia del prodotto "incriminato", fermandosi all'analisi di quanto accaduto presso l'azienda produttrice o risalendo addirittura alla storia delle parti presso i

subfornitori, nella maggior parte dei casi, esso, una volta che si è risaliti alle informazioni necessarie, riparte nella direzione opposta; va infatti a determinare quali sono, e dove sono, i prodotti che vanno controllati ed eventualmente corretti, in quanto, nell'essere omogenei a quello in questione relativamente alla parte o alla fase produttiva che si è dimostrata difettosa, sono potenzialmente non conformi. Potrà a questo punto accadere, a seconda del momento in cui il difetto è stato rilevato, e quindi del soggetto che ha operato la rilevazione, che i prodotti da tenere sotto controllo siano già stati messi in campo, ovvero che essi si trovino ancora all'interno dello stabilimento, in una delle possibili aree (magazzino, deposito interoperazionale, linea, area di collaudo), ed in una delle possibili forme (allo stato grezzo o già assemblati sul prodotto finito). Il sistema di rintracciabilità dovrà essere in grado di reperire in qualsiasi momento una parte per la quale sia prevista tale possibilità, ovunque essa si trovi, e viceversa, data una certa entità, dovrà essere in grado di fornire tutte le informazioni previste relativamente ad essa.

Insomma la rintracciabilità si può presentare in vari modi, ciascuno derivante da una combinazione dei livelli che si hanno lungo le tre direzioni; dette N_x , N_y , N_z le numerosità dei campi di valori che si possono avere nelle tre direzioni, il processo potrà avvenire in $N_x \cdot N_y \cdot N_z$ modi differenti.

In conclusione i benefici conseguibili con la rintracciabilità sono i seguenti:

- ✓ Risparmio mano d'opera per addetti al controllo;

- ✓ Risparmio mano d'opera per carichi di lavoro extra generati dagli errori;
- ✓ Maggior soddisfazione del cliente;
- ✓ Controllo più attendibile e frequente delle rese;
- ✓ Documentazione di tutto il processo produttivo (possibilità di una sua ricostruzione in ogni momento);
- ✓ Coinvolgimento del personale;
- ✓ Migliore organizzazione e gestione dei flussi e delle risorse (possibile riduzione di tempi e di costi);
- ✓ Possibilità d'introduzione, quando lo si consideri conveniente, nell'offerta, di prodotti certificati (vantaggio d'immagine, ma anche accesso a nicchie di mercato).

Mentre le principali difficoltà nell'implementazione della rintracciabilità sono:

- ✓ Onerosità degli interventi d'adeguamento;
- ✓ Costi fissi di certificazione;
- ✓ Scarsa fiducia, verso tali strutture, da parte degli imprenditori;
- ✓ Preparazione inadeguata del personale.

5.2 La tracciabilità di filiera

Dall'accostamento dei due termini usati, tracciabilità-rintracciabilità, risiede l'innovazione dell'espressione "tracciabilità di filiera", intendendo quindi tracciabilità-rintracciabilità di filiera: tracciabilità estesa a tutte le fasi di produzione, trasformazione e distribuzione.

Da qualunque punto della filiera è possibile risalire verso monte e scendere verso valle relativamente al cammino compiuto da un

prodotto. Richiede la condivisione di dati ed informazioni tra gli attori della filiera, la gestione effettuata da terze parti nonché l'uso di protocolli e standard comuni.

Di tracciabilità, infatti, se ne parla nelle norme ISO 9000 (la norma ISO 9000 definisce la tracciabilità come «la capacità di ritrovare la storia, l'utilizzazione o la localizzazione di una entità a mezzo di identificazioni registrate»), ma secondo una logica puramente aziendale che esaurisce i suoi effetti a livello dei fornitori e dei clienti dell'azienda.

Il concetto presentato dalla “tracciabilità di filiera”, invece, si basa sull'ipotesi che il controllo della filiera (o di una parte di essa) sia credibile solo se tracciabile, cioè documentabile.

La tracciabilità di filiera propone il più completo coinvolgimento delle vere responsabilità ed un modello di integrazione tra le aziende che la compongono. Essenziale ai fini della tracciabilità, è quindi il nome delle aziende che partecipano alla produzione e che ne hanno pertanto la responsabilità.

In base alle definizioni sopra citate, il controllo della filiera diventa credibile solo se tracciabile, in pratica documentabile ed esteso a tutta la filiera produttiva, quindi diventa l'elemento indispensabile della filiera e dell'insieme delle aziende che contribuiscono alla realizzazione del prodotto.

La tracciabilità deve essere riferita ad ogni singola porzione di prodotto, e deve consentire di risalire ad ogni azienda che ha avuto un ruolo nella formazione di tale porzione.

I benefici derivanti dall'applicazione di tale processo sono individuabili sia in termini di tracciabilità di filiera o volontaria, traducendosi in :

- disponibilità immediata delle informazioni riguardanti la filiera e semplificazione dei controlli
- possibilità di differenziarsi sul mercato;
- possibilità di garantire la veridicità delle informazioni;
- diminuzione dei costi dell'organizzazione interna della filiera;
- riduzione delle informazioni da registrare poiché presenti nel sistema informativo di filiera;
- agevolazione della scelta dei fornitori e il monitoraggio dei clienti.

sia in termini di tracciabilità di filiera cogente, traducendosi in:

- prevenzione delle frodi;
- adeguamento alla legislazione per le imprese;
- capacità di adottare azioni rapide per ritirare dal commercio prodotti pericolosi e salvaguardare l'immagine aziendale;
- riduzione dei costi per un eventuale ritiro di prodotti dal commercio

Volendo sintetizzare il concetto, si potrebbe dire che ciò che conta veramente è la “tracciabilità delle responsabilità”.

5.3 Opportunità e vincoli per le imprese: l'impatto competitivo della tracciabilità di filiera.

La tracciabilità permette alle aziende di lanciare due messaggi:

- il prodotto non cela alcun mistero dietro la sua produzione;
- l'azienda lo attesta con una formale ammissione di responsabilità.

Questi due messaggi instaurano una relazione rassicurante fra il cliente e il produttore.

La realizzazione di sistemi di tracciabilità rappresenta un fondamentale strumento di

- controllo dei processi
- razionalizzazione dei flussi
- miglioramento dell'efficienza logistica (il sistema di tracciabilità di filiera, si traduce, in un sistema per fare logistica integrata e collaborativa)
- riduzione dei costi

La tracciabilità è infine un importante strumento per la gestione della qualità (Qualità + Sistema di tracciabilità di filiera = Competitività) in quanto permette di seguire il prodotto attraverso tutte le fasi della produzione e, in caso di non conformità del prodotto, di risalire alle cause e di intraprendere azioni correttive.

Permette di:

- individuare con rapidità e sicurezza le cause di non conformità
- risalire ai destinatari di una partita di merce non idonea alla vendita
- ottimizzare il richiamo dei prodotti in caso di necessità

La tracciabilità implica la conservazione di dati lungo tutta la filiera.

Per fare ciò, è necessaria la disponibilità di: dotazioni tecnologiche per codificare, leggere conservare i dati e preparare nel sistema informativo, uno spazio che permetta di inviare, processare e rimandare tali informazioni.

Le chiavi della tracciabilità

- Identificazione

Individuazione univoca di unità logistiche e lotti produttivi che hanno subito lo stesso processo di trasformazione

- Registrazione dati

- Legame con i dati

Legame tra lotti produttivi

Legame tra lotti e unità logistiche

Legame tra unità logistiche

- Comunicazione

Linguaggio comune

Metodo condiviso

I rischi

Le aziende italiane fanno fatica a fare sistema: ciò si traduce in un punto di debolezza.

La mancata applicazione del sistema di tracciabilità implica:

perdere parte del mercato non soddisfacendo le esigenze emergenti: sulla base di benchmark internazionali, i nostri concorrenti europei ed extraeuropei si stanno adeguando per rispondere velocemente ai bisogni

consentire l'invasione di nuovi soggetti stranieri in grado di rispondere alle nuove esigenze (Francia e Spagna hanno già implementato sistemi di rintracciabilità ; inoltre nuovi paesi entranti nella comunità faranno presto ad adeguarsi alle esigenze di mercato perché caratterizzati da alta flessibilità).

ridurre i rapporti con i propri partner (es. GDO) che già da oggi esigono i sistemi di rintracciabilità.

A ciascuna realtà aziendale, infine, sarà dedicato il proprio sistema di tracciabilità:

- Il progetto per la realizzazione di un sistema di rintracciabilità non è standard e difficilmente può essere riapplicato in contesti diversi.
- Ogni filiera dimostra le sue criticità dipendenti dai seguenti aspetti:
 - Lunghezza della filiera (estensione orizzontale)
 - Numerosità della filiera per ciascun anello (estensione verticale)
 - Tipologia di prodotto
 - Relazioni tra soggetti esistenti all'interno della filiera
 - Velocità di attraversamento

5.4 Tecnologia RFID e Rintracciabilità

La *Radio Frequency IDentification* (RFID) è lo strumento della principale rivoluzione gestionale dei prossimi dieci anni: essa è in grado di migliorare l'efficienza aziendale attraverso il *tracking* dei beni fisici dalla produzione sino alla vendita. Grazie alla possibilità di ottenere informazioni in tempo reale direttamente dalla periferia, la RFID è capace di creare valore aggiunto nell'intera Supply Chain, attraverso una migliore organizzazione del processo collaborativo che coinvolge i molteplici anelli della filiera logistica. L'uso della RFID nella Supply Chain (SC) condurrà presto a rivoluzionare il processo con cui i prodotti giungono dalle aziende manifatturiere ai consumatori, attraverso i diversi anelli della filiera logistica. Grazie ad una maggiore capacità di ottenere informazioni ed una nuova visione del lavoro, maggiormente collaborativa tra chi è a monte e chi è valle della catena,

la RFID è in grado di rendere più efficace ed efficiente l'intera filiera, oltre che ridurre i costi di stoccaggio dei prodotti in magazzino.

L'idea base su cui si fonda la RFID è quella di sostituire i codici a barre con dei dispositivi basati su microchip letti da un sistema in radio frequenza, anziché tramite laser. Dato che non è richiesta alcuna *line of sight*, i prodotti possono essere identificati automaticamente e simultaneamente, per esempio dopo il passaggio di un pallet contenente diverse u.d.c. attraverso un portale di ingresso, anziché richiedere che ogni articolo sia letto singolarmente da uno *scanner barcode*. Tutto ciò consente ai rivenditori e ai produttori di accedere ad un'enorme quantità di dati, altamente affidabili ed in tempo reale sul flusso dei prodotti che riguarda le fabbriche ed i magazzini. Il potenziale della RFID è grosso modo illimitato. Ma come altre tecnologie innovative, la RFID presenta una varietà di standard, di hardware, di software e vari modelli di interazione [11].

Scopo principale della tecnologia RFID è di semplificare il processo d'identificazione degli oggetti, e ciò comporta numerosi risvolti positivi, primo fra tutti la possibilità di tracciare (*tracking*) in tempo reale tutte le fasi di vita del prodotto, dalla produzione alla vendita, passando attraverso i diversi anelli della filiera logistica.

È risaputo che oggi molte delle inefficienze della supply chain si originano dalla mancanza di accuratezza dei dati su dove i prodotti risiedono all'interno della catena. I rivenditori possono fornire ai produttori informazioni sul punto vendita, ma senza la conoscenza esatta del loro livello inventariale e delle scorte in transito; quindi questi dati non sono sufficienti per un'accurata pianificazione della domanda [11].

Mentre si registra un aumento della pressione sui produttori, sui distributori e sui rivenditori a massimizzare l'efficienza, minimizzare i costi e fornire valore aggiunto al consumatore finale, le aziende si trovano continuamente ad affrontare le seguenti sfide:

- gestione dei livelli di scorta minimi, rotture di stock e ritardi di consegne;
- informazioni inventariali imprecise;
- riduzione degli errori delle transazioni dei fornitori al di sotto dell'attuale 30%;
- discontinuità dei dati attraverso la supply chain;
- incapacità di rintracciare (*tracing*) i prodotti su richiesta dei fornitori o dei clienti

La tecnologia RFID promette di creare valore aggiunto per il business e per i consumatori, migliorando la visibilità dei processi, dei prodotti, dei mezzi e delle attrezzature che interessano la supply chain. Inoltre rende possibili notevoli benefici per i grossisti ed i rivenditori nello stoccaggio della merce nei magazzini. Ciò è legato al fatto che la RFID consente un controllo continuo ed in tempo reale dei livelli inventariali ed automatizza i processi di approvvigionamento. Infatti consentire controlli completamente automatizzati è l'obiettivo più ambizioso di tale tecnologia, rendendo possibile un'efficienza maggiore in tutti gli anelli della filiera.

Un'applicazione interessante della tecnologia RFID riguarda anche il management delle fasi di rintracciabilità (recupero, disassemblaggio, identificazione, selezione, smistamento ecc.), delle parti di un prodotto finito giunto a fine vita e da ripristinare. Sarà possibile tradurre siffatta gestione nella realizzazione, mediante tecnologia RFID, di un sistema

integrato di controllo e monitoraggio che a prescindere dalla tipologia del processo di recupero scelto (riciclo, rifabbricazione, riutilizzo, riparazione), sia capace di monitorare sempre posizione, tempistica, costi del recupero del prodotto, di organizzare la gestione dei trasporti (scegliendo ad es. tempi e percorsi opportuni), di collegare in rete i soggetti coinvolti nella raccolta: integrando flussi interni, reti di consegna e raccolta (coordinamento col punto di raccolta, coordinamento col produttore), ecc. Mediante la caratterizzazione con un identificativo (su tag RFID) delle diverse parti costituenti il prodotto finito sarà possibile seguire il *tracking* ed il *tracing*, l'intera storia della tracciabilità di filiera, che si traduce nel monitoraggio completo della qualità, eseguendo al recupero a fine vita, un aggiornamento di stato: aggiornando cioè il corredo informativo riportato sul tag rispetto allo stato in cui giace a fine vita il bene da destinare al recupero.

A prescindere dal percorso seguito nella REVLOG (dipendente dal tipo di prodotto e dal tipo di investimento che si vuole perseguire da parte dell'azienda produttrice ed interessata nel recupero), sarà possibile concepire l'aggiornamento del corredo informativo del tag RFID (o l'applicazione *ex novo* del tag RFID) e il conseguente caricamento nel software di gestione ed attivazione del sistema integrato, al ritiro del prodotto presso terzi o presso centri di raccolta piuttosto che al rientro in azienda dove parte il ciclo di rilavorazione in sito o in consociate esterne.

Risulterà pertanto possibile, mediante tale sistema integrato basato sulla tecnologia RFID, la gestione della **logistica di magazzino** (genesì del prodotto/delle parti a partire dalle materie prime, sito d'origine, tempi di trasferimento, tempi di effettivo utilizzo del prodotto, sistema di stoccaggio in magazzino, valutazione scorte, tempo disponibile sulla

linea di produzione, verifica dei tempi di disponibilità, ecc), **del coordinamento con i punti di raccolta** (gestione delle informazioni relative ai beni restituiti, identificazione, selezione dei prodotti recuperabili e riconoscimento di eventuali guasti e/o difetti e conseguente valutazione della possibile recuperabilità, stoccaggio in appositi contenitori o imballaggio e posizionamento su pallet per il trasporto), **della logistica di trasferimento delle informazioni** (gestione di reti LAN, internet, reti private in fibre), **del coordinamento col produttore** (affinchè l'azienda produttrice riceva le giuste quantità da riprocessare al momento opportuno, è necessario che i soggetti siano in continuo contatto e che programmino assieme le attività di raccolta e di trasporto dei prodotti fuori uso. Il rischio maggiore, infatti, è che nei periodi di massima domanda non vi sia un sufficiente numero di pezzi da rifabbricare, costringendo l'azienda ad aumentare le ordinazioni di materiale verso i fornitori, mentre nelle fasi di contrazione del mercato vi sia una tale sovrabbondanza di beni riprocessabili da doverne destinare grosse quantità allo smaltimento, il che spesso comporta costi significativi). Tale sistema integrato potrà gestire inoltre **la tempistica** (monitoraggio della linea di produzione e fermi di produzione: dovuti ad eventi manutentivi critici improvvisi per accadimenti non voluti piuttosto che programmati; disponibilità dei mezzi di trasferimento, scelta dei punti di raccolta e scelta dei percorsi ottimali: modifica degli algoritmi per la ricerca del minimo percorso utilizzando dati statistici come base di lavoro; gestione integrata: risorse umane e macchine) e i **trasporti** (risulta necessario sfruttare al massimo la flotta di mezzi di trasporto già impegnata nella fase di distribuzione: occorre integrare i percorsi di consegna e quelli di raccolta, scegliendo tempi e percorsi opportuni (introduzione dei milk

run); occorre creare il collegamento in rete tra i soggetti coinvolti nella raccolta: è necessaria la comunicazione immediata dell'avvenuta consegna di un determinato prodotto a tutti i partner della REVLOG, rendendo note con precisione le quantità di beni in giacenza in ogni istante nei vari punti di raccolta sparsi sul territorio, rendendo possibile la modifica estemporanea dei percorsi della flotta logistica sulla base di tali dati).

5.5 Cos' è la RFID?

La *Radio Frequency Identification* (RFID) è una tecnologia di identificazione automatica che utilizza onde radio per identificare a distanza singoli oggetti, animali e persone ai quali sono applicati i “tag RFID”. Per esser più precisi essa si basa su di un insieme piuttosto vasto di tecnologie differenti tra di loro e operanti a diverse frequenze, con modalità specifiche che ne rendono possibile l'utilizzo nelle condizioni più diverse. Si colloca nella categoria dei sistemi AIDC (Automatic Identification and Capture).

Tutte queste tecnologie, però, hanno in comune il fatto di essere basate su elementi di riconoscimento (transponder) in grado di trasmettere il contenuto della loro memoria via radio quando sono interrogati da un lettore.

Un impianto RFID completo è costituito da un transponder (*smart tag*) che comunica ad un lettore (*reader*) i dati contenuti nella propria memoria. A sua volta il lettore è collegato a un sistema informativo che provvede al trattamento dell'informazione rilevata e la memorizza in un archivio centralizzato

Negli ultimi anni i sistemi d'identificazione automatica (Auto-ID) sono diventati di uso comune in molti settori terziari: logistica di distribuzione e di acquisto, industria, aziende manifatturiere e sistemi di flusso di materiale. Per questo motivo la tecnologia RFID può essere vista, tra le varie applicazioni possibili, come l'evoluzione del sistema di lettura dei bar-code: uno dei primi sistemi di identificazione automatica, il codice a barre (barcode label), che scatenò una vera e propria rivoluzione in tali sistemi. Questo ultimo, sta diventando inadeguato per moltissime applicazioni, pur essendo estremamente economico: il limite principale è nella scarsa capacità di memorizzazione dei dati e nell'impossibilità di essere riutilizzati.

La soluzione tecnicamente più vantaggiosa sarebbe la memorizzazione dei dati in un chip di silicio.

Le forme più comuni di dispositivi che memorizzano dei dati, nell'uso di tutti i giorni, sono le smart card che necessitano del contatto fisico.

Nonostante questo tipo di applicazione sia di recente concezione, la radio-identificazione esiste da oltre cinquanta anni.

5.6 L'evoluzione storica

Questa tecnologia è nata durante la seconda guerra mondiale in concomitanza con i primi radar (*radio detecting and ranging*, rilevamento radio e misurazione di distanze).

Il principio di funzionamento del radar consiste nell'inviare verso l'oggetto cercato radioonde generalmente modulate a impulsi e nel ricevere le onde riflesse dall'oggetto medesimo (echi radar). Calcolando il tempo di eco, ossia il rimbalzo dell'impulso sulla carlinga dell'aereo, e conoscendo la posizione istantanea della rotazione dell'antenna

ricevente, il sistema di amplificazione permetteva la visualizzazione di un punto sullo schermo, cioè dell'aereo. Il Ministero della Difesa britannico non ritenne completamente soddisfacenti i primi sistemi radar, in quanto non avrebbero dovuto solo avvistare gli aerei nemici, ma anche identificare quelli amici, così da ottenere la situazione in tempo reale delle battaglie aeree.

La Difesa britannica quindi ordinò la progettazione di un sistema IFF - *Identification Friend or Foe* (Identificazione amico o nemico). Gli ingegneri decisero allora di implementare sugli aviogetti inglesi (o alleati in seguito) una scatola contenente una ricetrasmittente, denominata successivamente "transponder", che all'atto dell'illuminazione radar (vale a dire, quando il fascio di radioonde colpiva l'aereo) rispondesse sulla stessa frequenza istantaneamente con un "bip" che amplificato permise nel radar stesso l'identificazione degli aviogetti amici dai nemici. Successivamente, con l'evoluzione tecnologica, questi sistemi sono divenuti sempre più precisi. L'evoluzione successiva infatti fu non solo l'identificazione IFF ma l'identificazione univoca dell'aviogetto mediante un ID assegnato. Questo fu possibile modulando l'emissione del transponder (ecco i primi esperimenti di onde radio FM) a bordo dell'aereo, che non inviava più un semplice "bip", ma una serie opportunamente codificata: ciò permise di "numerare" gli aviogetti e conoscerne così la posizione.

Sono gli anni '60 a veder la nascita dei primi utilizzi in ambito commerciale, con la commercializzazione dei primi sistemi EAS (*Electronic Article Surveillance*) per il controllo dei furti nei supermercati. All'epoca, questi primi RFID consentivano l'invio di un singolo bit d'informazione per consentire il rilevamento della presenza/assenza del transponder. Affermandosi come un sistema di

antitaccheggio in via di sviluppo, di fatto l'EAS si distinse come primo effettivo utilizzo di massa dei sistemi RFID al di fuori degli scopi bellici.

Gli anni '70 videro un impegno generale nella costruzione ed una primordiale raffinatura degli elementi elettronici veri e propri di un sistema RFID. Un apporto fondamentale fu quello ad opera del Los Alamos Scientific Laboratory, a cui viene attribuita la realizzazione di un sistema radio per l'identificazione dei materiali prodotti dalle attività nucleari e del personale coinvolto.

Finalmente negli anni '80 le tecnologie RFID si affermano su scala mondiale con una diversificazione degli utilizzi relativi ai paesi che ne usufruiscono. In particolare, mentre negli Stati Uniti si impiegavano principalmente nel controllo delle merci trasportate, dei mezzi di trasporto e dell'accesso al personale, l'Europa approfondiva lo studio su eventuali utilizzi nell'identificazione degli animali, nelle applicazioni per attività industriali e nel controllo/accesso alle autostrade. E' di questo periodo il sistema Moby di Siemens, designato alla specifica funzionalità di identificazione. Il Moby veniva utilizzato per identificare i bancali sui sistemi di trasporto automatico e sostanzialmente era un sostituto del codice a barre in ambienti critici e che favorivano il riuso dell'apparato. Moby è oggi un progetto ampiamente perfezionato.

Gli anni '90 pongono le basi per lo sviluppo moderno degli RFID; la miniaturizzazione dei circuiti garantisce costi contenuti e la drastica diminuzione del consumo di energia. Tale diminuzione fu tale da rendere possibile la realizzazione di transponder che non necessitassero di una sorgente elettrica (una batteria) ma fossero direttamente alimentati dalla sola onda elettromagnetica generata dal lettore. Proprio

in quegli anni gli USA divenivano terreno di utilizzo di massa della tecnologia RFID nelle applicazioni di controllo dell'accesso alle autostrade (toll system) e parallelamente in Europa veniva definito uno standard unico per tali applicazioni, il CEN standard for electronic tolling. Inoltre, si distinsero anche altri utilizzi come ad esempio il cosiddetto RFID automotive (erogazione del carburante, accesso ad un parcheggio, accesso ad aree riservate e più in generale tutto ciò che riguardava la tecnologia dedicata al veicolo), così come la radio-identificazione degli animali, progetto sfortunatamente fallito e perciò abbandonato.

Fino agli inizi degli anni '90 i veri e propri transponder furono utilizzati esclusivamente in campo militare e civile per l'identificazione di navi ed aerei. Successivamente, con l'avvento delle nuove tecniche di gestione magazzino derivate direttamente dalle catene di produzione giapponesi (ad esempio, la gestione del magazzino secondo il modello JIT, just in time, che modula la produzione sulla base della richiesta), si resero necessari strumenti di natura informatica sempre più complessi, che permettessero un'automazione spinta ed una localizzazione precisa delle merci, incrociata con le apparecchiature automatizzate in movimento. Le prime soluzioni degli anni '80, assai poco eleganti, prevedevano l'uso di codici visuali (ad esempio, i primi codici a barre) che però mostrarono subito i loro limiti: distanze di lettura inferiori ai 5 cm, impossibilità di letture in ambienti con polveri sospese, necessità di pulizia continua delle apparecchiature. Avevano un solo pregio: i bassi costi. Queste soluzioni si evolsero poi fino ai codici a 13 cifre che troviamo normalmente sui prodotti. Questa soluzione però non si legava molto bene all'identificazione o localizzazione di apparecchiature in movimento (ad esempio, i muletti automatici).

Per risolvere questo problema, ai primi "robot", furono applicati dei transponder a potenza ridotta (con un limite di lettura di una decina di metri e non centinaia di chilometri); inoltre, per ridurre i costi fu estrapolata la funzionalità di identificazione da quella del radar, identificando quindi nel raggio d'azione dell'antenna cosa ci fosse, senza individuarne la posizione. Alla riduzione delle potenze e delle distanze aumenta enormemente la difficoltà nella progettazione di un sistema radar, poiché le onde radio si propagano alla velocità della luce, e l'eco di ritorno è così veloce da non poter essere elaborato. Così nacque il primo sistema di identificazione a radiofrequenza, che permetteva di identificare la posizione (presunta) di un oggetto vicino all'antenna, quindi la possibilità di gestire i movimenti dei muletti in un magazzino automatizzato. Dato che la provenienza di questa tecnologia era prevalentemente di origine aeronautica, ed in aeronautica tutto è normalizzato, all'inizio furono utilizzati gli stessi standard aeronautici, poi convertiti in standard ISO sulla base dell'espansione della tecnologia.

5.7 La tecnologia RFID

I sistemi di identificazione in radiofrequenza, sia che vengano usati per tracciare lo spostamento dei materiali che per pagare il pedaggio autostradale, funzionano più o meno tutti allo stesso modo. Un piccolo circuito elettronico presente nel chip RFID rimane in "ascolto" di un segnale radio trasmesso da un apposito lettore. Quando il circuito "sente" il segnale ne rimanda indietro a sua volta uno contenente il numero identificativo del chip ed eventuali altre informazioni. Ricevuta la risposta, il lettore la invia ad un computer che ne ricerca il numero in

un database, verifica che sia valido e quindi compie determinate azioni [1].

Di seguito saranno analizzate le peculiarità realizzative di sistema RFID, partendo dai suoi componenti base per poi passare alla descrizione dei parametri tecnologici fondamentali. Pertanto saranno approfonditi, con diversi livelli di dettaglio, gli aspetti fondamentali da considerare nella realizzazione di un sistema RFID e riassunti di seguito.

Il **tag RFID**, o **transponder**, è il componente che, apposto ad un oggetto o ad una persona, consente di “digitalizzare” un ente materiale attribuendogli nuove proprietà, come quella di poter essere identificato senza alcun collegamento o contatto diretto, di memorizzare notevoli quantità di informazioni e di misurare alcune grandezze fisiche del suo ambiente.

Il **reader**, o **transceiver**, è il componente deputato all’interrogazione, alla lettura e alla scrittura dei tag: esso è composto da una parte logica, incorporata su una scheda a circuito stampato, e da una parte radio deputata alla modulazione e ricezione del segnale di comunicazione con il tag.

Il tag ed il reader sono “accordati” tra loro in funzione della specifica applicazione e al variare dei parametri tecnologici che caratterizzano l’applicazione. Tra questi, quelli di maggior rilievo sono:

La **frequenza di trasmissione** è certamente il parametro tecnologico più importante. Ferme restando le differenze nelle bande e nelle potenze utilizzabili nei diversi continenti, i range di riferimento vanno dalle basse frequenze (LF, attorno ai 100 kHz), alle alte (HF, 13.56 MHz) alle altissime frequenze (UHF, intorno ai 900 MHz), fino alle micro-onde (2,45 GHz).

Il **tipo di alimentazione**, distingue tra tag passivi, semiattivi e attivi. Un tag passivo è un tag che non ha a bordo alcuna fonte di alimentazione, e che quindi trae la potenza necessaria ad attivare i circuiti logici per generare la risposta in onde radio, concatenando energia dal campo del reader che lo interroga.

Un tag semiattivo ha a bordo una sorgente di alimentazione, che però non è utilizzata per alimentare la parte radio, bensì serve ad assicurare funzionalità aggiuntive. In passato, quando non erano disponibili memorie flash, la batteria serviva per alimentare la memoria, mentre oggi è generalmente utilizzata per alimentare dei sensori (di temperatura, di movimento, ecc.) incorporati sul tag.

Un tag attivo, invece, ha a bordo una sorgente di alimentazione che è utilizzata per assicurare una più ampia portata al segnale radio emesso, ed aumentare così in modo significativo la distanza di lettura in funzione delle esigenze dell'applicazione.

La capacità e la riscrivibilità della memoria. I tag possono essere dotati di memorie che vanno da pochi bit fino a migliaia di bit, quindi offrono un supporto in cui immagazzinare una quantità di informazioni nettamente superiore al *barcode*. La memoria interna può essere del tipo *Read Only* (in cui l'Id del tag è apposto dal produttore del tag stesso), *Write Once + Read Only* (in cui il tag è “battezzato” dal produttore dell'item a cui il tag è associato), oppure *Read & Write*, che offre la massima flessibilità in termini di numero di scritture e di chi le esegue.

Dopo questa breve panoramica sui componenti e i parametri tecnologici di base dei sistemi RFID, analizziamo con maggior dettaglio i suoi mattoni fondamentali.

5.8 I tag RFID

Il termine *tag* di per sé è sinonimo di etichetta ma è ormai uso comune utilizzarlo per indicare il *transponder*, un dispositivo elettronico che trasmette e riceve dati da un lettore RFID, cioè funge da *TRANSmitter e resPONDER*, da cui il nome.

Il tag può essere definito l'elemento principale di un sistema RFID; esso può essere collegato ad un oggetto in qualsiasi modo. Un lettore fisso o portatile manda un segnale tramite un campo elettromagnetico generato attraverso un'antenna. Il segnale permette di caricare gli elementi interni che costituiscono il circuito di alimentazione, e ciò in un tempo brevissimo, dell'ordine di qualche millesimo di secondo. Il transponder, una volta correttamente alimentato, manda verso il lettore un segnale che contiene il suo codice di identificazione, nonché altri dati contenuti all'interno della sua memoria. Pertanto il processo di identificazione automatica elimina gli errori che possono nascere al momento dell'inserimento automatico dei dati e riduce i tempi e i costi correlati a queste attività [10].

Per dirla in altre parole, un transponder altro non è che l'etichetta intelligente, o *smart tag*, che viene posta sugli oggetti da gestire.

Un transponder è normalmente costituito da tre (figura 31) componenti principali:

1. *microchip*, ovvero il componente elettronico che ha la funzione di gestire tutta la parte di comunicazione e d'identificazione: un micro-circuito intelligente, che contiene la parte logica e la memoria del tag ed ha il compito di gestire gli scambi di informazioni tra tag e reader
2. *antenna*, ovvero l'apparato che consente al tag di essere alimentato

(se non è dotato di batteria) e di ricevere e trasmettere le comunicazioni con il mondo esterno; raccoglie e trasmette i segnali radio da e verso i reader. Deve essere progettata e realizzata in funzione della distanza di lettura del tag e delle dimensioni dell'antenna del reader.

3. *supporto* (o *inlay*), ovvero il materiale/componente che sostiene/protegge il sistema composto dal tag e dall'antenna, e che ha un impatto non indifferente sul costo di un tag [1].



Figura 31: *Componenti principali di un tag*

Il processo di assemblaggio base, (figura 32), consiste in primo luogo di un materiale di substrato (carta, PVC, etc.), su cui viene depositata un'antenna fatta da uno dei materiali conduttivi: inchiostro d'argento, d'alluminio e di rame. Segue il collegamento del microchip del tag con l'antenna. Infine uno strato sottile protettivo fatto di materiale PVC, resina epossidica o carta adesiva, viene sovrapposto facoltativamente per permettere che il tag regga ad alcune delle circostanze fisiche, che esistono in molte applicazioni, come abrasione, urto e corrosione.

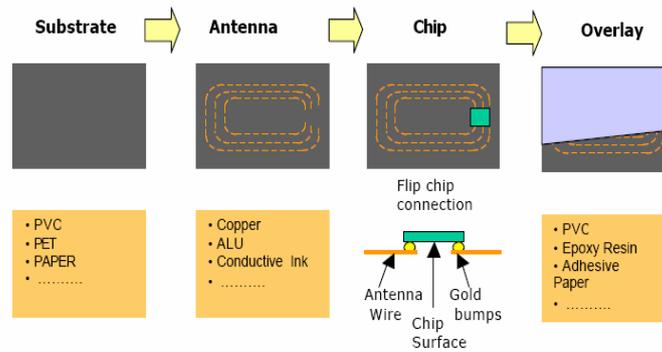


Figura 32: *Assemblaggio di un tag*

Un tag può essere di differenti forme (figura 33):

- circolare (a “bottone”): è quello maggiormente diffuso e può essere di svariate misure. Viene caratterizzato in base alla grandezza del diametro esterno, del diametro interno (che viene specificato solo nel caso in cui il tag abbia una forma ad anello) e dello spessore;
- stick (di forma allungata): viene classificato in base alla lunghezza ed allo spessore. Può avere differenti misure a seconda dell'ambito di utilizzo e dei limiti di spazio;
- etichetta (di forma rettangolare, molto sottile): è meno resistente alle condizioni ambientali rispetto ai tag incapsulati e viene utilizzata per applicazioni “a perdere” su singoli prodotti (figura 34).

Il peso di un transponder può variare da pochi grammi sino a valori più considerevoli e dipende sia dal materiale di cui è composto il tag, sia dai suoi eventuali rivestimenti. Anche il peso è un parametro che deve essere tenuto in considerazione al momento della scelta del tag per una specifica applicazione (ad esempio, i tag posti sui capi di abbigliamento devono essere leggeri).



Figura 33: *Transponder in vetro e a forma di chiodino*

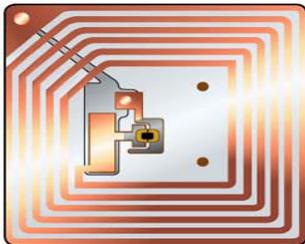


Figura 34: *Transponder a forma di tessera*

5.9 Classificazione

Ogni processo o applicazione ha delle caratteristiche sue specifiche e ciò si ripercuote sulle funzionalità richieste al transponder; varieranno infatti distanze di lettura, capacità di memorizzazione delle informazioni e caratteristiche dell'ambiente e così via. Questa è la ragione che ha portato oggi all'individuazione di diverse categorie, che sono:

1. Chipless vs chip;
2. Passivi, semipassivi e attivi;

3. Solo lettura e lettura-scrittura.

Alla prima categoria appartengono sia i transponder che consentono una semplice identificazione univoca sia quelli che posseggono una capacità di memorizzare informazioni complesse. Se il tag è destinato a contenere informazioni brevi, con una lunghezza variabile da 24 a 128 bit è possibile utilizzare tecnologie che non richiedono un chip in silicio per la memoria dati (*chipless*). Questa soluzione è indicata per quelle applicazioni il cui unico scopo è quello di identificare univocamente il singolo prodotto. In altre applicazioni è richiesto anche di memorizzare ed aggiornare le informazioni sul tag, che in tal caso sono dotati di chip in silicio con memoria a capacità variabile in funzione delle esigenze.

Il tag viene posizionato all'interno o sopra all'oggetto che deve essere identificato dal lettore

I tag possono anche essere classificati in funzione della modalità di alimentazione e di trasmissione dei dati rispetto al reader:

In base al tipo di alimentazione e di trasmissione i transponder possono essere classificati in passivi, semipassivi e attivi.

Di seguito se ne riportano le differenze e le sottocategorie.

Tag Passivi: sono dei circuiti transponder normalmente spenti che si attivano alla ricezione di una radiofrequenza emessa da una apposita antenna presente sulla unità base; per unità di base, si intende un terminale fisso o portatile con funzioni di interrogazione e/o comunicazione.

La radiofrequenza emessa viene captata dal transponder attraverso la propria antenna, la cui debole energia è sufficiente a supportare una comunicazione, dalla trasmissione del solo codice sino alla

lettura/scrittura di dati sulla memoria del transponder. Le frequenze normalmente più utilizzate rientrano nella fascia dai 125KHz ai 13,56MHz. Avendo a disposizione solo l'energia captata dall'antenna del lettore, la distanza di comunicazione va dai pochi centimetri fino a raggiungere (difficilmente) il metro.

Tag Semi-attivi: detti anche *battery assisted tag*, necessitano di energia elettrica per rafforzare la trasmissione del proprio segnale. Tuttavia vi sono delle situazioni in cui questo, fino ad ora, risultava complicato, se non quasi impossibile, precludendone l'utilizzo. Contengono tipicamente una piccola batteria al litio, una sorgente di alimentazione propria, in grado di alimentare il circuito integrato ma utile anche per tenere attiva una memoria RAM statica nella quale memorizzare tutti i dati relativi al tag.

Per l'invio dei dati si utilizza il campo elettromagnetico emesso dal lettore e ciò permette la comunicazione sino a distanze dell'ordine della decina di metri.

Tag Attivi: possiedono una fonte di alimentazione (la batteria) indipendente dal reader e la capacità di trasmettere informazioni autonomamente. Ciò assicura una più ampia portata al segnale radio emesso, aumenta la distanza di lettura, che può raggiungere ordini di decine di metri e tiene attiva una memoria RAM statica nella quale si memorizzano tutti i dati relativi al tag. Questi dispositivi infatti sono in grado di trasmettere i dati in maniera autonoma e tale vantaggio offre la possibilità di realizzare sistemi operanti a frequenze del segnale più elevate e che abbiano una portata superiore alla decina di metri.

Un efficace esempio di tag attivo è il Telepass.

Trovano infatti facile applicazione nel monitoraggio a lunga distanza, nel controllo degli accessi e nella localizzazione di oggetti e persone.

L'alimentazione propria consente ai tag attivi di lavorare anche con frequenze più elevate: 433 Mhz- 2.45 Ghz.

Le caratteristiche dei transponder sono molto varie, generalmente sono elencabili nelle seguenti categorie:

- *Read-Only*

Nella sua forma più semplice (read-only, sola lettura), la tecnologia RFID è utilizzata come sostituto diretto della tecnologia del codice a barre. I vantaggi offerti includono una precisione di lettura del 100%, la capacità di sopravvivere in ambienti ostili e l'eliminazione della visibilità diretta.

La precisione di lettura è spesso un fattore determinante nella scelta della tecnologia RFID. Con lettori di codici a barre a posizione fissa, una precisione di lettura alla prima scansione dal 95 al 98% è già un buon risultato. A seconda delle condizioni ambientali e della manutenzione, la precisione di lettura dei codici a barre spesso scende al di sotto del 90% col tempo. Nella maggior parte degli ambienti, la tecnologia RFID può raggiungere un valore del 99,5% - 100% come precisione di lettura alla prima scansione. Inoltre, grazie all'assenza di parti in movimento o di componenti ottici, la manutenzione non costituisce un problema. Anche le esigenze degli ambienti industriali favoriscono la tecnologia RFID. Alcuni ambienti necessitano di sistemi di raccolta dati che funzionino in immersione nei fluidi, sostanze chimiche, in presenza di sporco e di calore. Esempi includono applicazioni in cui tag e antenne trasferiscono dati mentre sono completamente immersi in acqua, o anche casi in cui i tag passano attraverso forni di verniciatura a 240°C.

Il valore della tecnologia RFID è ancor più apprezzabile se si considerano le esigenze di visibilità diretta. Con il sistema RFID, il tag

non deve essere visibile direttamente dal lettore. Grazie alla capacità di penetrare la maggior parte dei materiali non metallici (purché si utilizzi la frequenza adeguata), i tag RFID possono essere incorporati in cassette, contenitori e persino prodotti. Inoltre, contenitori e prodotti possono essere letti anche imballati, senza che questo pregiudichi la correttezza dei risultati di acquisizione dei dati.

- *Read/Write (Riutilizzabili)*

In uno stato più avanzato (read/write, ossia lettura/scrittura), la tecnologia RFID può essere utilizzata come una memoria di dati elettronica dinamica, che permette agli utenti di ridurre il traffico sulla rete, collegare stazioni di produzione remote e effettuare il backup di PC o PLC –programmable logic controller- host. Come esempio di memoria dati elettronica, nella fabbricazione di motori per automobili, il tag viene affisso sul dispositivo di trasporto del motore. Le istruzioni di percorso e di costruzione vengono scritte sul tag. Quando il motore e il suo dispositivo di trasporto si avvicinano alla prima stazione, il tag è interrogato da un Lettore/Scrittore per determinare se il motore deve trovarsi o meno in quella stazione. In caso affermativo, l'informazione di costruzione è letta sul tag e trasferita all'elaboratore locale, dove si decide la modalità di istruzione degli automatismi. Al termine di queste operazioni, i dati chiave relativi alla qualità e/o i risultati di produzione vengono memorizzati sul tag. Questo permette all'utilizzatore di accedere ad informazioni relative alla qualità in qualsiasi fase di produzione. Nel caso in cui l'operazione non riesca, anche la non riuscita viene trascritta sul tag. Quindi, prima di raggiungere la stazione successiva, il motore viene rimosso dalla linea e trasferito ad una stazione di rilavorazione remota. Alla stazione di rilavorazione, il tag viene letto per determinare le modalità di

riparazione del motore. Nell'industria elettronica, diverse aziende hanno permesso a questa memoria dati dinamica elettronica di arrivare ben oltre, consentendo alle operazioni di produzione di procedere anche se il server o l'host centrali sono in panne. Poiché il tag può combinarsi con un elaboratore locale in una data stazione per comunicare tutte le istruzioni di costruzione a quella data stazione, le operazioni possono essere condotte senza alcuna dipendenza della rete.

- *Read/Write (a perdere)*

In uno stadio ancora più avanzato, etichette a perdere vengono affisse ai prodotti durante la fabbricazione ed utilizzate poi lungo tutta la supply chain (dal produttore al rivenditore, fino ai clienti).

Essenzialmente, le etichette RFID sono utilizzate per creare prodotti "intelligenti" che possono comunicare con l'ambiente circostante.

L'applicazione delle etichette direttamente agli apparecchi televisivi, dimostra il valore della creazione di "prodotti intelligenti". Durante la produzione, le etichette RFID vengono applicate all'interno della struttura del televisore. Dopo aver utilizzato le etichette durante la produzione, queste accompagnano i "prodotti intelligenti" in magazzino. Nel magazzino, le etichette sono utilizzate per localizzare un dato modello e per indirizzare diversi modelli alle posizioni di immagazzinamento prestabilite. Inoltre, grazie alla capacità dei lettori/scrittori di comunicare con più etichette nello stesso campo di azione dell'antenna, tutti i televisori possono essere letti o scritti all'uscita del magazzino indipendentemente dal fatto che siano impilati su pallet o trasportati separatamente. Questo permette agli utenti di scrivere l'informazione relativa alla destinazione sui "prodotti intelligenti" e di registrare ciò che è stato spedito in modo tale da innescare il processo di fatturazione elettronica. Al momento del

ricevimento nel magazzino del rivenditore, i "prodotti intelligenti" sono letti all'entrata nell'edificio, permettendo così la registrazione immediata nell'inventario e la trasmissione dell'autorizzazione al pagamento dei fornitori. I "prodotti intelligenti" sono quindi tracciati all'interno del punto vendita dove l'etichetta viene utilizzata come antifurto e per l'inventario in tempo reale. Infine, quando i televisori lasciano il punto vendita, informazioni chiave riguardanti il cliente e la configurazione del prodotto, vengono scritte sulle etichette RFID. Se il cliente riconsegna un dato televisore al Centro Assistenza (o ad un centro assistenza affiliato), tutti i dati registrati relativi al prodotto vengono immediatamente visualizzati sul monitor di un computer prima che il cliente raggiunga la cassa, portando quindi il servizio di assistenza ad un livello superiore. Questo esempio dimostra come i "prodotti intelligenti" rappresentino non solo un risparmio economico lungo tutta la supply chain, ma anche valore aggiunto per il cliente. Questo valore aggiunto è utilizzato dai produttori (e dai rivenditori) per distinguere i propri prodotti rispetto alle offerte della concorrenza permettendo così ai produttori di aumentare le vendite e/o i margini.

Le prestazioni di un sistema RFID read/write sono valutate secondo i criteri seguenti:

- capacità di memoria del tag;
- velocità di trasferimento dati;
- range di funzionamento;
- funzionalità anticollisione (capacità di gestione di più tag nello stesso campo);
- temperature di funzionamento;
- frequenza di trasmissione del collegamento tag-antenna;
- connettività del sistema RFID.

Vantaggi innegabili di questi dispositivi sono il basso costo, le ridottissime dimensioni, le caratteristiche di durata nel tempo.

La robustezza del dispositivo (senza contatto), il facile utilizzo, il basso costo e le ridotte dimensioni, fanno del transponder passivo il sistema di identificazione più interessante e con un trend di utilizzo in crescita costante.

5.10 Le caratteristiche della memoria

I tag possono avere diversi tipi di memoria, che differiscono in base alle funzionalità che offrono (lettura/scrittura) e alla quantità di dati che possono contenere.

Le varie tipologie di memoria sono rappresentate da:

- ROM (*Read Only Memory*): questa viene configurata dal produttore con un numero limitato di informazioni tra le quali il codice univoco per l'identificazione dei tag. Risulta, per questo, poco costosa;
- WORM (*Write Once Read Memory*): permette all'utente di riscrivere una volta sola nella memoria senza poterne successivamente modificare il contenuto. Questo consente di poter modificare e personalizzare direttamente il tag senza l'intervento del produttore del chip. Una volta programmata, questo tipo di memoria si comporta esattamente come una memoria ROM;
- EEPROM (*Electrically Erasable Read Only Memory*): richiede la presenza di una fonte di alimentazione soltanto durante le fasi di lettura e scrittura. Ha la capacità di mantenere dati in memoria per oltre 10 anni, senza la necessità di alcuna fonte di energia che la alimenti e per questo è più costosa rispetto alle tradizionali memorie RAM. L'utente

ha la possibilità di programmare solo una parte della memoria del chip: accanto ad una zona di memoria non modificabile, che contiene il codice univoco per l'identificazione inserito dal produttore del tag, è presente una sezione a disposizione dell'utente che può essere modificata un numero illimitato di volte;

- RAM (*Random Access Memory*): necessita di una fonte di alimentazione costante per mantenere i dati in memoria. Permette di scrivere, leggere e modificare i dati un numero illimitato di volte. Con questo tipo di memoria è possibile raggiungere grandi densità di dati memorizzati con un costo abbastanza contenuto.

La capacità di memoria rappresenta la quantità di informazioni, espressa in bit, che il chip è in grado di contenere. Tale caratteristica è strettamente collegata al tipo di memoria installata sul transponder:

- per tag “Read Only” con memoria ROM o WORM, è circa 20bit di informazione;
- per tag attivi “Read/Write” con memoria EEPROM o RAM varia dai 64 byte ai 32 Kbyte, consentendo la memorizzazione di molte più unità di informazione e quindi di dati;
- per tag passivi “Read/Write” varia da 48 byte a 736 byte.

In relazione alle caratteristiche di memoria e tipo di alimentazione, i tag sono stati catalogati dall'Auto-ID Center nelle differenti classi riportate nella seguente tabella:

Tabella 6 : Classificazione dei tag RFID

<i>BANDA DI FREQUENZA</i>	<i>APPLICAZIONI PRINCIPALI</i>
<i>Classe 0</i>	<i>Tag passivi “Read Only”</i>
<i>Classe I</i>	<i>Tag passivi “Write Once”</i>
<i>Classe II</i>	<i>Tag passivi con funzionalità aggiuntive</i>
<i>Classe III</i>	<i>Tag semi-passivi</i>
<i>Classe IV</i>	<i>Tag attivi</i>
<i>Classe V</i>	<i>Lettori: possono alimentare tag di classe 0, I, II, III e comunicare con quelli di classe IV e con altri lettori</i>

5.11 Frequenze d’impiego

Le frequenze d’impiego dei transponder influenzano la modalità di accoppiamento tra l’antenna del tag e quella del lettore. Due metodi si distinguono, in funzione delle frequenze in gioco, uno basato sull’accoppiamento capacitivo (elettrico) e uno di tipo induttivo (magnetico).

Per i transponder elettrici la gamma di frequenza va dalla VHF alle microonde:

1,5m a 100MHz - 0,15m a 1GHz - 0,061m a 2,45GHz - 0,025m a 5,8GHz.

Il costo del componente aumenta di pari passo con la frequenza, rendendo a priori impossibile lo sviluppo di transponder di largo consumo, utilizzando una frequenza superiore a 5,8GHz. Inoltre, la densità di energia di un segnale nel campo elettrico si affievolisce in

funzione del quadrato della distanza fra transponder e reader. È possibile realizzare dei reader che compensano questa perdita di energia, ma il range di operatività è comunque limitato a 10m [3].

L'altro metodo di accoppiamento è di tipo induttivo: quando un campo magnetico influenza più oggetti tra loro vicini, l'effetto che ne risulta è un accoppiamento magnetico. Questo campo variabile è generato da una corrente alternata: questa induce correnti variabili in tutti i circuiti posti nelle prossimità. Nasce così il concetto di induzione elettromagnetica. Un campo elettrico o magnetico variabile è prodotto dall'azione di particelle cariche fa sì che le particelle vicine vengano eccitate dalle azioni di forza. Le radio comunicazioni sono rese possibili dal momento che agiscono sulle lunghe distanze, muovendosi attraverso lo spazio, alla velocità della luce, sotto forma di campi elettrici e magnetici fra di loro perpendicolari [1].

Questo tipo di accoppiamento è più diffuso del precedente ed utilizza due bande di frequenza:

- VLF (125-134,2 KHz);
- HF (13,56 MHz).

L'antenna è a forma di bobina, che può essere:

- di tipo solenoidale, con il filo avvolto in aria o su un nucleo elettromagnetico. È usato per transponder VLF;
- ad anello (*loop*), che è un avvolgimento di filo metallico a una o più spire, chiamato antenna a spire, utilizzato per realizzare transponder HF detti *smart label*.

Al crescere della frequenza cresce la distanza massima di lettura, la velocità massima a cui si può muovere l'oggetto da interrogare, così come in generale il transfer rate, ovvero la quantità di informazioni che

possono essere trasferite nell'unità di tempo; d'altra parte cresce la sensibilità alle condizioni operative, come ad esempio alla presenza di metalli o acqua.

Al crescere della frequenza si osserva anche una riduzione del costo del tag; infatti ad elevate frequenze (oltre i 100 MHz) si sfrutta l'accoppiamento del campo elettrico, piuttosto che l'accoppiamento magnetico. Questo implica che la trasmissione della potenza necessaria per interrogare il tag può avvenire utilizzando un'antenna unifilare aperta (dipolo), molto più economica e semplice da realizzare rispetto alle antenne a spirale chiusa necessarie in caso di frequenze più basse.

Fatti salvi i vincoli normativi, le applicazioni in UHF sono strutturalmente più adatte per applicazioni di logistica e produzione, dove si richiedono distanze di lettura maggiori, mentre le applicazioni a frequenza più bassa sono più adatte dove non sia richiesta, o non desiderata, un'elevata distanza di lettura.

Sono tre i range di frequenze d'impiego per i sistemi RFID: bassa (LHF), media (VHF) e alta (UHF). La tavola seguente riassume i tre range, considerando per ognuno le caratteristiche tipiche del sistema e gli esempi delle maggiore aree di applicazione.

Tabella 7: *Tabella dei range di frequenza*

Banda di frequenza	Caratteristiche	Applicazioni tipiche
Bassa 100-500 kHz (LHF)	Range di lettura medio/piccolo; poco costoso; bassa velocità di lettura.	Controllo accessi <i>Asset Management</i> Identificazione animali Sicurezza dei veicoli (<i>immobilizer</i>)
Media 10-15MHz (VHF)	Range di lettura medio/piccolo; generalmente economici; velocità di lettura media	Controllo accessi Distribuzione e Logistica <i>Contactless smart cards</i> Controllo bagagli Anti-contraffazione
Alta 850-950MHz 2,4-5,8GHz (UHF)	Range di lettura ampio Alta velocità di lettura Line of sight richiesta	Supply Chain Management Pedaggi stradali (<i>telepass</i>) Monitoraggio veicoli ferroviari

Tre frequenze in particolare sono quelle attualmente più utilizzate, una per ogni banda e sono: 125kHz per la bassa, 13,56MHz per la media e 868/915 MHz per l'alta. Sono 8, comunque, le bande di frequenza oggi in uso nel mondo per le applicazioni RFID. Non tutte le nazioni del mondo hanno accesso alle bande di frequenza definite nella tabella, dal momento che alcune di esse hanno assegnato queste frequenze a particolari utenze (ad esempio in Italia non è possibile utilizzare la frequenza 915MHz, dal momento che è destinata al traffico di telefonia mobile). All'interno di ogni nazione e all'interno di ogni banda di frequenza, ci sono specifiche regole che legittimano l'uso delle stesse. Queste regolazioni potrebbero riguardare i livelli e le interferenze che vanno oltre le tolleranze per una specifica frequenza [12].

La banda LHF che, sebbene ancora molto diffusa, non è rilevante ai fini dell'impiego nell'ambito della Supply Chain.

5.12 Funzionalità anticollisione

A seconda della configurazione del tag e dell'antenna, è possibile, leggere e scrivere dati su più tag simultaneamente nello stesso campo di azione. Esistono antenne progettate specificamente per leggere molti tag simultaneamente. Nelle applicazioni per uffici postali, le etichette sono posizionate all'interno di buste che vengono poi inserite in sacchi per lettere dotati di tag. Quando il sacco passa attraverso l'Antenna Tunnel, i dati vengono letti e scritti simultaneamente su tutti i tag.

5.13 La velocità di trasferimento dati

La velocità è un fattore importante per la maggior parte dei sistemi di acquisizione dati. Con l'attuale diminuzione dei tempi dei cicli di produzione, il tempo necessario per aggiornare o per accedere ai sistemi RFID di identificazione pallet deve collocarsi all'interno di una finestra molto ristretta. I sistemi a microonde sono in grado di raggiungere velocità elevate, ma i problemi intrinseci alla tecnologia a microonde possono superare di gran lunga i vantaggi derivanti dalla velocità.

La velocità di un sistema RFID Read Only, ad esempio, è determinata dalla lunghezza del codice, dalla velocità di trasferimento dati dal tag, dal range nel quale funzioneranno, dalla frequenza RF di lavoro del collegamento tag-Antenna e dalla tecnica di modulazione utilizzata per il trasferimento dei dati. Questa velocità varierà a seconda dei prodotti specifici utilizzati in ogni applicazione. Il sistema Read Only trasmette i

propri dati ad una velocità di 8750 bit al secondo. La velocità di un sistema Read/Write RFID passivo si basa sugli stessi criteri dei sistemi Read Only, se si esclude il fatto che qui si deve considerare la velocità di trasferimento dati verso il tag e dal tag. La velocità varierà ancora una volta a seconda dei prodotti specifici utilizzati in ogni applicazione. La velocità di un sistema Read/Write attivo si basa sugli stessi criteri del sistema Read/Write passivo, ad eccezione del fatto che il sistema passivo necessita del caricamento di un condensatore nel tag per consentire la comunicazione. E' importante notare che un sistema tipico Read/Write a bassa frequenza funzionerà alla velocità di solo 100 o 200 byte trasferiti al secondo. Poiché diverse centinaia di byte possono essere trasferiti ad una stazione, il trasferimento dell'informazione potrebbe richiedere alcuni secondi in più rispetto all'intera operazione meccanica. Questo problema è stato risolto con i Read/Write RFID a bassa frequenza ad alta velocità.

5.14 Temperature di funzionamento

La temperatura di funzionamento è particolarmente importante nella scelta del tag da utilizzare in alcune specifiche applicazioni (forni di verniciatura, bagni chimici, ecc.).

Ai transponder vengono in genere associati due differenti parametri:

- temperatura **operativa**: è il range di temperature entro il quale il transponder è in grado di funzionare correttamente, ossia con operazioni di lettura/scrittura ed uno scambio dei dati affidabili e veloci. Al di fuori di questo intervallo le prestazioni dell'intero sistema non sono più garantite e si possono verificare errori durante la trasmissione dei dati;

questo punto è molto delicato e pone severi limiti alle possibili applicazioni RFID, motivo di investimento per molte aziende.

- temperatura di **immagazzinamento dati**: indica il range di temperature all'interno del quale il transponder è in grado di garantire la corretta ed affidabile conservazione dei dati presenti in memoria. Solitamente questo range è più ampio di quello delle temperature operative in quanto non ci sono flussi di informazioni scambiati fra differenti componenti del sistema: è il chip, dotato dell'elemento di memoria, che deve garantire la sicurezza dei dati. I microchip funzionano, quindi, a temperature limitate e temperature critiche potrebbero danneggiarli. Oggi, tali criticità, in parte, sono state risolte, proteggendo tale dispositivo con materiali isolanti, come il silicone. Si ritrovano, infatti, tag passivi Read Only per resistere fino a temperature di 401°F (205°C) che, grazie alla loro resistenza alle alte temperature, rappresentano la soluzione ideale per le applicazioni con forni di verniciatura e bagni chimici a temperature elevate (questi possono prevedere anche tag a perdere) e tag Read/Write per le alte temperature, che possono tollerare temperature ancora più elevate, fino a 464°F (240°C), e temperature inferiori alla soglia di congelamento ossia -40°F (-40°C).

Grazie al retro adesivo, i tag si attaccano semplicemente ai prodotti (per esempio alle automobili). I tag resteranno quindi col prodotto durante l'intero ciclo produttivo, e potranno anche essere utilizzati per informazioni after sale presso il rivenditore.

5.15 Le possibili classificazioni

I sistemi che utilizzano tecniche RFID sono molteplici. Una prima classificazione può essere fatta in base alle seguenti caratteristiche:

- Frequenza di lavoro;
- Raggio d'azione e quindi distanza massima di applicabilità;
- Tipo di accoppiamento fisico.

Le frequenze utilizzate da questi sistemi, come illustrato dalla tabella 1.2, sono diverse e spaziano tra valori che vanno da 135 kHz (longwave) a 5,8 GHz (microwave).

Esistono delle norme ben precise, diverse per ogni stato, che stabiliscono quali sono le bande di trasmissioni possibili.

I campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici sono impiegati per l'accoppiamento fisico.

Il raggio d'azione di questi sistemi varia da pochi centimetri fino a 15 m di distanza.

I sistemi RFID a piccolo raggio, tipicamente nell'intorno di qualche centimetro, sono conosciuti come sistemi ad accoppiamento vicino (close coupling systems). Per il loro funzionamento il tag deve essere molto vicino al lettore, quasi a contatto. Questi sistemi utilizzano l'accoppiamento del campo elettrico e magnetico e possono in teoria operare a qualsiasi frequenza tra la continua e 30 MHz, perché il funzionamento del tag non dipende dalle radiazioni del campo (tabella 8).

Tabella 8 : Classificazione tag

	LF	HF	UHF	Microwave
<i>Frequency Range</i>	< 135 kHz	10..13.56 MHz	850..950 MHz	2.5.5.8 GHz
<i>Read range</i>	~10 cm	~1 m	2 ÷ 5 m	~15 m
<i>Coupling</i>	Magnetic, Electric	Magnetic, Electric	Electromagnetic	Electromagnetic
<i>Application</i>	Smart Card, Ticketing, Anti- theft, Animal tagging	Small Item Management, Anti-theft, Supply Chain	Transportation, Vehicle ID, Access/Security, Large Item Management, Supply Chain	Transportation, Vehicle ID, Access/Security, Large Item Management, Supply Chain

Il contatto tra il lettore e il supporto facilita la fornitura di elevate quantità di potenza in questo modo, anche se nel tag si utilizzano componenti che hanno un assorbimento elevato di corrente, questi possono funzionare senza alcun problema. Questi sistemi sono soprattutto usati nelle applicazioni che richiedono severi requisiti di sicurezza, ma non un ampio raggio. Alcuni esempi sono: sistemi di porte a chiusura elettronica o smart card senza contatto con funzioni di pagamento.

I sistemi RFID che scrivono e leggono fino alla distanza di 1 m, sono conosciuti con il termine comune di sistemi ad accoppiamento a distanza (remote coupled system). Quasi tutti i sistemi di questo tipo sono basati su un accoppiamento (magnetico) induttivo, e sono anche conosciuti come sistemi radio induttivi. Esistono anche alcuni sistemi con accoppiamento (elettrico) capacitivo, ma sono pochi rispetto ai primi. Quasi il 90% di tutti i sistemi di RFID, attualmente venduti, sono sistemi ad accoppiamento induttivo. Le frequenze tipicamente impiegate sono intorno a 135 KHz o a 13.56 MHz. Alcune applicazioni particolari invece funzionano a 27.125 MHz.

I sistemi di RFID con raggio superiore a 1 m sono conosciuti come sistemi a lungo raggio (long range systems). Tutti i sistemi di questo tipo funzionano usando le proprietà di propagazione delle onde elettromagnetiche nella banda delle microonde e UHF. Questi sistemi inoltre sono conosciuti anche come sistemi backscatter, dovuto proprio al loro principio di funzionamento fisico.

Inoltre, esistono sistemi che usano tag con interfaccia acustica nella banda di frequenze delle microonde. Le frequenze tipicamente utilizzate sono di 868 MHz (Europa) e di 915 MHz (U.S.A.) per quanto riguarda la banda UHF, mentre sono di 2.5 GHz e di 5.8 GHz nella banda delle microonde. Per quanto riguarda il raggio d'azione di questi sistemi, esso è molto interessante, dal punto di vista dell'applicabilità in diversi settori: le distanze variano dai 5 ai 15m.

Una seconda classificazione dei sistemi RFID può essere fatta in base alle funzioni di elaborazione dati offerte dal transponder (lettura, lettura/scrittura, etc.) e alle dimensioni della relativa memoria, ottenendo un ampio spettro di varianti.

Le estremità di questo spettro sono rappresentate dai sistemi low-end e high-end (figura 35).

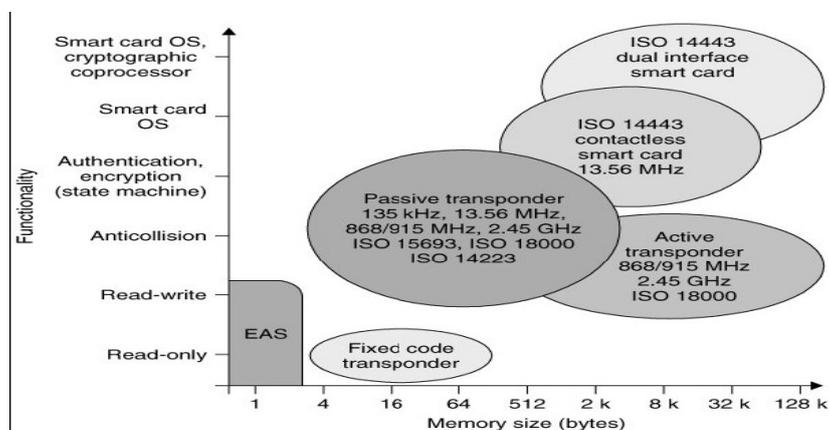


Figura 35 : Classificazione sistemi RFI : dimensioni di memoria (asse x), funzionalità (asse y)

I sistemi EAS (Electronic Article Surveillance: sistemi elettronici di sorveglianza dell'articolo) rappresentano l'estremità inferiore dei sistemi low-end. Questi sistemi verificano e controllano la presenza possibile di un risponditore nella zona di interrogazione del lettore usando un semplice risuonatore LC (induttanza, capacità) accordato ad una fissata frequenza.

I sistemi RFID con transponder passivi con microchip, sono classificati come sistemi low-end. Questi transponder hanno un insieme di dati memorizzati in modo permanente in una ROM (Read Only Memory), che costituiscono generalmente il numero di serie unico (UID) composto da più byte. Se un transponder passivo è all'interno del campo elettromagnetico generato dal lettore, questo comincia a trasmettere continuamente il proprio numero di serie. Per il lettore non è possibile colloquiare con il transponder read-only, essendo il flusso dei dati unidirezionale dal transponder al lettore. Nel funzionamento pratico di un sistema passivo è necessario, inoltre, accertarsi che ci sia soltanto un risponditore nella zona di interrogazione del lettore, altrimenti la presenza di due o più transponder che trasmettono simultaneamente, provocherebbe uno scontro dei dati (collisione). In questo caso il lettore non sarebbe più in grado di individuare il transponder. Nonostante questa limitazione, i transponder read-only sono adatti per molte applicazioni in cui è sufficiente leggere il numero di serie. La semplicità del transponder passivo fa sì che l'area del chip possa essere minimizzata, in modo tale da ottenere bassi consumi di energia e bassi costi di fabbricazione.

I sistemi passivi funzionano a tutte le frequenze di lavoro dei sistemi RFID.

Questi ultimi sono usati soltanto dove è richiesta l'uso di una piccola quantità di dati o dove si possono sostituire le tipiche funzioni dei sistemi barcode, ad esempio nel controllo di flussi dei prodotti, nell'identificazione di pallet, contenitori e bottiglie di gas (ISO 18000) e anche nell'identificazione degli animali (ISO 11785).

I sistemi RFID con transponder con memoria riscrivibile, sono classificati come sistemi mid-range, che comprendono la gran parte dei sistemi di auto identificazione come mostra la figura 1.7. Le capacità di memoria variano da alcuni byte ad oltre 100 Kbyte EEPROM (tipo passivo) o SRAM (tipo attivo). Questi transponder sono capaci di rispondere ai comandi semplici del lettore per la lettura selettiva e per la scrittura della memoria dati in modo permanente. Inoltre, i risponditori sostengono le procedure di anticollisione, di modo che se ci sono molti transponder situati nella zona di interrogazione del lettore, non interferiscono allo stesso tempo tra loro e possono essere interrogati selettivamente dal lettore.

Procedure di crittografia logica, vale a dire autenticazione fra il risponditore e lettore, e crittografia del flusso di dati sono inoltre in fase di sviluppo per questi sistemi. Questi sistemi sono funzionanti a tutte le frequenze di lavoro dei sistemi RFID.

Nella categoria dei sistemi high-end troviamo sistemi con un microprocessore e un sistema operativo smart card (OS smart card). L'uso dei microprocessori facilita la realizzazione di procedure complesse di autenticazione e di crittografia usando la logica hard-wired di una macchina a stati. L'estremità superiore dei sistemi high-end è occupata dalle smart card moderne ad interfaccia doppia, che hanno un coprocessore crittografico. La riduzione enorme dei tempi di computazione, che deriva dall'uso dei coprocessori, fa sì che le smart

card senza contatto possono essere usate in applicazioni che impongono alti requisiti di sicurezza.

I sistemi high-end operano alla frequenza di 13.56 MHz.

5.16 I criteri di selezione di un sistema RFID

Come è stato detto precedentemente, esistono un gran numero di variabili in gioco nella scelta tecnologica quando si deve implementare un sistema RFID; è dunque bene ottimizzare la scelta di tali variabili al fine di rendere il sistema efficiente e robusto.

Per fare questo si possono fare delle considerazioni preliminari su quelle che sono le finalità del proprio progetto, lo scenario fisico di utilizzo, il grado di sicurezza richiesto e un'attenta analisi costi/benefici di tale investimento.

Le finalità del progetto devono essere chiare in quanto la tecnologia RFID ha un vasto numero di campi di applicazione consolidati, ma ha anche la possibilità di adattarsi alle situazioni e alle esigenze più diverse. Avere ben chiari gli obiettivi è però determinante per poter scegliere la tecnologia più adatta ai propri scopi: non esistono infatti tecnologie migliori o peggiori, ma solo tecnologie adatte o inadatte.

Lo scenario fisico di utilizzo della tecnologia ha un grandissimo impatto sulle prestazioni che si possono ottenere con sistemi diversi. Lo spettro che spazia dai 125KHz sino ai 5.8GHz è molto ampio: al crescere della frequenza si ha una diminuzione della lunghezza d'onda e si hanno quindi interazioni di tipo diverso con l'ambiente, i materiali e le molecole: si pensi, ad esempio, che i forni a microonde lavorano alla stessa frequenza delle reti Wi-Fi 802.11 (2,45 GHz), pur avendo funzioni completamente diverse: le interazioni con l'acqua che si hanno

a tale frequenza sono ben diverse da quelle che si hanno a 125 kHz o a 13,56 MHz.

Come regola generale vale il principio che le frequenze più basse sono di solito da preferirsi qualora si debba lavorare in ambienti con forte presenza di liquidi o di metalli.

Il caso dei sistemi di identificazione degli animali è il tipico esempio di come un tag LF riesca ad essere letto anche se inserito sotto la cute. Oltre ad interferenze con i materiali possono esserci anche interferenze con altre sorgenti elettromagnetiche, generate ad esempio da macchinari industriali: in genere all'aumentare delle frequenza la sensibilità a questa interferenze diminuisce.

All'aumentare della frequenza inoltre, aumenta anche la quantità di informazione trasferibile nell'unità di tempo, quindi cresce il numero di tag che si possono leggere, come pure cresce la velocità con cui un tag può entrare ed uscire dal campo del reader ed infine aumenta anche la distanza di lettura, poiché, si passa da sistemi ad accoppiamento magnetico a sistemi ad accoppiamento elettrico.

Il grado di sicurezza della propria applicazione impone severe riflessioni.

La sicurezza è fornita da tecniche di crittografia interne al chip che è quindi molto più complesso di quelli che si trovano su normali tag passivi. Di solito crittografare o codificare i dati implica un necessario aumento della mole di informazione da trasferire da tag a reader, con un aumento dei tempi di lettura/scrittura; per questo motivo, in questi casi, si usano sistemi a microonde che garantiscano elevati bit rate.

L'ultimo punto che non può essere trascurato per selezionare un sistema RFID idoneo a soddisfare i propri obiettivi è l'entità dell'investimento commisurato alla valutazione dei benefici che se ne possono ottenere.

Dal punto di vista costruttivo i tag UHF a polarizzazione lineare sono generalmente più economici di quelli LF e HF; ad influenzare il costo però ci sono però molteplici fattori, tra cui è bene ricordare:

- L' inlay dei tag: quelli semplici ad etichetta sono più economici di altri con strutture più robuste, studiate per garantire il funzionamento in condizioni particolari come in presenza di metalli, di alte temperature o di sostanze corrosive;
- La quantità di memoria: memorie più capienti portano a costi maggiori, garantendo però di poter recuperare le informazioni direttamente dal tag, senza essere necessariamente vincolati alla presenza di un sistema informativo (come un database); capacità di memoria molto elevate non possono più essere inserite nel chip, ma occupano un chip aggiuntivo, il che causa anche un aumento nelle dimensioni del tag;
- Il tipo di memoria: per immagazzinare i dati nel tag il sistema di memorizzazione attualmente più utilizzato è rappresentato da una memoria realizzata con tecnologia il EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), che però ha lo svantaggio di un elevato consumo di potenza durante le operazioni di scrittura e un limitato (ma comunque elevatissimo) numero di cicli di scrittura;
- Il grado di sicurezza high-end che si vuole garantire: chip in grado di codificare e decodificare le informazioni in un tempo sufficientemente breve da garantire la corretta lettura/scrittura del tag, aumentano i costi a fronte però di un ben più alto grado di sicurezza.

Nel complesso quindi la selezione di un sistema RFID non è un'operazione semplice, ma richiede uno studio attento delle

problematiche in gioco e spesso anche la possibilità di adattare il processo produttivo a quelle che sono le esigenze tecnologiche.

D'altra parte, la varietà di tecnologia disponibile garantisce varie soluzioni.

I parametri tecnici dei sistemi RFID sono ottimizzati per alcuni campi di applicazione, quali ticketing, identificazione degli animali, automazione industriale e controllo degli accessi.

I sistemi con frequenze più basse sono principalmente usati quando il materiale è ostile alla penetrazione dell'onda elettromagnetica (tipicamente prodotti a base liquida e/o con componenti metalliche) e quando il tag debba essere inglobato nel materiale stesso.

Ne sono un esempio i sistemi di identificazione degli animali in cui il tag è inserito direttamente nell'omero dell'animale stesso e le informazioni possono essere prelevate da un reader con frequenza operativa inferiore a 135KHz.

I sistemi a microonde hanno invece un raggio di azione notevolmente più grande, ma il campo elettromagnetico generato dal reader non sempre riesce a penetrare all'interno del prodotto. In talune applicazioni può essere utile usare tag con alimentazione a batteria.

È importante considerare i campi di interferenza elettromagnetica, generati ad esempio dai macchinari industriali. In tali casi conviene utilizzare sistemi a microonde, meno sensibili a questo genere di disturbi tipicamente a bassa frequenza.

Il raggio di azione del tag dipende dalla conoscenza accurata della posizione del tag, dalla distanza minima fra due tag durante il trasferimento dei dati e dalla velocità con cui il tag attraversa la zona di interrogazione del reader.

Nel caso dei biglietti elettronici per il trasporto pubblico la velocità con cui si attraversa la zona di interrogazione del lettore è molto bassa, la mano del passeggero avvicina il biglietto con il tag al reader, la distanza minima è la distanza fra due passeggeri che entrano nel veicolo.

Per questo tipo di sistemi il raggio di azione ottimale è dell'ordine del centimetro.

Nell'identificazione dei veicoli (caselli autostradali) invece il raggio di azione è dovuto alla massima velocità del veicolo, che contiene il tag, rispetto al lettore nella zona di interrogazione del lettore. Alcune applicazioni dei sistemi RFID impongono particolari requisiti di sicurezza, quali identificazione e crittografia dei dati. Nel caso in cui l'accesso al sistema sia limitato a pochi elementi la probabilità di falsificazione dei dati è molto bassa quindi si può utilizzare un sistema di sicurezza low-end.

Nel caso in cui l'accesso al sistema sia disponibile ad una vasta platea, come nel caso dei biglietti per il trasporto pubblico, la probabilità di falsificazione è molto elevata dunque è necessario utilizzare tag high-end con procedure di identificazione e crittografia dei dati.

5.17 Fattori critici di lettura dei tag

Accanto alle considerazioni legate alla frequenza, esistono ulteriori fattori critici che influenzano le prestazioni di un sistema di lettura RFID.

La potenza generata all'interno del tag è generalmente inferiore a quella proveniente dal lettore, il quale richiede una sensibilità di ricezione estremamente elevata per gestire i deboli segnali di ritorno emessi dai tag. Sebbene sia possibile scegliere i livelli di potenza per soddisfare i

bisogni di differenti applicazioni, non è però possibile avere una completa libertà di scelta, in quanto ci sono dei vincoli legislativi piuttosto stringenti in Europa, un po' meno negli USA. Questa restrizione è ancora più evidente in Italia e nell'ambito delle UHF dove, al momento, la legislazione prevede una potenza di emissione così bassa da rendere di fatto quei sistemi inutilizzabili. Si prevede, però, che nel giro dei prossimi mesi questa limitazione venga rimossa consentendo di raggiungere i 2W, una potenza sufficiente per leggere i tag ad alcuni metri di distanza, il più grosso vantaggio della UHF.

Quindi il livello di potenza disponibile in antenna influenza il range, il modo e l'efficienza con cui una certa frequenza viene impiegata. Accanto a questo, anche la conformazione dell'antenna è importante, in quanto definisce la forma d'onda e ne determina la direzione di propagazione, così che le prestazioni di lettura saranno influenzate dall'angolo sotteso tra il tag e l'antenna [9].

5.18 Il sistema informativo

Le informazioni acquisite dai tag tramite i lettori RFID devono essere processate dai sistemi informativi per dare un significato utile ai codici memorizzati nei tag, e ciò richiede complesse applicazioni software, generalmente distribuite in rete e strutturate in più livelli (*multi-tier*), che hanno il compito di gestire tutto il flusso delle informazioni da e verso le periferiche di acquisizione, memorizzazione e visualizzazione dei dati. Di norma un sistema RFID non sussiste da solo ma va integrato in sistemi informativi già esistenti presso l'azienda, come ad esempio i sistemi per la gestione delle risorse aziendali, noti come ERP

(*Enterprise Resource Planning*) e i sistemi per la gestione magazzino, noti come WHM (*Warehouse Management*).

Esula dallo scopo del presente lavoro di tesi affrontare le problematiche connesse ai sistemi informativi aziendali ed alle molteplici applicazioni che ne fanno parte, ma ci soffermeremo su di un particolare strato applicativo che sempre più assume importanza nell'ambito dei sistemi RFID, tanto da diventarne parte integrante, che riduce in qualche modo la complessità di implementazione della soluzione. Infatti, la mole di dati che viene generata dai sistemi periferici di raccolta automatica dei dati non può essere trasferita in modo grezzo ai sistemi ERP o WHM, ma va opportunamente filtrata ed aggregata attraverso un modulo software che funge da intermediario tra i lettori RFID ed il sistema informativo aziendale. Questo modulo costituisce uno strato intermedio che, come tale, prende il nome di *middleware*.

5.18.1 Middleware

Il concetto di *middleware* nel mondo dell'informatica è piuttosto comune, ma nei sistemi RFID si sta facendo strada piuttosto di recente, da quando la complessità delle applicazioni sta crescendo ed è aumentata anche la disponibilità di lettori di differenti produttori che devono essere tra loro integrati, magari anche attraverso standard e tecnologie differenti. La presenza del *middleware* semplifica notevolmente la gestione del flusso informativo da e verso la periferia tanto che le moderne applicazioni RFID sono tutte basate su un *middleware* più o meno sofisticato.

Il ruolo del *middleware* è quindi quello di “collante” tra i sistemi di raccolta dati e i sistemi che li processano, una intelligenza intermedia

che si sobbarca il compito di trattare i dati, di verificarli e aggregarli in modo che siano utilizzabili nel modo ottimale. Nei sistemi RFID il *middleware* non opera al centro, ma piuttosto all'estremità della rete: cioè ad immediato ridosso dei lettori RFID o sugli stessi lettori, dove svolge tutte le sue funzioni base di filtraggio e *routing* dei dati.

La necessità di utilizzare un *middleware* (figura 36) è legata a due discriminanti principali: la dimensione dell'applicazione e soprattutto la sua complessità. Se la raccolta dati avviene all'interno di sistemi semplici, dove si utilizza un semplice processo, allora probabilmente non è necessaria la presenza di un *middleware*, o comunque, se ne utilizza uno che svolge solo le funzioni base, cioè il compito di controllare la veridicità e la qualità dei dati.

La tecnologia RFID è destinata in futuro ad applicazioni sempre più complesse, o comunque non limitate ad un solo sistema, quindi la presenza di *middleware* sarà quanto mai opportuna [15]. Sul mercato già sono presenti tanti fornitori di *middleware*, ognuno con una propria offerta, differenziata a seconda della dimensione e della complessità. Fino a pochi anni fa il mercato era concentrato solo allo sviluppo di transponder e lettori, ma negli ultimi tempi l'obiettivo si è spostato verso i software RFID e l'integrazione. E quest'ultima è proprio la funzione svolta dai *middleware*, che applicano delle regole operative (*business logic*) che monitorano il flusso dei dati e lo instradano verso i sistemi aziendali che ne fanno uso.

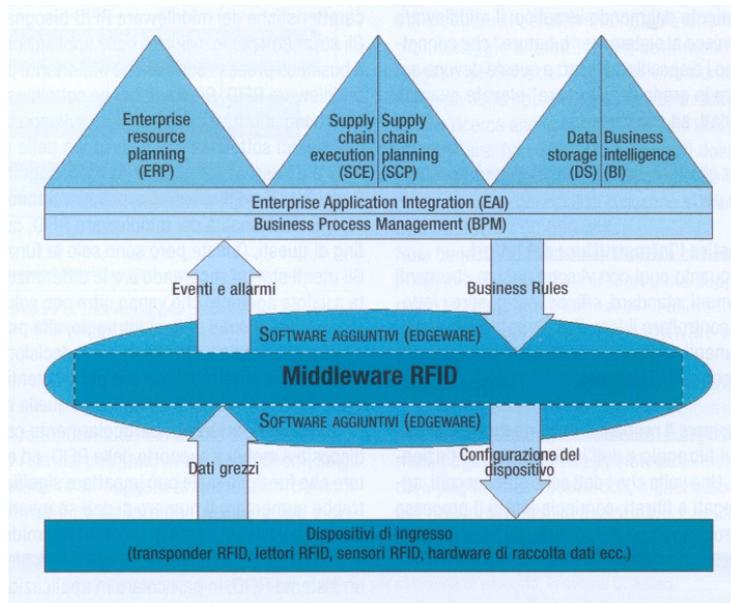


Figura 36: *Middleware* integrato del sistema azienda

Il ruolo sempre più importante del *middleware* consentirà di:

- *gestire l'infrastruttura dei lettori*, in quanto oggi non vi sono ancora strumenti comuni e standard efficaci per gestire i lettori e controllare il loro stato;
- *risolvere il problema della gestione dei dati*, del filtraggio e dell'invio verso i sistemi aziendali. Una volta che i dati sono stati raccolti, aggregati e filtrati, comincia infatti il processo di *routing* (cioè di "instradamento" dei dati alle applicazioni appropriate);
- *supportare più siti fisici e più applicazioni*, tutti quanti con la necessità di accedere ai dati RFID, ad esempio sistemi di gestione del magazzino, *order management systems (OMS)*, *transportation management systems (TMS)*, *data warehouses*, sistemi di pianificazione, ecc.;
- *gestire i dati in velocità e con precisione*, con un adeguato supporto alle applicazioni di rete: cosa che si rivelerà particolarmente difficile quando la prevista mole di dati si scontrerà con i limiti delle

applicazioni preesistenti, del software applicativo e del *software real time* [15].

Un'ulteriore funzionalità che i moderni *middleware* dovranno sempre più garantire è quella di monitorare lo stato di salute dei dispositivi. Infatti è facilmente intuibile quanto possa essere importante avere uno strumento in grado di monitorare e gestire il crescente numero di dispositivi a supporto della RFID, come lettori fissi e mobili. Un lettore che funziona male può impattare negativamente sul flusso dei dati in tempo reale o potrebbe aumentare il numero di dati sbagliati raccolti [20]. Se il *middleware* viene integrato con un sistema di *Network & System Management*, sarà possibile da remoto conoscere in tempo reale lo stato di funzionamento della periferia ed intervenire in modo puntuale su ciascun nodo che manifesti un malfunzionamento, prima che l'intero processo di *tracking* ne venga danneggiato.

5.19 Le sfide della RFID

La RFID presenta un grosso numero di sfide sia tecnologiche che organizzative. Primo, le aziende devono gestire grosse quantità di informazioni generate dalla lettura dei tag sui singoli pallet, scatole o lotti. In aggiunta essi devono implementare architetture software fortemente integrate che permettano a questi dati di essere analizzati e renderli disponibili in tempo reale per i sistemi interni o esterni. Ulteriori sfide sono:

configurazione e gestione dei dispositivi di lettura: il processo può essere semplificato con strumenti altamente automatizzati per il set-up, la configurazione e la gestione dei lotti;

enorme volume di dati: ogni etichetta RFID viene esaminata varie volte in un secondo e alcuni software controlleranno centinaia di prodotti simultaneamente;

mantenimento ed affinamento delle informazioni: ogni qual volta un tag viene esaminato, i suoi attributi chiave devono essere inseriti in un database in tempo reale;

integrazione delle informazioni proprie e dei partner: in un ambiente complesso, come quello della supply chain, l'infrastruttura a supporto deve proteggere i dati posseduti da differenti partner commerciali;

interoperabilità degli standard e dell'architettura: i sistemi esistenti e quelli futuri dovranno convergere verso uno o più standard, e questi dovranno essere fra loro interoperabili.

Per superare queste sfide tecnologiche, le aziende necessitano di stabilire strategie chiave per lo sviluppo della RFID. In questo modo, essi possono creare rapidamente delle interfacce per permettere lo scambio dei dati tra i sistemi informativi (interoperabilità) [9].

Accanto agli aspetti più puramente tecnologici che sono stati già ampiamente affrontati dalle aziende del mondo della IT, ci sono aspetti più critici inerenti la salvaguardia della privacy del consumatore.

5.20 RFID vs. barcode

Tra le sfide che la RFID deve affrontare c'è anche da considerare il confronto con la tecnologia d'identificazione automatica oggi più diffusa, il codice a barre (in inglese *barcode*). La sua diffusione ha raggiunto livelli molto elevati: oggi tutti i prodotti hanno un'etichetta con codice a barre. I fattori che hanno portato al suo successo sono stati il basso costo dell'etichetta e la facilità d'uso, in tutti i settori industriali

e di servizi dove esso viene applicato. Questa tecnologia comprende tutto l'insieme degli apparati necessari alla stampa e alla lettura. I differenti ambiti di applicazione hanno portato alla diffusione di ben 26 sistemi di codifica differenti e ognuno fa riferimento a specifiche funzionalità. In Europa il codice più diffuso è il *barcode* EAN, e viene usato per marcare i prodotti finiti all'origine. Il codice UPC svolge lo stesso ruolo negli USA. Il codice a barre consiste di un'etichetta che contiene un'informazione scritta leggibile automaticamente da una distanza predefinita. Queste stesse funzioni possono essere svolte da un transponder RFID, che è però in grado di svolgere anche alcune funzioni aggiuntive rispetto ai *barcode* [4]:

- Il *barcode* monodimensionale permette di gestire al massimo 40byte per etichetta, mentre i transponder RFID arrivano a gestire anche fino a 8 Kbyte di informazioni;
- Il *barcode* fornisce un'informazione fissa e immutabile, mentre i transponder RFID forniscono la funzione aggiuntiva di scrittura durante il funzionamento;
- Il *barcode* richiede la visibilità ottica tra lettore ed etichetta ed illuminazione adeguata, mentre il transponder RFID non ha altro vincolo della distanza assoluta minima e può essere letto anche all'interno di altri contenitori.

A questi vantaggi supplementari rispetto ai codici a barre, i transponder RFID offrono altre possibilità:

- Univocità dell'etichetta d'identificazione che è associata ad un codice generato dal produttore del chip e che non è duplicabile;
- Sicurezza d'accesso alle informazioni mediante sistemi di crittografia;

- Alta immunità alle condizioni ambientali (illuminazione, polveri, temperatura, ecc...);
- Possibilità di leggere rapidamente un numero elevato di etichette per mezzo di algoritmi di anticollisione [1].

5.21 Ambiti applicativi

Per comprendere l'evoluzione che si attende nel settore RFID nel breve termine, non è sufficiente conoscere lo stato dell'arte della tecnologia, ma bisogna capire lo stato di diffusione effettivo: perciò è necessario fare una fotografia del mercato attuale dell'identificazione automatica che ci permetta di capire come e in che misura la tecnologia RFID è utilizzata [3].

Analizzando i dati del 2000 del mercato dei Paesi più sviluppati (Stati Uniti ed Europa) possiamo capire come già a quel tempo la dimensione complessiva raggiungeva i 450milioni di dollari determinati da oltre 300 milioni di transponder. Quindi possiamo dire senza ombra di dubbio che l'uso della RFID è oggi una prassi molto diffusa. Nell'ambito di questa tecnologia la fanno da padrone i transponder a bassa frequenza con accoppiamento magnetico che occupano circa il 95% del volume totale. Le applicazioni tradizionali a 125MHz sono ancora prevalenti, anche se i transponder a 13,56MHz li stanno soppiantando grazie a due loro caratteristiche principali: l'eccellente rapporto costo/prestazione e la compatibilità degli standard a livello internazionale.

I transponder ad alta frequenza ed attivi sono utilizzati soprattutto in applicazioni specifiche, come ad esempio il Telepass, che denotano un maggiore costo unitario ma presentano volumi di vendita decisamente

inferiori. Se poi raggruppiamo le aree Produzione, Logistica e Vendita in un solo processo che è usualmente definito supply chain, allora possiamo affermare che circa il 60% degli attuali impieghi è concentrato in questa area.

Una ricerca condotta negli Stati Uniti nel 2004 dalla *Venture Development Corporation* ha messo in evidenza che il processo di *supply chain management* rappresenta di gran lunga il settore di maggiore interesse per lo sviluppo di futuri processi d'implementazione. La maggior parte dei progetti RFID che sono stati realizzati negli ultimi anni si è concentrata nei settori o processi che riguardano i servizi e solo in qualche caso ha toccato i beni durevoli e in nessun caso i prodotti di largo consumo [1].

In relazione agli ambiti applicativi, una ricerca dell'Osservatorio del Politecnico di Milano, partendo da un attento esame della situazione italiana e dal confronto con lo scenario internazionale ha delineato le seguenti direzioni di sviluppo:

- negli ambiti applicativi più consolidati – bigliettazione elettronica nel trasporto pubblico, supporto alle operation nei settori manifatturieri e nell'allevamento, controllo degli accessi sui luoghi di lavoro e nei settori del turismo e dell'intrattenimento, ecc.
- in molti degli ambiti applicativi sperimentali - la logistica di magazzino ed il trasporto merci, l'identificazione dei pazienti in ambito ospedaliero, la gestione di attività (asset)
- negli ambiti applicativi futuribili – la gestione dei punti vendita, la tracciabilità delle merci nei beni di largo consumo e nella filiera del farmaco, le applicazioni volte a potenziare le funzionalità di prodotto, dove si concentra una gran parte del valore delle applicazioni RFID per i consumatori finali .

In relazione invece al grado di pervasività lungo la catena del valore, se ad oggi ben poche applicazioni impattano all'interno della stessa organizzazione e pochissime impattano su più organizzazioni all'interno della filiera, è ragionevole attendersi in futuro una maggiore consapevolezza delle opportunità che derivano da un approccio sistemico. In molti ambiti applicativi la gran parte del potenziale si potrà dispiegare solo con scelte collettive da parte di un insieme di organizzazioni, di una filiera, di un'intera nazione e della comunità internazionale [3].

La verifica dei risultati dei progetti già attivati dai principali *retailer* (Wal-Mart, Metro, Marks & Spencer, ecc.) e da alcuni dei principali produttori (Sara Lee, Unilever, Procter&Gamble e Gillette, ecc.) in ambito internazionale, tenendo conto che ogni applicazione RFID va progettata ad hoc,

darà certamente indizi importanti sulle strade da seguire nell'adozione di soluzioni RFID. A tal scopo, il ruolo che stanno cominciando a svolgere associazioni collegiali quali Indicod-Ecr ed Ailog (Associazione Italiana di Logistica e Supply Chain Management), sarà indubbiamente prezioso come supporto alle aziende che si accingono sulla strada del rinnovamento delle tecnologie e dei processi [1].

I benefici offerti da soluzioni RFID possono restare circoscritti al particolare processo interessato dall'implementazione, ma possono anche avere maggiore impatto sull'organizzazione aziendale, fino a coinvolgere l'intera impresa. Dai dati dell'Osservatorio RFID di Milano, le soluzioni sono state distinte in otto campi applicativi:

- Supporto alla catena di fornitura nei vari settori (manifattura, agricoltura e allevamento, servizi);
- Logistica e trasporto merci;

- Ticketing, Customer relationship management e fruizione di servizi;
- Identificazione e tracciabilità di oggetti e di persone;
- Tracciabilità dei prodotti lungo la filiera;
- Gestione dei punti vendita e supporto alla Customer relationship management ;
- RFID per migliorare la funzionalità di prodotto;
- RFID come mezzo di pagamento.

5.21.1 Tracciabilità di filiera

La caratteristica principale dei sistemi RFID, che la rende adatta ai campi d'impiego più disparati, è la tracciabilità, dove con tale termine si intende la capacità di risalire all'identità, alla storia e all'origine di un prodotto. La tracciabilità (*tracking*) è un processo *end-to-end* (dal produttore al consumatore finale) che garantisce la trasparenza dell'intera filiera produttiva. Per tracciare si intende la capacità di raccogliere e tener traccia delle informazioni relative al flusso dei materiali (materie prime, additivi, semilavorati, imballaggi) lungo il processo produttivo, mentre per rintracciare (*tracing*) si intende la capacità di ricostruire, a partire dai dati di tracciabilità, la storia di un prodotto partendo da un qualsiasi punto della filiera produttiva [4].

5.21.2 Supporto alla catena di fornitura

Manifattura

La tecnologia RFID a supporto della catena di fornitura è ormai consolidata, soprattutto dove si impiegano linee automatizzate di assemblaggio e di imballaggio. L'identificazione automatica dei prodotti avviene tramite un tag posto sugli stessi prodotti o sui relativi supporti. Ad esempio, nel settore automobilistico e degli elettrodomestici, trovano impiego da oltre 10 anni tag RFID applicati ai supporti di movimentazione (pallet, carrelli, vassoi, ecc.) per gestire l'avanzamento dei prodotti lungo le linee d'assemblaggio e memorizzare le informazioni sui controlli intermedi. I tag sono associati, infatti, ai prodotti ad inizio linea e sono recuperati al termine della produzione.

5.21.3 Logistica e trasporto merci

Le applicazioni a supporto della logistica e del trasporto merci sono presenti, spesso con caratteristiche simili, in tutti i settori. Un problema tipico delle realtà industriali odierne è l'identificazione delle merci che vengono movimentate, finalizzata sia alla tracciabilità/rintracciabilità interna ed esterna, sia alla produzione della documentazione di trasporto.

Le tecnologie RFID in questo caso risultano di fondamentale importanza per superare tali problematiche, consentendo di implementare a costi accettabili politiche di tracciamento dettagliato delle merci. Identificare ogni contenitore e ogni scaffale di magazzino con tag riduce gli errori nei prelievi e migliora l'identificazione. Non sarà più necessario aprire i colli per verificare il loro contenuto cercando il codice a barre, così come non sarà più necessario effettuare il conteggio manuale per la verifica dell'inventario fisico. Con una

singola scansione sarà possibile identificare e verificare il contenuto dei resi e delle spedizioni. I dispositivi RFID consentono di leggere contemporaneamente più tag, quindi più colli, senza che si verifichino effetti di collisione, con una conseguente riduzione dei tempi di identificazione.

L'utilizzo dell' RFID può essere vantaggioso anche nei punti vendita. Ad esempio, introducendo tecnologie RFID all'interno di un negozio d'abbigliamento, sarà possibile localizzare i capi sugli scaffali, effettuare statistiche dei capi provati e acquistati, riordinare i capi esauriti (in tempo reale), riducendo così le vendite perse e aumentando la conoscenza del mercato. Nell'ambito dei Trasporti, i tag possono essere applicati sia sugli oggetti (scatole, pallet, ecc.), sia sui mezzi di trasporto (vagoni, automobili, ecc.) e/o sul conducente del mezzo per tracciarne lo spostamento nel tempo. L'identificazione dei container e la movimentazione di container trova grande beneficio dall'impiego della tecnologia RFID che permette di individuare i container e di associarli ai mezzi di movimentazione migliorando la gestione del parco automezzi e riducendo i tempi di localizzazione.

Nell'ambito del controllo carico e scarico, grazie ai sistemi RFID, è possibile l'identificazione del carico di un mezzo di trasporto anche con il mezzo in movimento, senza che sia necessaria la visibilità dei prodotti rispetto al sistema di identificazione usato. La tecnologia RFID trova in questa qualità il massimo del vantaggio rispetto al sistema di identificazione con codice a barre.

5.21.4 Identificazione di oggetti e persone

Si fa qui riferimento alle applicazioni che prevedono l'utilizzo di *carte contactless* personali. Nel campo del trasporto pubblico sono utilizzate per convalidare il titolo di viaggio. Un interessante ambito applicativo sperimentale è la possibilità di utilizzare la stessa carta del trasporto pubblico per usufruire di altri servizi come l'ingresso a musei, stazioni sciistiche, servizi di ristorazione e servizi sanitari. Le difficoltà sono di natura organizzativa: se dal punto di vista tecnologico le carte sono già predisposte a ricevere più tipi di contratto risulta però necessaria la cooperazione di più aziende appartenenti a settori diversi.

Per quanto riguarda l'identificazione di persone, sono in corso test tecnologici e progetti pilota allo scopo di identificare in modo automatico e sicuro i pazienti negli ospedali.

La Pubblica Amministrazione, con il Decreto del 2 agosto 2005 del Ministero dell'Interno, ha aperto la strada all'uso di RFID per l'identificazione dei cittadini. Secondo il decreto citato risultano "ammissibili sia la tecnologia contact che, in aggiunta a questa, la tecnologia contactless" con standard di riferimento ISO 14443 e ISO 15693.

5.21.5 Gestione dei punti vendita e supporto alla custode relationship management

In Italia le potenzialità delle tecnologie RFID nei punti vendita della distribuzione moderna sono un terreno ancora sconosciuto. La maggior parte degli studi sono stati svolti da aziende operanti nel settore tessile e moda. Tuttavia, gli studi e le sperimentazioni effettuate non hanno ancora portato ad applicazioni esecutive sia per problemi tecnologici, sia per timori legati alla privacy ed alla pubblicità negativa. L'utilizzo di RFID come supporto alla CRM costituisce un ambito interessante per le potenzialità future. Si tratta di trovare modalità d'interazione con i consumatori nei punti vendita in modo da sfruttare le informazioni, memorizzate nella RFID associato al consumatore, sull'identità, sulle preferenze ed in generale sul suo profilo, in modo da personalizzare il servizio. In questo ambito non c'è nessun tipo di applicazione, tutto deve essere ancora "inventato". L'assenza di applicazioni si spiega sia con le enormi difficoltà tecniche (legate a problemi di hardware RFID e di gestione delle informazioni) sia dal punto di vista della privacy

5.21.6 RFID per migliorare la funzionalità di prodotto

L'adozione di tecnologie RFID per migliorare l'efficienza di prodotto rimane ancora a uno stadio iniziale. Sono in atto progetti sperimentali riguardanti lo sviluppo di elettrodomestici intelligenti: frigoriferi che identificano prodotti e date di scadenza, lavatrici con funzionalità di auto-programmazione e pneumatici dotati di tag per la rilevazione dell'usura. Un altro esempio riguarda il sistema "antiallontanamento" usato per monitorare la posizione dei bambini rispetto a quella dei genitori o per segnalare la perdita (per distrazione o furto) di oggetti personali come portafogli o cellulari. Più concreti sono i progetti che

prevedono di inserire sui prodotti alimentari o d'abbigliamento un tag RFID contenente informazioni sull'origine o sulla qualità dei prodotti.

5.21.7 Applicazioni sul prodotto/oggetto

A seconda dei settori in esame, le applicazioni avranno impatti diversi; per questo motivo si propone di raggruppare le applicazioni RFID in quattro macro-categorie [1]:

- 1) Prodotti di largo consumo;
- 2) Prodotti alla moda;
- 3) Beni durevoli;
- 4) Prodotti freschi.

Prodotti di largo consumo

Questa tipologia di beni è destinata all'acquisto e al consumo, e rappresenta la categoria dei

Fast Moving Consumer Goods (FMCG), ovvero i prodotti destinati alla Grande Distribuzione Organizzata (GDO). Il problema principale di questa categoria è relativo agli alti volumi produttivi, che devono essere movimentati con la possibilità di snellire le operazioni nell'ambito della logistica e del *retail* e di velocizzare i processi di *replenishment* e *reordering* [1].

I principali benefici individuabili nei beni di largo consumo sono:

- ◆ Disponibilità del prodotto a scaffale: l'etichettatura RFID dei prodotti permetterebbe di seguire in tempo reale i livelli di merce in tutto il negozio, assicurando la giusta reattività dei processi sia riguardo al riordino dei prodotti esauriti a scaffale sia riguardo al rifornimento degli scaffali da stock di riserva.

- ◆ Automazione della verifica dell'esito di spedizione e delle attività di controllo della merce in entrata e in uscita
- ◆ Inventario accurato e in tempo reale: la presenza di transponder a livello di prodotto consentirebbe di ottimizzare entrambe le attività (inventario e *picking*): sarà, infatti, sufficiente rilevare la merce in entrata e in uscita per avere quotidianamente l'inventario delle merci [1].
- ◆ Riduzione delle scorte: il problema delle scorte è uno di quelli più gravosi nell'ambito dei beni di largo consumo e la tecnologia RFID può venire in aiuto, assicurando un valido supporto in due aree chiave:
 1. Accuratezza delle previsioni di vendita;
 2. Visibilità del prodotto lungo l'intera supply chain.

Per quello che riguarda il primo punto, i transponder possono registrare a livello di POS l'esatto prodotto venduto (cosa che non accade con i codici a barre, i quali, per esempio, usano lo stesso codice sia per i succhi di frutta a pera che per quelli a pesca). Il secondo punto è un po' il leit-motiv della tecnologia RFID, ovvero la possibilità di conoscere in tempo reale la situazione e la movimentazione delle merci lungo l'intera filiera. Nel caso in cui quest'operazione venisse svolta da tutti gli attori della filiera, il monitoraggio delle scorte ne consentirebbe ovviamente la riduzione.

- ◆ Riduzione delle differenze inventariali lungo l'intera catena: la tecnologia RFID permette di seguire il singolo pezzo lungo l'intera catena, offrendo un aiuto per quanto riguarda il controllo della merce e la limitazione dei danni causati dal furto.

I prodotti di moda

In passato il concetto di moda era applicato ai soli capi d'abbigliamento ed era inteso come diffusione e popolarità raggiunta da un prodotto in un particolare contesto, comunque destinate a mutare e a rinnovarsi nel tempo

La presenza di etichette RFID nei negozi consente da una parte di migliorare la gestione del cliente e dall'altra avere un ritorno immediato delle informazioni relative ai comportamenti d'acquisto e *stock-out*. I vantaggi riscontrabili in questo ambito dal rivenditore sono:

- Verifica della disponibilità del prodotto;
- Riordino immediato dei prodotti esauriti e riduzione delle vendite perse;
- Totale automazione della cassa;
- Controllo dei prodotti in prova;
- Antitaccheggio;
- Gestione personalizzata del cliente.

Notevoli vantaggi possono essere ottenuti anche dal produttore, il quale può sfruttare la presenza di etichette non modificabili per proteggere il proprio *brand*, attraverso:

- Controllo dell'autenticità dei prodotti;
- Verifica dei prodotti acquistati.

Le applicazioni di maggiore interesse riguardano:

- **Contraffazione:** In questo caso la RFID si propone come la soluzione più efficace ed affidabile: il transponder è caratterizzato da un codice univoco e indelebile scritto nella memoria permanente del chip, il che assicura la non duplicabilità del transponder. Poiché ad ogni codice è associato un singolo prodotto, la verifica dell'originalità è immediata.

- Responsiveness: l'obiettivo fondamentale delle aziende è il *match* tra domanda ed offerta. La struttura necessaria a consentire il recupero delle informazioni lungo la catena va indubbiamente al di là dell'ambito della tecnologia RFID, ma indubbiamente i transponder sono fondamentali per il recupero dei dati grezzi che costituiscono la base di partenza del sistema, ovvero il *sell-out*. La presenza nel punto di vendita di un POS RFID consente di conoscere esattamente e in tempo reale le vendite e, di conseguenza, lo *stock*.
- Innovazione/immagine e servizi al cliente: la presenza di etichette RFID permette di creare servizi aggiuntivi, con influenza sull'immagine e sul cliente. Esempi su quanto detto fanno riferimento a nuove modalità espositive, alla possibilità di “allegare” al prodotto certificati di garanzia e alla possibilità di facilitare la manutenzione e la riparazione, tramite il recupero di dati sul prodotto [1].

Beni durevoli

Nei beni durevoli rientrano quei prodotti che non vengono consumati velocemente, e il cui utilizzo si protrae negli anni. In questo settore rientrano diverse categorie merceologiche:

- Elettrodomestici bianchi (frigoriferi, lavatrici e lavastoviglie);
- Elettrodomestici bruni (televisori, lettori DVD, VHS, ecc...);
- Automobili;
- Mobili e arredi per la casa;
- Piccoli elettrodomestici.

A seconda delle categorie considerate, le applicazioni RFID variano e in particolare i campi d'applicazione di maggiore interesse sono:

- *Manutenzione e controllo post-vendita*: la presenza di un transponder permette di recuperare le informazioni relative al

modello, eventualmente necessarie per l'intervento da effettuare, nonché la storia dell'elettrodomestico. Al termine della manutenzione è possibile aggiornare le informazioni sul transponder. La possibilità di inserire sul transponder il giorno dell'intervento ed eventualmente chi ha effettuato il controllo, consentirebbe alle aziende di monitorare l'effettiva attività dei manutentori.

- *Certificazione del collaudo*: il codice univoco del transponder costituisce una prova dell'effettiva realizzazione del collaudo, consentendo di dimostrare che le operazioni registrate dal reader si sono effettivamente realizzate, e permettendo un ulteriore controllo di coerenza locale sulla memoria del transponder stesso.
- *Gestione della reverse logistics*: la presenza di un transponder sul prodotto consente in linea di principio la completa tracciabilità della sua vita. Questo fatto risulta molto importante alla luce delle recenti normative europee, relative all'obbligo del proprietario di un bene durevole di garantire lo smaltimento a fine vita nelle forme previste dalla legge. Le operazioni di smaltimento richiedono un certo costo, che deve essere sostenuto dal proprietario.
- *Antifurto/autenticazione*: nel caso dei beni durevoli di alto valore, il transponder può fungere da certificato d'identità, diventando un reale deterrente sia al furto sia all'acquisto incauto. Infatti la maggior parte dei beni rubati non è utilizzato dai ladri stessi, ma è inserito all'interno di circuiti illegali. In questo modo sarebbe possibile creare banche dati dei prodotti rubati ed effettuare controlli sistematici sia presso privati cittadini sia presso i distributori, disincentivando il fenomeno. Infine se fosse

applicata su tutte le entrate e le uscite, allora l'etichetta RFID potrebbe essere utilizzata anche con una funzione di antitaccheggio. [1]

Prodotti intelligenti e tecnologie a supporto

Sta sempre più prendendo piede la tendenza a definire “intelligente” un prodotto dotato di un sistema di auto-identificazione in grado di comunicare con l'ambiente circostante (tabella 9). La definizione proposta di “prodotto intelligente” è legata al verificarsi delle seguenti caratteristiche:

- è dotato di un identificativo univoco;
- è capace di comunicare con l'ambiente circostante;
- può memorizzare dati riguardanti se stesso;
- è possibile esprimere le sue caratteristiche e fabbisogni mediante un meta-linguaggio;
- è capace di prendere decisioni pertinenti il suo destino.

In particolare possono essere definiti due diversi livelli di prodotto intelligente:

- livello 1: appartengono a questa classe quei prodotti che consentono di comunicare il loro status (forma, composizione, locazione, caratteristiche chiave), in pratica sono prodotti del tipo *information oriented*;
- livello 2: appartengono a questa classe quei prodotti che, oltre al loro status, sono in grado di influenzare le loro funzionalità. Abbiamo quindi dei prodotti del tipo *decision oriented* [2].

La possibilità di implementare soluzioni appartenenti al livello 1 è il *focus* attuale dei sistemi AUTO-ID messi a punto dal MIT di Boston ed ha buone capacità di portare benefici nel breve periodo (che nel settore

corrispondono a 2-5 anni), mentre sono numerosi gli sforzi della ricerca che intende dimostrare la fattibilità di un prodotto intelligente del livello 2 in tempi compresi tra i 5-10 anni.

Le tecnologie disponibili per la realizzazione di prodotti intelligenti riguardano sostanzialmente gli *Organic Light Emitting Diodes* (OLED), *display* a colori e illuminati con immagini in movimento e soprattutto applicabili su carta od altro materiale pieghevole; i circuiti a transistor sottili, denominati *Thin Film Transistor Circuits* (TFTC); le batterie totalmente biodegradabili.

A questo punto c'è da chiedersi perché è necessario spingersi tanto oltre e cosa non va nei chip in silicio? Il motivo non è legato solo ai costi, ma anche al fatto che i chip in silicio sono delicati e non adatti in certi ambienti lavorativi ostili per condizioni ambientali o quant'altro; ambienti dove, però, la RFID ha un massimo potenziale di crescita nei prossimi anni. Inoltre c'è da considerare il costo, la cui questione è praticamente insormontabile: un tag con chip in silicio costa attualmente da 0,20 fino ad 1 Euro, e questa cifra è troppo elevata per applicare il tag a tutti gli oggetti in commercio. È chiaro che con la *printed electronics* si avranno circuiti con prestazioni inevitabilmente inferiori a quelle dei chip in silicio, ma con caratteristiche di costo, di flessibilità produttiva ed applicativa tali che consentiranno una rapida diffusione nell'identificazione a livello di singolo prodotto (*item level*)

Tabella 9 - Funzionalità di un prodotto intelligente direttamente coinvolto nel processo decisionale

CLASSE DI FUNZIONALITA'	METODO DI IMPIEGO	APPLICAZIONI POTENZIALI
Stato del prodotto	In questo scenario, un prodotto si potrebbe adattare ai suoi obiettivi sulla base degli aggiornamenti del suo ambiente. Per esempio un cartone di latte, passando attraverso il lettore, acquista	- prezzo dinamico basato sul ciclo di vita del prodotto; - processo di <i>picking</i> dinamico per la rotazione delle scorte;

	l'informazione della temperatura dal lettore. In caso sia più alta di quella ottimale, il cartone potrebbe ridurre la data di scadenza.	- costo del prodotto dinamico per ordini incompleti.
Valutazioni e negoziazioni delle opzioni	Un prodotto che richiede una trasformazione potrebbe negoziare con il sistema per scegliere un percorso di produzione e uno di distribuzione che incontra i suoi criteri	- programmazione delle consegne in tempo reale e basate su percorsi meno congestionati; - allocazione delle consegne in tempo reale in caso di disturbo del sistema.
Istruzioni di risorsa 1. lavorazione	Le modalità di lavorazione del prodotto sono immagazzinate sul sistema informativo. Questa modalità può essere scaricata direttamente dal PLC di una macchina di produzione ed eseguita immediatamente quando l'oggetto giunge in lavorazione. Questo permette l'esecuzione parallela della programmazione, lavorazione, progettazione e produzione.	- Le capacità di una produzione flessibile possono potenzialmente ridurre le barriere di costo e di tempo per la <i>mass customisation</i> ; - i cambiamenti dell'ultimo minuto possono più facilmente essere affrontati migliorando il servizio del cliente.
2. approvvigionamento	Un prodotto può richiedere il rifornimento basato sul livello inventariale minimo o sulla domanda in tempo reale, grazie alle accurate informazioni disponibili.	- differenti clienti possono richiedere lo stesso prodotto.
3. prelievo	Basato sullo stato e sul tracking del prodotto, il processo di picking può essere dinamicamente corretto sulla base della priorità dell'ordine del prodotto. Le correzioni dinamiche potrebbero essere necessarie per i ritardi delle consegne ai magazzini.	- l'autogestione delle scorte si può meglio adattare ai disturbi del sistema; - la gestione automatica delle giacenze potrebbe condurre ad una più accurata soddisfazione delle richieste del cliente.
4. distribuzione	La migliore visibilità della disponibilità delle scorte presenti nei magazzini consente di ottimizzare le consegne. In caso di ritardo di consegna, i mezzi potrebbero essere rispediti a clienti differenti, a seconda della priorità dell'ordine.	- l'allocazione dinamica delle consegne può ridurre il numero dei ritardi e quindi gli stock-out.
5. fine ciclo di vita	Informazioni dettagliate sulle parti costituenti il prodotto possono essere ottenute direttamente dal prodotto ed utilizzate in un impianto di riciclo/riuso per il recupero delle parti ancora utilizzabili.	- potenziale recupero di componenti riutilizzabili, materiali a costi ridotti per nuovi articoli.

tagging) [14].

Esaminiamo ora il modo in cui l'impiego di sistemi RFID può aumentare non solo la raccolta delle informazioni, ma anche la natura del tipo di decisioni prese attraverso la supply chain. Parliamo, quindi, dell'impiego di prodotti intelligenti

Funzionalità - La tabella seguente fornisce le classi di funzionalità per un prodotto intelligente direttamente coinvolto nel processo decisionale, e indica come queste funzionalità possono essere impiegate e le possibili applicazioni. È importante notare che le funzionalità elencate non sono esaustive ma sono enunciate per evidenziare i possibili usi nella supply chain [2].

5.21.8 RFID come mezzo di pagamento

L'impiego di card RFID come "borsellini elettronici" è ancora lontano. L'emissione di biglietti elettronici con moneta a bordo sarebbe uguale all'emissione di denaro e richiederebbe l'intermediazione bancaria e l'operazione di recupero dell'IVA (differente secondo la tipologia di servizio). Del resto il mondo bancario, al momento, sta passando dalla banda magnetica alla tecnologia a contatto. In Italia non sono quindi previste, almeno per ora, applicazioni che prevedono l'utilizzo di *smart card contactless* per piccoli pagamenti. Alcune forme sperimentali di pagamenti contactless mediante *smart card* RFID sono utilizzate da alcune aziende (es. Gruppo Autostrade) in modo da essere pronte nel momento in cui il settore bancario dovesse decidere verso queste soluzioni. Più semplice è il caso in cui la card RFID è impiegata per pagamenti all'interno di sistemi "chiusi" come, ad esempio, nelle strutture resort in cui in genere non viene utilizzato denaro contante e in cui la velocità della transazione, dato l'elevato flusso di turisti da gestire, è un fattore importante. Nelle biblioteche si sta immaginando di utilizzare le card RFID per pagare il servizio di fotocopiatura. Sempre in questo ambito rientrano anche altri progetti di grande importanza, come

il Telepass di Autostrade che può essere considerata una tecnologia consolidata ormai da anni.

5.22 RFID nella Supply Chain

Allo scopo di evidenziare quale contributo può fornire ad un'azienda la tecnologia RFID, sarà necessaria una più dettagliata e chiara descrizione del suo potenziale, con particolare riferimento all'analisi dei benefici dell'uso della RFID nella Supply Chain con particolare riferimento al tracciamento di pallet e casse, pur non tralasciando il *tagging* a livello prodotto, sebbene per quest'ultimo esiste una oggettiva difficoltà attuale nell'implementarlo.

I processi che saranno descritti sono i seguenti:

- Processo attuale
- Processo con RFID a livello di pallet
- Processo con RFID a livello di cassa.

La descrizione che faremo parte dalla fine della linea di produzione di un'industria fino alla movimentazione del prodotto nel magazzino. Il modello di supply chain considerato è caratterizzato da uno stabilimento di produzione con un magazzino nelle vicinanze. Da qui i prodotti si muovono passando attraverso il CEDI del distributore fino ad arrivare nel punto di vendita.

Comparando l'attuale processo con quello che si avrebbe usando la RFID è possibile rilevare diversi benefici.

Per completezza sarà fatta la distinzione tra il *tracking* a livello di pallet e quello a livello di cassa, e in più sarà analizzato l'impatto in termini di:

- benefici dell'automazione, grazie all'RFID che fornisce risparmi sia di tempo che sul costo del lavoro;
- benefici derivanti dall'impiego di nuovi processi, attuabili grazie alla RFID, con la possibilità di raggiungere nuovi livelli di efficienza;
- benefici derivanti dall'introduzione di dati puntuali di *tracking* (per esempio, conoscere quali magazzini hanno ricevuto i prodotti che sono stati richiamati);
- benefici derivanti dalla collaborazione, dove il fattore primario da considerare è derivato dalla condivisione di dati tra il produttore e il rivenditore, e viceversa [5].

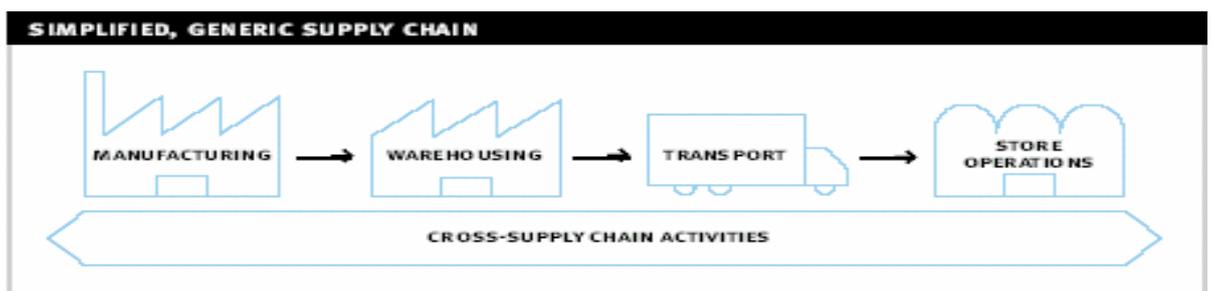


Figura 37: Visione semplificata della Supply Chain

Prima di andare sui singoli passi del processo, è conveniente dare una breve descrizione del flusso del prodotto in una tipica supply chain che raffiguriamo nello schema di Figura 37.

Nello stabilimento del produttore, i pallet sono assemblati direttamente dopo la linea di produzione e in seguito essi o sono stoccati nel magazzino dell'impresa o sono spediti direttamente ad uno dei centri di distribuzione del produttore. In questa fase sono maneggiati solo pallet completi.

Per il modello di SC considerato, la maggioranza delle consegne dei prodotti sono effettuate dai magazzini dell'azienda ai CEDI del rivenditore.

Al fine di allestire un ordine per il CEDI, i pallet sono rimossi dall'area di immagazzinamento e posizionati nell'area di spedizione da dove essi sono caricati sui camion. Quando gli autocarri arrivano al CEDI, i pallet sono scaricati e la consegna viene controllata: solo dopo, i pallet, sono immagazzinati nel CEDI. Alcuni dei pallet sono inviati così come sono stati ricevuti dal CEDI al magazzino, mentre la maggior parte di essi sono pallet misti. Questi ultimi sono raccolti nel centro di distribuzione del rivenditore. Prima della spedizione, i pallet che appartengono ad un ordine, sono assemblati nell'area di spedizione. Quando arriva un autocarro, i pallet sono caricati sul mezzo e portati al punto di vendita. Il magazzino provvede a ricevere le consegne da più di un CEDI. Inoltre, esso riceve anche consegne a magazzino direttamente dai produttori. Il deposito effettua dei controlli sui pallet. Essi sono stoccati in deposito fino a che non vengono posizionati all'interno del magazzino. Le casse che non possono essere collocate sugli scaffali sono sistemate sul retro, fino a che torni disponibile lo spazio sugli scaffali [5].

Passiamo ora ad introdurre il modello dei benefici e del processo.

Per la nostra analisi, distinguiamo tra le varie fasi del processo per ognuna delle tre entità della supply chain. Queste fasi non devono

essere intese come una lista esaustiva delle attività svolte in generale. In particolare ci si è focalizzati sui quei processi che vengono impattati dall'uso di RFID a livello di pallet e di casse. Queste sono principalmente quelle fasi che riguardano il flusso fisico dei prodotti. È necessario comprendere quali sono i processi correnti e quali sono i cambiamenti che seguono l'adozione della RFID. Ciò richiede un livello di dettaglio maggiore di quello descritto sopra [10].

A questo punto è importante dare enfasi al fatto che la supply chain è unica.

I processi sono diversi, e soprattutto differiscono i modi con cui certi benefici possono essere conseguiti. Ogni modello è necessariamente limitato nella sua capacità nel rappresentare la realtà. Dalle analisi condotte, diviene chiaro che la maggior parte dei benefici risultanti dai cambiamenti di processo presso il produttore sono riferiti al *tracking* a livello di pallet, mentre per i magazzini dei rivenditori, i maggiori benefici sono relativi al *tagging* a livello di cassa. Il CEDI del rivenditore si pone solitamente nel mezzo.

Questo è principalmente dovuto al fatto che unità di handling rilevanti passano dalla forma di pallet completi a pallet misti e casse, non appena essi si trasferiscono a valle nella supply chain. Questo potrebbe dare ai produttori l'impressione che la maggior parte dei benefici, che si ottengono dal *tagging* a livello di cassa, vadano ai dettaglianti [10]. In poche parole, la RFID conduce ad un'ottimizzazione degli attuali processi o a nuovi processi a valore aggiunto.

Valutiamo ora separatamente i benefici che possono derivare dal *tagging* a livello di pallet e da quello a livello di cassa. I benefici sono valutati nell'ottica del modello di supply chain sopra descritto. Per alcune fasi del processo, c'è più di un beneficio rilevante.

Benefici del tagging a livello di pallet

Analizziamo i benefici nello stabilimento e nel magazzino del produttore:

- ❑ Assemblaggio del pallet – dopo l’assemblaggio del pallet nella fabbrica, viene applicata un’etichetta con codice a barre, la quale viene manualmente scannerizzata allo scopo di associare il *barcode* al pallet. La misura dei benefici che possono essere raggiunti automatizzando queste fasi del processo dipende fortemente dal tempo necessario ad un operatore per identificare il pallet e il relativo codice. Il produttore potrebbe dunque decidere di attaccare un tag RFID, per fornire informazioni addizionali sul pallet da processare a valle della filiera, e un *barcode* per quei partner della supply chain che non usano già soluzioni RFID.
- ❑ Ricezione dei beni: con la RFID a livello di pallet, la fase dello *scanning* manuale del *barcode* sul pallet per creare un inserimento nel sistema di gestione magazzino, può essere automatizzata. In aggiunta, l’accettazione di una consegna può essere automaticamente confermata al fornitore.
- ❑ Fase di immagazzinamento: ci possono essere differenti benefici in questa fase del processo. Primo, i tag RFID possono eliminare il bisogno d’identificazione manuale dei pallet quando il prodotto è immagazzinato o rimosso dall’area di stoccaggio. Inoltre, la locazione di stoccaggio può essere automaticamente verificata se le locazioni stesse sono dotate di tag RFID. Questo consente di risparmiare tempo per l’esecuzione (i tag RFID possono aiutare a ridurre il numero di errate collocazioni dei pallet in un magazzino). Secondo, i tag RFID sui pallet possono condurre ad un cambiamento del processo, che permette di ottimizzare lo stoccaggio dei pallet nel

magazzino. Spesso le aziende assegnano ad un pallet una locazione fissa, anche prima che il pallet arrivi. La locazione è poi stampata sull'etichetta del pallet. Comunque, l'area di stoccaggio ottimale potrebbe cambiare e le aziende potrebbero trarne un beneficio dall'assegnare le locazioni di stoccaggio dinamicamente solo nel momento in cui il pallet arriva. Quando il tag RFID sul pallet è letto, il sistema di gestione del magazzino determina la locazione di stoccaggio e trasferisce l'informazione all'operatore del carrello nel momento in cui esso attraversa un portale RFID.

- Assemblaggio del carico: invece di assemblare i pallet da spedire prima dell'arrivo dell'autocarro, i pallet potrebbero essere mossi con una modalità *just-in-time* e caricati direttamente sul camion. Questo significherebbe creare un nuovo processo in cui la richiesta per la rimozione dei pallet dal magazzino è processata dinamicamente sulla base dell'arrivo dei camion. Sebbene quanto descritto possa essere realizzato anche con i *barcode*, i tag RFID, comunque, possono garantire una funzione in più, ovvero quella di verifica automatica dei pallet prima che essi vengono caricati sul camion, senza l'obbligo di svolgere manualmente quest'operazione. Questo nuovo processo può condurre ad una riduzione del tempo di lavorazione per l'assemblaggio del carico del mezzo e ad una riduzione dell'area da dedicare alle spedizioni, che in alternativa possono essere destinate ad altro uso.
- Caricamento dell'autocarro: allo scopo di verificare la consegna, in genere, vengono letti i codici a barre su tutti i pallet, un'operazione piuttosto onerosa in termini di tempo. I tag RFID sui pallet possono automatizzare questa fase e ridurre il tempo di lavoro.

Valutiamo questi stessi benefici nel CEDI del dettagliante:

- ❑ Ricezione della spedizione: nell'area di ricezione nel CEDI, i pallet sono identificati manualmente quando un camion viene scaricato, e la consegna è controllata sulla base della nota e dell'ordine effettuato. I tag RFID sui pallet consentono l'identificazione automatica del pallet e risparmio del tempo di lavoro per l'identificazione del pallet nel processo di ricezione.
- ❑ Fase di pallettizzazione: i miglioramenti sono qui molto simili ai miglioramenti ottenuti nella fase di immagazzinamento. L'identificazione automatica del pallet e della locazione di stoccaggio possono di nuovo liberare del tempo di lavoro da destinare ad altre fasi.
- ❑ Caricamento del camion: come per il produttore, le etichette dei codici a barre sono di solito scannerizzate per verificare la consegna. Con i tag RFID sui pallet, la fase di identificazione dei pallet può essere automatizzata.

Per quel che riguarda il punto di rivendita:

- ❑ Ricezione dell'ordine: nel punto di rivendita, i pallet ricevuti sono identificati manualmente e i pallet consegnati sono comparati con la nota di consegna e l'ordine. Con i tag RFID sui pallet, la fase di identificazione dei pallet può essere automatizzata.

Benefici del tagging a livello di cassa

Valutiamo i benefici connessi all'industria e al magazzino del produttore:

- ❑ Assemblaggio del pallet: leggendo i tag RFID sulle casse, che devono essere posizionate sul pallet, il produttore può controllare automaticamente che i pallet siano completi.
- ❑ Processo di ritorno e di richiamo: i dettaglianti instradano i ritorni di materiale quando essi scoprono prodotti difettosi in una consegna o prodotti che non sono stati ordinati. Questi ritorni necessitano di essere gestiti a magazzino. I tag RFID sulle casse possono ridurre gli sforzi di movimentazione, dal momento che le casse da restituire, possono essere registrate automaticamente. Inoltre, i produttori possono beneficiare dei tag RFID sulle casse durante i richiami del prodotto. Questi ultimi creano problemi per diverse ragioni: i produttori devono richiamare i prodotti che causano rischi di salute per i consumatori, ma essi chiedono anche ai dettaglianti di restituire i prodotti, perché per esempio essi sono stati etichettati in modo errato. I tag RFID sulle casse possono fornire un più accurato livello di tracciabilità del prodotto dal momento che vengono tracciate le singole casse di prodotto, anziché l'intero carico di produzione. I produttori potrebbero beneficiare di ciò in diversi modi. Primo, i ritorni del prodotto possono essere gestiti più efficientemente, perché le casse in ritorno possono essere identificate automaticamente. Secondo, i produttori potrebbero essere in grado di formulare richieste maggiormente mirate per recuperare certi prodotti, che portano a costi più bassi. Terzo, la conoscenza dei prodotti tracciati ad un livello molto granulare potrebbe incrementare la fiducia del consumatore nella qualità del prodotto e al tempo stesso le vendite e i margini (la sicurezza e la salute del consumatore è una delle ragioni principali per l'adozione di sistemi di tracciabilità).

Vediamo cosa avviene, invece, nel CEDI del rivenditore:

- ❑ Ricezione della spedizione: nell'area di ricezione della merce nel CEDI, sono controllate sia la qualità che la quantità del prodotto consegnato. I tag RFID sulle casse possono eliminare il bisogno di controllare il numero delle casse sul pallet. Se le note di consegna sono disponibili elettronicamente, le consegne stesse possono essere automaticamente confermate.
- ❑ *Picking* di pallet misti: i tag RFID sulle casse possono consentire l'esatta determinazione di quali casse siano state aperte. Questo può avere due effetti. Primo, riduce il tempo di prelievo che è generalmente necessario per confermare manualmente il numero di casse oggetto di operazioni di *picking*. Secondo, può eliminare il bisogno per controlli addizionali più accurati nelle ultime fasi. Per esempio, alcuni centri di distribuzione dei rivenditori conducono semplici operazioni di conteggio dei pallet dopo che il processo di *picking* è finito allo scopo di monitorare l'accuratezza del *picking* stesso.
- ❑ Processo di recupero/rientro: il processo di recupero può diventare più efficiente con i tag RFID a livello di cassa. Il discorso è molto simile a quello fatto per il magazzino del produttore.
- ❑ Livello inventariale: molti degli sforzi per il controllo inventariale nei CEDI va al controllo della quantità di casse sui pallet che sono stati posizionati nell'area di *picking*. Se diventa possibile determinare esattamente quante casse di prodotto sono su un pallet leggendo i tag RFID sulle casse, lo sforzo per il conteggio manuale può essere drasticamente ridotto.

Le cose cambiano quando ci riferiamo al punto di vendita:

- ❑ Ricezione dell'ordine: a differenza delle consegne dal CEDI del rivenditore, che non sono in genere controllate nel punto di vendita, il personale controlla tutte le consegne dirette a magazzino ricevute dal produttore. Definendo la presenza e la possibilità di lettura di tag RFID su tutte le casse che sono su un pallet, il tempo per il controllo manuale risulta ridotto. Inoltre, automatizzando il processo di controllo, il rivenditore potrebbe intravedere errori nelle consegne che precedentemente erano rimaste ignote. Questo evita la fatturazione per quei prodotti che non sono stati consegnati.
- ❑ Effetto dei cambiamenti nel processo di *picking* dei pallet misti nel punto vendita: l'aumento dell'accuratezza del *picking* nel CEDI del dettagliante non conduce solo a benefici, ma ha anche un impatto sulle performance del magazzino. Primo, una più elevata accuratezza significa ridotte perdite di prodotti in una consegna che può incrementare la disponibilità del prodotto. Questa dipende dal fatto che i prodotti siano richiesti per il rifornimento degli scaffali prima dell'arrivo della prossima consegna allo scopo di evitare una situazione di *stock-out*. Secondo, se gli errori in una consegna non sono scovati, essi conducono ad un disallineamento tra i dati di giacenza nel sistema di gestione delle scorte e la giacenza fisica nel magazzino. Alcuni magazzini usano sistemi computerizzati per generare automaticamente ordini. Se queste indicazioni sono basate su informazioni poco accurate, allora c'è il rischio che troppi, o troppo pochi, prodotti potrebbero essere ordinati. Nel primo caso, questo conduce ad un eccesso di scorte. Nel secondo caso, si giunge ad una situazione di *stock-out*. È stato stimato che circa un terzo dei periodi di *stock-out* sono causati da errati ordini o previsioni a magazzino. Terzo, talvolta ci sono prodotti in una consegna da un

CEDI che non sono stati ordinati. Se i prodotti sono elencati a magazzino, questo porta a giacenze aggiuntive.

- Stoccaggio a scaffale: la RFID a livello di cassa permette la separazione delle giacenze a magazzino in giacenze da tenere in deposito (o sul “retro”) e giacenze da tenere sugli scaffali. Questa separazione non esiste al momento e può aiutare a ridurre gli *stock-out* in due modi. Primo, la visibilità delle giacenze nel deposito può aiutare gli impiegati a determinare se potrebbero esserci prodotti sul “retro” di cui essi non sono a conoscenza, comportando che i prodotti vadano in *stock-out* sugli scaffali sebbene essi siano a magazzino. Una recente ricerca suggerisce che in circa il 30% dei casi di *stock-out*, i prodotti sono realmente in magazzino invece di essere sugli scaffali. Secondo, la separazione proposta può aiutare a generare una stima disomogenea del numero di prodotti ancora sugli scaffali. Questa stima può essere generata combinando l’informazione sul numero di casse mosse a livello del magazzino con i dati di vendita ottenuti dal punto vendita. Questa stima non potrà mai essere completamente accurata, dato che, furti, danni e scansioni errate portano a dati sulle giacenze non totalmente affidabili. Terzo, se si sta verificando una situazione di *stock-out* e ci sono ancora giacenze a magazzino, una richiesta di rifornimento del prodotto dal magazzino può essere innescata automaticamente. Infine è anche utile precisare che i tag RFID sulle casse (o perfino sul singolo articolo nel futuro) non possono eliminare completamente le situazioni di *stock-out* ma certamente ridurre il numero di cause che portano a tale condizione, migliorando la gestione delle scorte. [5]

□ Processo di ritorno/richiamo e *pickup*: ci sono due aspetti che necessitano di essere descritti. Il primo è relativo al processo di movimentazione fisica dei prodotti. I tag RFID sulle casse possono aiutare a rendere il processo di registrazione delle casse da recuperare più efficiente, senza tener conto se i prodotti sono restituiti a causa di un richiamo o perché il magazzino ha scoperto che i prodotti che sono stati consegnati o non erano stati ordinati o sono danneggiati. Il secondo è relativo all'identificazione dei prodotti che necessitano di essere recuperati in caso di richiamo. Se il punto di vendita riceve una richiesta per il richiamo di certi prodotti, il personale inizia a cercare quei prodotti nel magazzino. Al momento, il magazzino non può determinare se specifiche casse sono ancora nel deposito o sono già sugli scaffali. Una tale separazione può ridurre lo sforzo di locazione dei prodotti nel magazzino. Inoltre, sulla base del numero seriale delle casse, il CEDI potrebbe essere in grado di notificare il richiamo solo a quei magazzini che hanno ricevuto i prodotti difettosi. [10]

5.23 Impatto su diverse categorie di prodotto

Analizziamo ora come i potenziali benefici dell'adozione della RFID siano sensibili a certi parametri tipici della supply chain, con riferimento a certe categorie di prodotto. Per prima cosa guardiamo quali differenze ci sono tra le supply chain e le categorie di prodotto, differenze rilevanti quando si applica la RFID sia sui pallet che sulle casse. Le differenze possono esistere con riferimento al livello attuale di efficienza all'interno della supply chain, al numero di *step* di lavoro, alla proprietà fisica del prodotto, a problemi specifici dello stesso (ad

esempio, furti, livello di domanda, variazioni stagionali della domanda, promozioni del prodotto) e al suo prezzo.

- Numero di *step* di lavoro nella supply chain: ci sono supply chain che non si strutturano in sole tre entità, magazzino del produttore, CEDI e deposito del rivenditore. Le supply chain possono coinvolgere entità addizionali, per esempio i CEDI gestiti dal produttore per l'aggregazione dei prodotti fabbricati in differenti locazioni. In questi casi, ci sono fasi di processo addizionali che la RFID può aiutare a migliorare. In altre supply chain, i benefici potrebbero essere ridotti. Per esempio, specialmente i grossi supermercati ricevono consegne direttamente a magazzino di pallet completi per alcune categorie di prodotto. In questi casi, i benefici relativi ad un miglior processo di *picking* non sono rilevanti, poiché il *picking* stesso non ha luogo.
- Proprietà fisica del prodotto: questo aspetto è particolarmente rilevante per il *tagging* a livello di cassa mentre è meno importante per il *tagging* a livello di pallet. La proprietà fisica del prodotto può avere un impatto sul tipo di tag che è necessario e sul come attaccarlo. I liquidi e i metalli possono diminuire la percentuale di tag letti.
- Problemi specifici del prodotto: sono numerosi i problemi legati al prodotto e la lista seguente non può essere esaustiva. Il furto per esempio: alcuni prodotti sono rubati più spesso di altri. Gillette, una delle aziende più attive nel campo RFID, sta fronteggiando il problema di elevate percentuali di furti per alcuni dei suoi prodotti, come ad esempio i rasoi. Essi considerano la RFID come una potenzialità per scovare e ridurre i taccheggi. La promozione del prodotto è un altro problema da

fronteggiare, in quanto causa riduzioni di scorte a magazzino. L'adozione della RFID per migliorare il processo di rifornimento dal deposito, può potenzialmente avere un forte impatto sulla disponibilità del prodotto, ma non con la stessa efficacia per tutti generi di prodotti. [5]

5.24 Gestione operativa e mandati della RFID nella Supply Chain

Sul finire del 2003, Wal-Mart emise un mandato richiedendo ai suoi principali 100 fornitori di collocare etichette RFID su tutte le casse e i pallet che consegnavano al suo principale centro di distribuzione, in modo da avviare l'implementazione della tecnologia in maniera efficace sin dall'inizio del gennaio 2005. Una scelta alquanto discutibile da parte della nota catena di supermercati, che sfruttava il suo maggiore potere contrattuale per ottenere un ritorno esclusivo e costringendo i suoi fornitori ad investimenti notevoli e di difficile sostentamento. In risposta alla grande crescita del numero di mandati d'adozione della RFID, le società di consulenza mondiali stanno sviluppando competenze approfondite sull'argomento in modo da supportare le aziende ad indirizzare la complessità dello sviluppo RFID. Nel frattempo, tale tecnologia sta cambiando rapidamente, in quanto i fornitori di componenti RFID stanno investendo tantissimo per migliorarla e per ridurre gli inconvenienti che ancora sussistono, così da accrescerne le opportunità di diffusione ed adozione su larga scala.

D'altro canto ci sono già molte compagnie che stanno sperimentando la RFID per trarne dei vantaggi immediati dal punto di vista dell'efficienza. Altre stanno sforzandosi di differenziare loro stesse

dagli altri *competitor*, inglobando la RFID come parte delle loro offerte di prodotto e di servizio.

Gli RFID e i codici a barre sono entrambe tecniche di auto-identificazione: i produttori, quindi, continueranno ad usare codici a barre a tempo indeterminato come fattore di *backup* nel momento in cui fallisce la lettura dei tag. Le aziende hanno diverse possibilità per soddisfare i mandati RFID, dai meno costosi, come i modelli di *slap-and-ship*, ai più costosi ed integrati modelli che incorporano tecnologie RFID in tutta la produzione ed in tutte le linee di assemblaggio.

Molto dell'interesse della RFID è tuttora sul costo dei chip e dei tag. Ma implementando un sistema RFID completamente integrato si incorre in molteplici costi, comprendenti lettori, tag, stampanti, *middleware*, infrastrutture, consulenze, implementazione, gestione del cambiamento, fornitori dei servizi. Gli investimenti in RFID potranno crescere considerevolmente non appena saranno resi disponibili a costi più accessibili e con capacità più avanzate, ad es. l'integrazione dei lettori nei magazzini (gate o scaffali), apparecchiature di etichettatura integrate con i tag e apparati di lettura connessi in rete.

- In aggiunta ai costi iniziali d'implementazione, le aziende sperimenteranno anche diversi costi ricorrenti, comprendenti tag, mantenimento della tecnologia, ricerca e sviluppo, riposizionamento dell'hardware dovuto al rapido evolversi della tecnologia. Gli analisti del settore hanno stimato che un produttore che opera su larga scala nel campo dei beni di largo consumo, spenderà mediamente dai 9 ai 25 milioni di Euro annualmente per conformarsi ai mandati RFID che gli vengono richiesti. Mentre molte aziende si adeguano ai mandati RFID, sono poche, invece, quelle che si stanno adeguando alla

tecnologia per ottenere dei benefici interni nell'ambito della gestione operativa.

È altresì diffusa l'errata opinione che le aziende non possano incrementare il proprio profitto con l'impiego di tecnologie RFID. Se questo può essere vero nel breve termine, a causa degli ingenti investimenti necessari, è ampiamente dimostrato che il ritorno dell'investimento (ROI) ci può essere ed in tempi neppure eccessivi.

I costi e la complessità della soluzione si ridurranno col tempo, e l'esperienza fatta nell'attività di ricerca renderà presto la RFID una realtà.

Il concetto di RFID basato sul modello EPC –electronic product code– nella SC è questo:

- i fornitori usano i tag RFID con un numero univoco EPC a cui legano tutte le informazioni di business;
- i fornitori mandano i dati EPC via Internet ad un servizio centralizzato EPC;
- questo servizio traduce i dati e li trasmette agli altri partner della SC, inclusi i dettaglianti;
- da queste periferiche di snodo (*hub*) di informazioni EPC, i partner della SC rintracciano i dettagli su ogni prodotto letto dal sistema RFID.

Similmente, ogni rivenditore vorrà trasmettere ai suoi fornitori informazioni sul prodotto, sulla produzione e sugli ordini dei clienti per ogni EPC, inclusi:

- dati dettagliati del prodotto;
- dati di produzione;
- date di scadenza e dati di *tracking*;

- dati di riferimento come numeri degli articoli, dei clienti e del prezzo storico.

Tutto quanto è stato sinora detto è inglobato nella strategia di adeguamento ai mandati RFID. Tutti gli sforzi sono diretti alla standardizzazione dei dati scambiati, ma per ora, ogni rivenditore impone ai suoi fornitori lo scambio dei soli dati che richiede. Quando avviene tale scambio, la sincronizzazione tra i vari partner diviene un fattore critico. I dati scambiati sul prodotto possono essere suddivisi in cinque categorie [6]:

- *Core*: informazione di base per la definizione del prodotto (ad es. la descrizione dell'articolo);
- Mercato specifico: dato univoco del prodotto per il mercato a cui è destinato (come la dimensione del pallet);
- Categoria specifica: attributo univoco per la categoria del prodotto (come la data di scadenza);
- Relazione specifica: informazione che definisce univocamente la relazione tra il produttore e il rivenditore (come ad esempio il prezzo unitario);
- Attributi estesi: informazioni o contenuti addizionali che aiutano a definire un prodotto (come l'immagine del prodotto).

5.25 Modelli di *slap-and-ship* e modelli integrati

Sono diverse le strategie perseguibili per venire incontro alle richieste delle grandi aziende circa i mandati RFID. Una di queste è il modello *slap-and-ship*. Questo processo tipicamente include i seguenti passi per ogni pallet:

- Identificare le informazioni del prodotto per il *tagging* RFID;

- Rottura del pallet;
- Programmare e applicare i tag alle casse;
- Verificare che ogni tag su cassa possa essere letto;
- Ricostituire il pallet;
- Programmare e applicare il tag sul pallet;
- Verificare che il tag sul pallet possa essere letto.

Con questi passi, i sistemi di business devono usare regole predefinite per creare numeri EPC per ogni cliente e congiungere, in seguito, prodotto, produzione e dati dell'ordine del cliente così che i fornitori possano successivamente trasmettere i dati EPC via Internet. Questo sforzo aggiunge ulteriori costi in termini di lavoro supplementare, di apparecchiature RFID, di infrastruttura, di gestione della domanda e dei cambiamenti di configurazione nei sistemi informativi interni.

Il modello di *slap-and-ship* presenta diverse possibilità, incluse:

1. *Slap-and-ship* prima della spedizione: a causa della velocità di produzione per la maggior parte delle aziende di beni di largo consumo, scegliendo un modello di *slap-and-ship*, essi implementeranno un *tagging* RFID nei loro magazzini o centri di distribuzione appena prima della spedizione. Questa scelta permette di affrontare un investimento in tecnologia RFID con costi relativamente più bassi, perché si isolano la fase di etichettaggio e di lettura in una singola area in ogni magazzino o centro di distribuzione.
2. *Slap-and-ship* alla fine della linea di produzione ed assemblaggio: se la velocità non è un problema, le compagnie di beni di consumo possono impiegare un modello di *slap-and-ship* alla fine di ogni linea di produzione o assemblaggio, prima della pallettizzazione. Applicare i tag prima della pallettizzazione elimina il bisogno di

rompere e ricostituire ogni pallet, così i tag RFID potranno essere programmati, applicati e verificati alla fine del processo. Questa opzione aumenta i costi delle apparecchiature e del lavoro perché richiede multiple stazioni di *tagging*.

3. Sistemi ibridi: le imprese possono impiegare un modello di *slap-and-ship* in cui le linee di produzione ed assemblaggio condividono apparecchiature per il *tagging* RFID. Le seconde, in particolare, necessitano della rottura e della ricostituzione del pallet, ma potrebbero essere meno costose di diverse linee di produzione con manodopera e apparecchiature RFID.

In una conferenza sull'RFID, fu suggerito che un modello di *slap-and-ship* è in molti casi la sola possibilità accettabile per molti fornitori, dovuta:

- agli alti costi delle infrastrutture RFID;
- alla rapidità di cambiamento della tecnologia RFID;
- alla mancanza di accordi sugli standard RFID;
- alla ritardata adozione di RFID;
- alla complessità dello sviluppo;
- alla vasta incertezza su molti aspetti della RFID.

Come conseguenza i fornitori non hanno possibilità, se non adottare un modello di *slap-and-ship*, per adeguarsi ai mandati RFID. Infatti anche se i fornitori avessero la volontà di spendere milioni di Euro all'anno per adottare modelli integrati anziché *slap-and-ship*, l'alta velocità dei macchinari di produzione, accoppiata con l'immaturità della tecnologia RFID, potrebbe impedire loro di adottare quest'opzione.

Le imprese devono, quindi, considerare le notevoli problematiche che sorgono quando impiegano un modello integrato, connesse all'immaturità dei processi di stampa delle etichette e della loro

applicazione. Per evitare di dover procedere all'applicazione manuale dei tag, la fase di stampa deve essere incorporata nell'apparato di applicazione delle etichette, con particolare attenzione da destinare al possibile danneggiamento dell'antenna del tag. Per contenere gli attuali costi di impiego di RFID, i sistemi di stampa e gli apparati per l'applicazione dei tag si devono ancora evolvere così che il *tagging* possa operare in parallelo con i macchinari di produzione.

Esistono, al momento, solo poche aziende fornitrici di stampanti che hanno integrato un reader RFID in grado di programmare il tag in fase di stampa, ed offrono già funzioni combinate di stampa per *barcode* e tag. In questo scenario competitivo e fortemente dispendioso, le aziende che optano per il modello integrato, devono provvedere al suo sviluppo interno più velocemente di quanto richiesto dai loro clienti. I fornitori rischiano di osservare una progressiva erosione della loro quota di mercato, se non si posizionano in esso come leader nel *tagging* RFID, specialmente se i loro concorrenti cercano informazioni sul comportamento dei clienti secondo strategie più aggressive. [6]

5.26 Difficoltà tecniche per l'adozione della RFID nella SC

Sebbene la tecnologia RFID sia nota da anni, solo di recente si è cominciata ad introdurla nella supply chain della GDO, a causa delle notevoli sfide, barriere e problemi legate al suo impiego. Abbiamo più volte detto quanto il costo dei tag RFID sia rilevante nella diffusione sui beni di largo consumo, ma si può tranquillamente affermare che anche se i tag fossero oggi completamente gratis e al 100% attendibili, questo non cambierebbe materialmente il dilemma che la maggior parte delle aziende fronteggiano nello sviluppo dei loro mandati di adeguamento

alla strategia di adozione della tecnologia. I problemi associati con la gestione operativa dei tag oggi includono:

- difetti e basse prestazioni: sebbene l'affidabilità dei tag è oggi considerata relativamente alta nelle varie adozioni, questa non è ancora completamente sufficiente per operare in modo efficace.
- danneggiamenti dei tag RFID: i tag RFID vengono realizzati in una varietà di forme e dimensioni con vari tipi di involucri, così i problemi variano da tag a tag. I produttori possono inavvertitamente consegnare prodotti con tag difettosi, che nei punti vendita non sono rilevati dai lettori RFID. Questo diviene un problema serio per le applicazioni di business che richiedono che il 100% dei tag venga riconosciuto e letto. In questi casi è possibile usare delle regole di business per predire quando i lettori non hanno completato la lettura (per esempio, conoscendo quante casse sono normalmente spedite su un pallet per ogni prodotto o conoscendo quando una cassa viene letta senza una corrispondente lettura del pallet e viceversa);
- cambiamento degli standard: il cambiamento degli standard porterà mutamenti nell'infrastruttura RFID, includendo multi-protocolli, lettori di tag in multi-frequenza, che possono leggere molti tipi di tag. Questa realtà in costante evoluzione comporta certamente tempi di obsolescenza più ridotti della tecnologia con ripercussioni sugli investimenti effettuati e del loro ritorno (ROI)

[6]

Sorgono poi altre questioni: si parla di *falso negativo*, quando un tag valido passa all'interno del range prescritto da un lettore RFID, ma questo non legge il tag. Tutto ciò può accadere per diverse ragioni, tra le quali:

- il tag della cassa è immerso in profondità all'interno del pallet;
- i segnali dei lettori sono bloccati o assorbiti dalla materia, come metallo o acqua;
- il tag della cassa non è orientato correttamente (le letture del tag sono più efficaci quando i tag sono paralleli al campo elettromagnetico emesso dal lettore).

Un *falso positivo* ha luogo quando un tag passa accidentalmente all'interno del range di un lettore RFID, ma non è destinato ad essere letto.

Analizziamo altri problemi:

Variazioni negli standard di frequenza RFID: sebbene Wal-Mart e altre aziende negli Stati Uniti e in Canada sono concordi sugli standard di frequenza da utilizzare per la RFID, l'Europa ha annunciato il suo range standard di frequenza (da 862 a 870 MHz). EPC global ha identificato diverse classi di tag RFID ma ha definito i protocolli per solo due di loro (entrambi passivi). Man mano che la tecnologia RFID evolve, i protocolli saranno standardizzati solo per tag passivi ad alte prestazioni. Questo potrà determinare la coesistenza di differenti protocolli (standard e non), con relativi problemi connessi.

Obsolescenza del lettore: anche se gli standard RFID si conservano per anni, i fornitori continuano a perfezionare i lettori RFID. Infatti, i fornitori di lettori stanno attualmente lavorando sulla capacità di triangolare l'esatta locazione di un tag (come accade per il GPS).

Immaturità nel combinare codici a barre con tag RFID: la necessità di tag RFID non elimina il bisogno di codici a barre, specialmente se si considera che i codici a barre fungono da *backup* in caso di fallimento della lettura del tag. Non è un caso che le più recenti adozioni di RFID

si siano limitate ad aggiungere uno *step* per l'etichettatura RFID al percorso che prevedeva l'uso dei *barcode*

Problemi con lo scambio di dati non standardizzati - le aziende pilota nell'impiego di RFID hanno sinora focalizzato l'attenzione sul *tagging*, sui lettori e sulla creazione di dati compatibili con EPC. Poche compagnie, però, stanno già oggi sperimentando lo scambio di dati via Internet, operazione che è parte integrante dell'architettura EPC. Recenti test tra rivenditori e fornitori hanno condotto ad evidenziare diversi problemi relativi allo scambio di dati non standardizzati tra le aziende, incluse:

- *Perdita degli attributi dei dati*: alcuni attributi dei dati richiesti dai dettaglianti si perdono nei sistemi di business dei fornitori. Il problema diventa più complicato quando differenti mandati specificano differenti attributi dei dati da scambiare. Come risultato, ogni nuovo mandato RFID del cliente può generare uno o più progetti IT per il recupero dei dati persi richiesti per quel cliente.
- *Differenti caratteristiche dei dati*: perfino quando le aziende sono in grado di scambiare gli attributi dei dati richiesti, questi possono avere caratteristiche differenti tra le varie aziende. Ancora una volta, questo problema si ingrandisce nel caso di mandati multipli da parte dei clienti. Questo aspetto è particolarmente critico se i sistemi di business dei vari partner si attendono specifici valori con certi campi per dare l'avvio ai processi di scarico.

Problemi con lo scambio di dati standardizzati - la sincronizzazione dei dati sarà un problema continuo perché le aziende mutano

continuamente i loro sistemi di business e le rispettive regole. Per indirizzare questa criticità è necessario che ci sia:

- *Coordinazione dei sistemi di business e standardizzazione dei dati scambiati attraverso la SC*
- *Cambiamenti adeguati per i dati precedentemente scambiati*

[6]

5.27 Lo stato dell'arte: i case studies

Di seguito verranno riportati alcuni case studies relativi all'utilizzo della tecnologia RFID . I case studies considerati contengono dati resi pubblici dalle aziende prese in considerazione o da studi del settore liberamente disponibili in letteratura. La maggior parte delle applicazioni di transponder RFID, effettivamente realizzate nel settore dei beni di largo consumo, riguarda al giorno d'oggi contenitori e sistemi di trasporto riutilizzabili. Le motivazioni sono evidenti: l'alto costo del transponder rende poco conveniente mettere il tag sul prodotto finito. La scelta di mettere il tag su contenitori riutilizzabili o sui pallet permette di cogliere la maggior parte dei vantaggi pagando il minimo dei costi [1].

DoCoMo: il tag sul telefonino

La giapponese NTT DoCoMo è una delle maggiori aziende di telecomunicazioni mobili al mondo. Il suo impegno nella RFID è riassunto nella tabella a pagina seguente (figura 38). La compagnia telefonica è partita con l'idea di costruire una “*lifestyle infrastrucutre on top*” della sua piattaforma *i-mode*, usando *smart card contactless*

prodotte dalla Sony. Il risultato è “i-mode FeliCa”, che DoCoMo lanciò nel luglio 2004, che è stata la *smart card* più venduta al mondo, nonostante che la casa madre abbia rifiutato di adoperare lo standard ISO.

COMPANY		APPLICATION
NTT DoCoMo Japan		Financial, Security, Safety
BENEFITS SOUGHT		STATUS
Customer service		Roll-out (Ongoing)
TAG		SYSTEM
Company:	Sony	
Band:	HF (13.56 MHz)	
Format:	Interrogatory tag in cellphone	
Battery:	Active	

Figura 38 : Schema riassuntivo dell'impegno di DoCoMo nella RFID

Nel mese di agosto del 2004 furono messi in commercio 4 modelli, tutti dotati di *chip contactless* RFID, ed i clienti potevano personalizzare il loro “portafoglio mobile” con servizi a loro scelta, quali la possibilità di scaricare dal Web una serie di applicazioni basate sul linguaggio Java. I dati e i codici di accesso venivano caricati su chip RFID in sessioni separate per motivi di sicurezza.

La convergenza tra la rete *wireless* e l'*handset* equipaggiato con tecnologia RFID apre ad un ventaglio di applicazioni impensabile con le sole *smart card*. I clienti possono vedere i saldi del loro borsellino elettronico e le registrazioni delle transazioni su uno schermo e ricaricarli tramite cellulare usando la propria carta di credito. Attraverso l'*i-mode*, essi possono comprare i biglietti per spettacoli o eventi sportivi, caricarli sul chip FeliCa e passare, senza essere controllati, attraverso i tornelli nel punto dove ha luogo lo spettacolo con un semplice segnale inviato dal cellulare dotato del chip.

Prada: il tag sui prodotti di alta moda

Piuttosto particolare è il progetto messo in atto da questa casa di moda nel suo negozio di New York, inaugurato nel 2001; tale esperimento ha avuto un forte eco sia per il design aggressivo delle linee sia per l'uso estensivo della RFID. In particolare Prada si è focalizzata sul cliente, tralasciando altre funzioni quali l'antitaccheggio, l'ottimizzazione della supply chain e l'organizzazione dei prodotti nel negozio. Tutti i prodotti qui presenti sono etichettati con tag RFID. Il personale addetto può leggerli grazie a dei lettori portatili e mostrare su un monitor eventuali informazioni di ausilio alla vendita, disegni dello stilista e informazioni relative al taglio, al colore e al tessuto. In questo modo si può avere anche un'idea di quale sia l'effettiva disponibilità di prodotti a magazzino (e qualora si impieghi tale tecnologia anche negli altri negozi, si può arrivare a conoscere in quale punto vendita sia disponibile il capo richiesto).

Un'altra novità high-tech è data dai camerini di prova, che sono realizzati in vetro trasparente che diventa opaco una volta che il cliente vi accede. In questi camerini si trovano dei *touch-screen* a cristalli liquidi nei quali sono inseriti delle antenne RFID: una volta che il capo viene appeso all'appendiabiti, le antenne ne leggono l'etichetta RFID e sul monitor del camerino compaiono varie informazioni sul prodotto. Sempre nell'ottica del servizio al cliente, Prada offre ai suoi clienti abituali la possibilità di ricevere una carta di fedeltà, dotata di chip RFID. Il cliente può decidere all'ingresso del negozio se visitarlo "in anonimo" o se farsi riconoscere dal personale addetto presentando la

propria carta, rendendo accessibili informazioni sul proprio profilo e sulle proprie preferenze.

Merloni: il tag sugli elettrodomestici

Merloni è tra le maggiori imprese di elettrodomestici nel mondo e la sua capacità di innovazione è riconosciuta da tutti gli analisti e gli operatori del mercato. Esempi notevoli sono Margherita, la prima lavatrice intelligente, e il sistema WRAP di connessione in rete degli elettrodomestici. Merloni è in grado ogni anno di modificare il 50% della sua offerta commerciale, riuscendo a rispondere sempre ai bisogni del mercato. Gli assi dello sviluppo dell'azienda sono due:

- RFID per gestire il prodotto elettrodomestico;
- Elettrodomestici per gestire RFID sui prodotti.

L'etichettatura RFID permette di gestire sia il processo di produzione sia tutta l'attività post-vendita di assistenza e riparazione, durante e dopo la garanzia. Per esempio la lavatrice Merloni può facilmente riconoscere i capi da lavare e ottimizzare il carico e la composizione, evitando incompatibilità di colore e utilizzando la minima quantità di acqua, energia e detersivo. Altro esempio è quello del forno a microonde, che ha un reader RFID, che permette di rilevare le caratteristiche del cibo che si vuole riscaldare, suggerendo un piano di cottura adeguato.

Ford Motor Co.: il tag nella catena di montaggio

La Ford sta utilizzando la tecnologia RFID nel processo di produzione dei motori presso lo stabilimento di Essex, Ontario. L'esigenza di

questo utilizzo è data dalla necessità di gestire un processo particolarmente complesso. Ogni motore è soggetto ad un complicato assemblaggio che prevede una lunga serie di test e richiede di associare a ciascun pezzo numerose informazioni. Infatti il sistema *Just-in-Time* richiesto dagli impianti di assemblaggio finale implica la possibile presenza, lungo la linea di montaggio, di motori dalle caratteristiche tecniche completamente diverse. L'adozione di tale tecnologia ha permesso di organizzare il processo in maniera efficiente. All'inizio del processo ogni motore è dotato di un tag, contenente tutte le specifiche della sequenza di lavoro del pezzo. Ogni stazione interroga il tag per determinare quali siano i compiti da effettuare. Al termine di ogni passo vengono effettuati dei test, i cui risultati sono inseriti nel tag.

La scelta di delocalizzare l'informazione su ogni singolo pezzo è stata determinata da due ragioni fondamentali: comunicazioni e affidabilità.

La prima è di carattere pratico e relativa al fatto di dover immagazzinare una grande mole di dati (circa 8Kb) da associare ad ogni pezzo, e la seconda è relativa alla necessità di avere un sistema di gestione della produzione sempre on-line (nel caso di informazioni centralizzate, in caso di guasto del server contenente i dati, l'intero stabilimento si troverebbe ad interrompere la produzione). [1]

Gruppo Autostrade: il Telepass

Il Telepass è un transponder semi passivo operante alle frequenze delle microonde che permette l'esazione automatica del pedaggio autostradale: si permette, agli automobilisti che viaggiano in autostrada, di passare attraverso il casello senza doversi fermare.

Il Telepass deve essere posizionato nei pressi dello specchietto retrovisore (figura 39); quando l'automobile è nel raggio di azione del reader presente al casello (cioè a circa 20 metri di distanza) il transponder comunica il proprio codice identificativo.

Tale codice identificativo è associato al conto corrente bancario di chi ha stipulato il contratto Telepass.

In questo modo il pagamento del pedaggio autostradale avviene in automatico e le sbarre si alzano, permettendo all'automobilista di transitare senza fermarsi.

Il Telepass è nato agli inizi degli anni '90 ed ha subito riscontrato un grandissimo successo. Dal 1998 tutti i caselli autostradali italiani supportano tale tecnologia; in quell'anno gli apparecchi circolanti erano già un milione per poi superare nel 2004 la cifra di quattro milioni..

Il gruppo Autostrade è il principale operatore europeo nel settore delle autostrade a pedaggio; presenta attività autostradali in Italia ma partecipa anche a progetti stranieri come l'Europass.

Il Telepass (Fig. 2.3) è un transponder "semi-passivo": ha una fonte di alimentazione indipendente, ma trasmette solo quando viene interrogato dal reader.



Figura 39 : *Tipico telepass*

Il telepass consente l'esazione dinamica del pedaggio utilizzando la tecnologia DSRC (Dedicated Short Range Communication) a

microonde sulla frequenza di 5.8 Ghz per realizzare la comunicazione fra gli apparati a bordo dei veicoli e le infrastrutture di pista.

Nella figura 40 si riportano le varie fasi logiche di un transito Telepass.

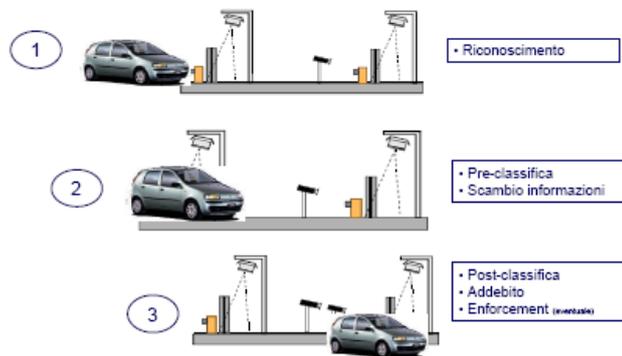


Figura 40 : *Le fasi logiche*

La tecnologia DSRC a microonde sulla frequenza di 5.8 Ghz, è particolarmente adatta al telepedaggio dato che consente di realizzare sistemi altamente robusti in termini di:

- velocità della transazione: oltre 1500 veicoli/ora;
- affidabilità: oltre 35 re-try in un singolo transito,
- sicurezza della transazione: attribuzione univoca dei pagamenti;
- enforcement: elevato controllo;
- semplicità d'uso: nessuna attività da parte del cliente.

La tecnologia RFID presenta interessanti opportunità per applicazioni di tipo statico. Autostrade segue costantemente l'evoluzione della tecnologia e ha avviato diverse sperimentazioni :

- esazione: per valutare possibili alternative ai biglietti cartacei per i pagamenti in contanti e con carte di credito;
- logistica: gestione della movimentazione degli apparati Telepass (circa 1,5 milioni di pezzi/anno);

La Società Autostrade ha ora in corso alcuni progetti pilota per potere valutare le prestazioni di un transponder passivo operante a 13,56 MHz che potrebbe essere utilizzato per funzioni multiple, come il pagamento del pedaggio a bassa velocità, il pagamento del rifornimento di carburante, gli acquisti negli Autogrill.

Il tag negli aeroporti

Le compagnie aeree sono responsabili della perdita dei bagagli e a tal fine, al di là delle norme sull'aviazione che prevedono rimborsi in favore dei passeggeri, devono istituire un apposito fondo per risarcire in automatico gli utenti rimasti senza valigia o che hanno subito ritardi nella riconsegna. Troppo spesso, inoltre, l'entità dei rimborsi concessi è di molto inferiore al danno subito dai passeggeri. L'anno scorso sono scomparse quarantadue milioni di valigie. Trentasei milioni nel 2006. Quasi diciassette bagagli su mille.

La SEA, società di gestione aeroportuale degli scali di Linate e di Malpensa, responsabile dei servizi centralizzati di entrambi gli aeroporti, ha realizzato importanti progetti utilizzando la tecnologia RFID.

Uno di questi è il sistema di *Bagage Handling System* (BHS). L'attività è in particolare concentrata sull'impianto di gestione dei bagagli al Terminal 2, dove è stato installato un sistema RFID per rendere efficiente lo smistamento dei bagagli, consentendo la tracciabilità del singolo bagaglio per tutta la durata del suo viaggio, dal check-in all'imbarco fino alla riconsegna.

In qualsiasi momento ciascun bagaglio potrà essere infatti rintracciato e identificato all'interno dell'impianto, stabilendone inoltre contestualmente la destinazione.

Si risparmierebbero 440 milioni di euro, secondo le stime dei manager di Sita, la multinazionale delle tecnologie del trasporto aereo. La Sita calcola che entro la fine dell'anno la tecnologia RFID sarà adottata dal quarantasette per cento degli aeroporti e dal quarantadue per cento delle compagnie aeree. SEA ha già completato l'installazione dei sistemi di lettura RFID, e, presso alcuni banchi di check-in, sono state collocate stampanti per le "etichette intelligenti", che insieme con l'usuale codice a barre includono un tag RFID riscrivibile, funzionante a 13,56 Mhz su cui vengono scritte le informazioni necessarie per la gestione del suo percorso lungo i 20Km dell'impianto. Questo doppio sistema di identificazione consente di aumentare l'affidabilità dell'identificazione dei bagagli; una volta etichettati, i bagagli sono convogliati nell'impianto di smistamento, dove sono stati posizionati in serie i sistemi di lettura per codici a barre e per tag RFID. Il sistema RFID viene dunque affiancato all'attuale sistema di codifica dei bagagli, basato su codici a barre, con l'obiettivo di aumentare da subito le prestazioni del sistema di identificazione automatica.

Il progetto porterà all'ottimizzazione delle prestazioni del sistema ma anche alla formalizzazione delle specifiche di progetto e dei requisiti funzionali e tecnici per l'implementazione su più ampia scala di un sistema RFID nella gestione dei bagagli. (Figura 41).



Figura 41 : *Bagaglio con tag*

Sicuramente da subito lo scalo milanese potrà aspirare a performance più accurate e più veloci rispetto a quelle ottenute con l'utilizzo di codici a barre.

La tecnologia RFID è in uso anche nell'aeroporto Charles De Gaulle di Parigi (e nell'aeroporto internazionale McCarran (USA) che movimentava circa 70.000 passeggeri e più di 460 voli al giorno, cifre che lo rendono il settimo aeroporto del Paese) per i passeggeri di Air France diretti in Asia e Africa. Duemila valigie al giorno vengono monitorate grazie all'uso di tag e, da quel momento, è impossibile che il bagaglio possa perdersi. Inoltre l'applicabilità del sistema a radiofrequenza in un contesto aeroportuale, potrebbe soddisfare e migliorare molteplici attività gestionali. Nel momento in cui l'utente entra in aeroporto, il sistema rileva i suoi dati identificativi e dà il via ad un'opera di monitoraggio fino alla sua effettiva partenza.

Ciò è possibile dotando la persona (appartenente ad una tipologia di cliente che si è pensato di fidelizzare) di un TAG incorporato in un badge magnetico.

I dati identificativi rilevati dal TAG possono essere utilizzati per ottimizzare altre attività svolte all'interno dell'area come per esempio:

1 ● Emissione biglietti

Qualora il cliente abbia l'esigenza di acquistare il biglietto di viaggio, le operatrici addette all'emissione, appena l'utente si trova in prossimità

del banco (tramite stazione di lettura/scrittura incorporata) avranno già a disposizione su terminale i dati del cliente, eliminando quindi la fase di imputazione manuale degli stessi, limitandosi al controllo con un documento di riconoscimento personale. La possibilità inoltre di dotare la biglietteria di una fila riservata agli utenti fidelizzati dotati di TAG, accresce sensibilmente la visibilità del valore aggiunto offerto dall'utilizzo del sistema.

- Check-in

Situazione analoga viene riproposta per la fase di check-in; qualora l'utente abbia acquistato il biglietto in aeroporto, il suo avvicinamento al desk, consente la visualizzazione automatica dei dati contenuti nel TAG (dati personali ed estremi del biglietto); l'addetta al check-in avrà solo il compito di imputare il posto a bordo dell'aeromobile scelto dal cliente. Qualora invece la persona sia in possesso di un biglietto acquistato non in zona aeroportuale, saranno visualizzati solamente i dati anagrafici della persona, ai quali andranno abbinati quelli appartenenti al documento di viaggio.

- Transito in zone riservate (voli nazionali/internazionali)

Ultimata la fase di check-in, il cliente si appresta ad entrare nella zona "partenze" di sua pertinenza (voli nazionali o internazionali). In questa fase viene allertato un sistema di controllo atto a garantire la massima sicurezza dello scalo aeroportuale e dei passeggeri, e più precisamente, l'utente in possesso del tag, transitando all'interno della zona di controllo, opportunamente dotata di un sistema di antenne, lascia traccia dell'avvenuto transito; qualora dopo l'effettuazione del check-in, tale transito non avvenga in un lasso di tempo prestabilito (per esempio massimo 1 ora), una stazione dedicata segnala l'evento dando modo di poter attivare le opportune misure di sicurezza. Tale monitoraggio, può

rappresentare in qualche modo una garanzia per il passeggero, in quanto le motivazioni che hanno determinato la sua mancanza di transito nelle zone di partenza, possono essere molteplici, non ultime quelle riconducibili ad un malore o all'aver subito un atto criminoso.

- Duty-free

Il monitoraggio del connubio cliente-fidelizzato/TAG, si estende anche nelle zone duty-free, dove il passeggero (qualora in partenza per destinazione internazionale) acquista dei prodotti; in prossimità delle casse viene rilevato il suo tag ed automaticamente i suoi dati personali e di volo, vengono messi a disposizione degli addetti alle casse, snellendo marcatamente le operazioni di cassa.

- Bagagli aerei

Al momento del check-in, la presa in carico del bagaglio implica la collocazione della label sul bagaglio stesso (smart labelling); questa label avrà incorporato al suo interno un TAG sul quale sono scritte le informazioni relative al volo di destinazione. Una volta individuati i bagagli per una specifica destinazione, questi vengono direttamente caricati sull'aeromobile. Il sistema a radiofrequenza in questa specifica fase consente di operare un'opportuna azione di controllo, atta a garantire che su quel volo vengano caricati esattamente i bagagli registrati al check-in, prevenendo quindi eventuali smarrimenti, furti o errori umani (per esempio caricare un bagaglio su un aeromobile diverso da quello cui era destinato). I bagagli, prima di essere imbarcati, sono quindi automaticamente processati a gruppi, senza una precisa posizione anche se sovrapposti; ciò avviene dotando il personale addetto di una postazione di rilevazione mobile che ad una distanza massima di un metro, rileva le coordinate di ogni singolo bagaglio, memorizzate all'interno del tag. Con questa soluzione a radiofrequenza

(integrabile con soluzioni già operanti), i Gestori degli scali aeroportuali avrebbero un affidabile ed economico sistema di identificazione bagagli che migliorerebbe sensibilmente la fase di ricongiungimento " *passenger-bagaglio*". Il Sistema a radio frequenza fornisce una maggiore capacità di memoria senza dover modificare le misure del "label"; ogni tag riporta al suo interno le informazioni iniziali del bagaglio (*bagage source message*), senza aver bisogno quindi di consultare un data base per la spedizione; i tag possono essere immessi sui label, usando le stampanti esistenti, senza dover occupare sul banco del check-in ulteriore spazio. I vantaggi resi dall'adozione del sistema, in un complesso ambito operativo quale quello aeroportuale, possono essere quindi ricondotti a due aspetti generali: gestione dei transiti e sicurezza.

Gestione dei transiti

- rilevazione automatica dei dati personali all'ingresso dell'area aeroportuale;
- monitoraggio continuo dei viaggiatori;
- snellimento operazioni di biglietteria;
- ottimizzazione del check-in;
- maggior garanzia nell'identificazione bagagli con eliminazione dei rischi di smarrimento;
- abbattimento dei costi gestionali.

Sicurezza

- protezione di aree riservate;
- monitoraggio dei tempi di permanenza in determinati ambienti;
- semplificazione delle procedure di controllo;
- riduzione dei costi di vigilanza;
- deterrente per eventuali atti criminosi.

Il tag sui treni

MET.RO SPA

Met.Ro. S.p.a è la società che gestisce il servizio di trasporto pubblico delle linee A e B della metropolitana di Roma e delle ferrovie regionali Roma-Lido, Roma-Pantano e Roma-Viterbo. La società capitolina ha, da tempo, avviato una serie di iniziative innovative indirizzate a migliorare la qualità del servizio e a potenziare la sicurezza dei propri convogli, utilizzati quotidianamente da oltre un milione di passeggeri. All'interno di questa filosofia aziendale si è inserito il progetto realizzato da *Sun Microsystems* e *Telecom Italia* per la Metropolitana Linea B, che si sviluppa su un percorso di oltre 18 km di lunghezza, prevedendo ogni giorno 377 corse lungo 22 stazioni. Met.Ro. S.p.A intendeva automatizzare il rilevamento del chilometraggio percorso giornalmente da ogni vettura e fornire queste informazioni agli strumenti informatici di gestione, per definire la corretta programmazione degli interventi di manutenzione preventiva. La soluzione adottata sfrutta la tecnologia Rfid passiva. La soluzione è il risultato della collaborazione tra *Sun Microsystems*, che sulla base della propria soluzione Rfid ne ha sviluppato la personalizzazione per le esigenze di Met.Ro. S.p.A e *Telecom Italia*, che ha realizzato l'infrastruttura di comunicazione e svolto le operazioni di integrazione dei sistemi. Per automatizzare e garantire l'esattezza di queste rilevazioni *Telecom Italia*, per conto di Met.Ro. S.p.A, ha deciso, perciò, di avviare un progetto che sfruttasse la tecnologia Rfid, scegliendo di avvalersi delle soluzioni e dell'esperienza di *Sun Microsystems* per la loro validità tecnologica e la loro impostazione. La soluzione richiedeva massima affidabilità, data l'importanza delle

informazioni per la garanzia di sicurezza dei viaggiatori e, contemporaneamente, doveva inserirsi in un ambiente che metteva a dura prova i limiti della tecnologia Rfid. Uno dei principali problemi che sono stati affrontati e risolti dagli specialisti Sun in collaborazione con quelli di Telecom Italia è stato quello dei fenomeni di interferenza legati alla presenza di grandi masse metalliche in movimento. Inoltre, la linea B della metropolitana romana compie parte del suo percorso all'esterno e, pertanto, anche gli aspetti di resistenza agli agenti atmosferici sono stati affrontati e risolti. Un ulteriore ostacolo tecnologico da superare era legato all'esigenza di trasmissione delle informazioni, senza rischio di perdita o inesattezze, provenienti da un mezzo in rapido movimento, dato che i convogli giungono in prossimità della stazione a una velocità vicina a 50 Km orari. La realizzazione è stata preceduta da uno studio e dal completamento di un'applicazione pilota che hanno dimostrato la piena fattibilità, affidabilità ed efficienza della soluzione Rfid sviluppata da Sun e la sua valida introduzione in Met.Ro. S.p.A. per la risoluzione dei problemi connessi alla gestione della manutenzione programmata preventiva dei convogli. Dal punto di vista tecnologico è stato scelto l'utilizzo di etichette a radiofrequenza (tag) di tipo passivo operanti alla frequenza di 13.56 GHz, in cui l'alimentazione del circuito di comunicazione è generata da un campo magnetico autoindotto creato dall'antenna. La soluzione ha richiesto l'installazione, presso ogni stazione della metropolitana, di antenne per la trasmissione a radiofrequenza e di server Sun per la rilevazione e l'elaborazione delle informazioni provenienti dalle etichette Rfid, che sono state collocate all'esterno di ogni vagone. L'utilizzo della tecnologia di tipo passivo ha consentito di realizzare la soluzione sulle vetture metropolitane senza dover richiedere nuovi test di compatibilità

o alcuna certificazione, che sarebbero invece stati necessari con l'uso di tag di tipo attivo. Per garantire che tutte le informazioni fossero registrate correttamente, Sun ha predisposto un sistema di acquisizione in alta affidabilità senza ricorrere alle tipiche architetture cluster. Le antenne sono, attualmente, in grado di effettuare acquisizioni multiple in rapida successione delle informazioni contenute in ogni etichetta. Le informazioni vengono trasmesse ai server Sun presenti in ogni stazione. I server Sun sono collegati tra di loro e dispongono di un sistema di "auto-test" che consente a ognuno di essi di intervenire automaticamente in caso di *failure* dell'altro, per garantire il livello di servizio necessario. Le informazioni raccolte dalle postazioni distribuite lungo le stazioni metropolitane sono, quindi, indirizzate a una console di controllo remota e centralizzata per essere fornite successivamente alle applicazioni SAP che provvedono a programmare opportunamente le operazioni di manutenzione preventiva. Per la realizzazione è stata utilizzata la soluzione software Sun Java Systems Rfid. La soluzione è strutturata su due livelli principali: uno puramente hardware al quale appartengono i server Sun e le antenne di trasmissione a radiofrequenza, e l'altro puramente software rappresentato dalla soluzione Sun Java System Rfid. In particolare quest'ultimo livello è strutturato in due elementi infrastrutturali: *Sun Java System Rfid Event Manager* e *Information Server*. Il primo componente elabora i flussi legati ai tag con la possibilità di filtrare e aggregare i dati prima di inviarli all'applicazione che li richiede; il secondo interpreta, analizza e propaga le informazioni provenienti da uno o più Rfid Event Manager verso i sistemi aziendali. La realizzazione dell'intero progetto ha richiesto un tempo di circa due mesi, dalla fase di progetto a quella di esecuzione e completamento definitivo.

La disponibilità dell'infrastruttura Rfid presso ogni stazione metropolitana apre ora la strada a nuove possibili evoluzioni quali, per esempio, la possibilità di incrementare la granularità delle informazioni associando tag a radiofrequenza alle diverse componenti di uno stesso vagone.

Il tag sulle automobili

Autotrade e Logisitc è un operatore logistico che si occupa della ricezione, dello stoccaggio e della spedizione di autoveicoli via mare, ferrovia e strada sul territorio europeo. Autotrade e Logistic dispone di una piattaforma completamente attrezzata, in grado di gestire fino a 3000 veicoli al giorno e di effettuare servizi aggiuntivi come *Pre-Delivery-Inspection* (PDI), lavaggio, ecc. oltre a semplici attività di stoccaggio e spedizione.

Dopo attente valutazioni, è stato individuato come migliore punto di attracco il porto di Livorno, il quale gode di una posizione strategica di grande interesse acquisendo attracchi dedicati con priorità di scarico per 50.000 mq estendibili. Il porto di Livorno, infatti, è stato completamente ricostruito nel dopoguerra ed è collegato a 300 porti in tutto il mondo. L'obiettivo è quello di assicurare al cliente una nuova concezione di logistica che garantisca un servizio che permetta il trasporto e la cura delle vetture dalla banchina portuale fino al momento della consegna finale ai concessionari.

Il business dell'azienda è dato dalle spedizioni delle auto: il trend positivo è dato dalle uscite, perché ciò avvenga le auto devono essere predisposte alla spedizione nel modo più efficiente possibile, ovvero devono essere eseguite tutte quelle "operazioni" necessarie a rendere la

vettura disponibile per la spedizione. Le operazioni devono quindi essere eseguite secondo una pianificazione che deve essere tracciata mano a mano che ogni attività viene portata a termine. Il sistema informatico deve quindi rispondere a questa esigenza, consentendo la pianificazione e la restituzione in tempo reale dell'avvenuta operazione di chiusura. Il sistema deve gestire le informazioni, sia a livello logistico operativo, che a livello gestionale. Ogni operazione corrisponde sia ad uno spostamento fisico del mezzo, sia ad un'attività generatrice di costi/ricavi. Le vetture possono giungere via strada, ferrovia o aeroporto (3 Km dall'aeroporto di Pisa); in banchina avviene il primo controllo delle vetture, seguiranno altri due, uno all'ingresso e l'altro al momento della consegna/uscita effettiva delle auto. Una volta scaricate le vetture nel piazzale, viene posto al loro interno un tag attivo che suggerisce all'operatore dove stoccare le vetture, permettendo la localizzazione in un modo semplice nelle fasi successive. Dall'applicazione web viene eseguita la registrazione ed il posizionamento in un'ubicazione libera, suggerita automaticamente dal sistema. L'operatore posiziona il tag nel campo d'azione dell'antenna e digita il numero di telaio dell'auto al terminale (gli ultimi 6 caratteri). Il sistema verifica che il telaio non sia già stato registrato e che sia presente nell'elenco di quelli attesi e suggerisce una posizione, se il telaio è registrabile. Confermata la registrazione sul sistema locale, le informazioni registrate vengono trasmesse nel giro di 2 secondi all'ERP centrale; il telaio e il tag sono abbinati, la macchina risulterà posizionata nell'ubicazione assegnata. Dalle assegnazioni stabilite dagli importatori, l'ufficio spedizioni di AeL compone i carichi sulla base delle destinazioni geografiche e delle auto disponibili nel piazzale. Una volta

composti i carichi, ognuno identificato da un numero di distinta (ordine), viene eseguita la pianificazione:

- ogni telaio, a seconda delle caratteristiche a cui risponde, dovrà subire delle operazioni (attività di officina, carrozzeria, lavaggio);
- la pianificazione viene trasmessa al Taxi, un pulmino sul quale sono montate delle antenne collegate ad un PC portatile;
- il Taxi percorre un tracciato ed individua le vetture, l'autista informa i movimentatori, consegnandogli il foglio di ordine (operazioni da eseguire).

Le operazioni più tipiche, sono per esempio quelle di montaggio radio, lavaggio, PDI (*pre delivery inspection*). Le auto vengono portate dove devono subire le operazioni transitando dai *gate*. Il gate è un sistema di rilevamento del passaggio di una vettura ed è costituito da una antenna che legge il tag e comunica transito al Sistema Informativo.

I gate possono essere posizionali (per esempio parcheggio attesa lavaggio) oppure di “avvenuta operazione”.

Terminate tutte le operazioni, la fila di carico può ritenersi pronta per il carico, viene quindi chiusa e le auto possono essere caricate ed uscire dal piazzale per le destinazioni assegnate.

Il sistema completo si basa su una serie di antenne dislocate sul piazzale. I segnali ricevuti vengono immagazzinati in diversi *data collector*, continuamente interrogati dal sistema centrale.

Per sistema centrale si intende un cluster di server configurati in alta disponibilità, collegati all'ERP attraverso linee di comunicazione ridondanti. I dati così acquisiti dai lettori di Rfid vengono raccolti ed inviati al sistema operativo. La chiusura delle operazioni associate ai singoli telai, e le movimentazioni tracciate dal sistema andranno a confluire nei dati contabili. Le connessioni delle rete interna utilizzano

sia normali interfacce Ethernet 10/100 Mbit, sia interfacce di tipo wireless IEEE 802.11 per quanto riguarda la comunicazione dei dispositivi hand-held. Il data collector dei segnali provenienti dai tag può ricevere input da quattro antenne, processando fino a 100 tag al secondo. Si collega al server centrale attraverso una normale connessione di rete.

L'antenna rileva, entro un angolo di circa 55°, segnali sino a 100 metri. Funzionante su una frequenza di 870 Mhz, costruita in alluminio e ABS, può essere montata in esterno.

Il tag (Figura 42) è un supporto sagomato e viene appeso allo specchio retrovisore, contiene un Rfid e la batteria di alimentazione ed un'interfaccia WI-FI.



Figura 42 : il tag è un supporto sagomato

Grazie a questo sistema, AeL ha la garanzia che ciascun veicolo spedito risponda perfettamente ai requisiti ed, inoltre, la maggior velocità nella localizzazione dei singoli veicoli consente un notevole risparmio economico grazie ai minori oneri di lavoro, all'aumento della produttività e all'accuratezza e puntualità delle spedizioni.

Il tag nella supply chain

Settore alimentare

Il progetto analizzato, l'Rfid Logistics Pilot, è stato avviato presso l'Rfid Lab dell' Università di Parma, ed ha l'obiettivo di testare sul campo e verificare a livello di filiera i benefici derivanti dall'utilizzo dell'identificazione in radiofrequenza e del sistema EpcGlobal. Al progetto aderiscono realtà quali Auchan, Chiesi, Conad, Danone, Grandi Salumifici Italiani, Goglio, Nestlé, Number 1, Lavazza, Parmacotto, Parmalat. Il progetto ha come obiettivo quello di tracciare l'intero percorso dei beni deperibili da un produttore alimentare a un rivenditore. Oracle ha supportato il progetto mettendo a disposizione la tecnologia e un team di ingegneri. In particolare, la soluzione Oracle SOA Suite è stata utilizzata per integrare e scambiare le informazioni ricevute dai lettori Rfid e processate dal sistema Rfid. Oracle Database, ampliato con l'integrazione di Oracle Application Express, ha assolto alla funzione di archiviazione dei dati, mentre Oracle BPEL è stato impiegato per orchestrare i processi coinvolti e il flusso delle informazioni. La messa a punto dell'intero sistema è stata realizzata da Id-Solutions, partner Oracle.

Con l'obiettivo di esaminare la fattibilità della tracciabilità dei singoli beni lungo tutta la supply chain, dalla partenza della merce dal magazzino del produttore fino allo scaffale del supermercato, i test di laboratorio hanno messo in evidenza un livello di precisione pari al 99% nell'utilizzo delle etichette Rfid. Il progetto pilota ha esteso poi i test alle attività sul campo, installando i lettori Rfid presso le banchine di carico del magazzino Parmacotto, nel centro distributivo e nei punti

vendita Auchan, rilevando un'accuratezza pari al 98% circa a livello di cassa.

Nel processo distributivo tradizionale, Parmacotto perdeva visibilità sui propri prodotti non appena questi varcavano i cancelli dello stabilimento; il progetto pilota ha invece dato prova della possibilità di tracciare i singoli prodotti lungo l'intero percorso fino allo scaffale di vendita, rivelando benefici significativi per entrambi i soggetti della filiera, produttore e distributore. Tali benefici sono:

- eliminazione della fase di scansione dei codici a barre al momento della raccolta dei prodotti per l'evasione degli ordini;
- abolizione dei controlli manuali, non più necessari;
- riduzione del tempo richiesto per la gestione di potenziali errori, che vengono segnalati prima che i prodotti lascino lo stabilimento;
- miglioramento della visibilità lungo la supply chain dal 'make-to-stock' al 'make-to-order';
- monitoraggio dell'andamento delle promozioni;
- disponibilità di messaggi di allerta in caso di merci non rilevate per un certo periodo di tempo in qualsiasi punto della supply chain;
- comprova automatica dell'avvenuta consegna e fatturazione;
- disponibilità di avvisi circa i prodotti che stanno per terminare la loro vita di scaffale, aspetto essenziale nell'ambito del progetto in quanto il trasporto prevedeva la gestione di merci deperibili;
- monitoraggio del tempo richiesto per il trasferimento della merce dal produttore fino allo scaffale del punto vendita, evidenziando i colli di bottiglia.

Si prevede di estendere la ricerca ad un'intera rete di operatori, composta da differenti produttori e punti vendita.

Il tag nella whole sale

Il 28 aprile 2003, Metro, la catena di negozi per la vendita all'ingrosso (wholesale), presente anche in Italia, ha inaugurato in Germania il "future store", il primo negozio del futuro con lo scopo di testare a tutto campo la tecnologia Rfid. In questa sperimentazione i prodotti sono tracciati dal centro di distribuzione fino al negozio. In seguito, è stata valutata l'efficacia del sistema nel tracking dei prodotti in termini di controllo degli arrivi, riordino della merce e riduzione degli stock-out. Il negozio è dotato di scaffali intelligenti che verificano la scorta di prodotto, sistemi di self check-out RFID, chioschi e bilance intelligenti (che dotate di telecamere riconoscono la frutta e verdura pesata). Il negozio offre ai clienti anche la possibilità di scegliere se fare acquisti nella maniera tradizionale o di usufruire della nuova tecnologia. Il coinvolgimento nel progetto è stato elevato e ha visto la partecipazione di numerose aziende leader nel settore, come IBM, Intel, Intermec, Sap, Philips e altri. Per implementare il progetto è stato necessario coinvolgere sistemi enterprise e di back-office, di hardware RFID, di middleware e di applicazioni, per un totale di 100 persone e 35 aziende che hanno lavorato in partnership. Tra i prodotti facenti parte della sperimentazione ci sono anche i cd e i dvd etichettati con transponder RFID, che fungono anche da antitaccheggio, mentre, per cosmetici ed alimentari, l'etichettatura Rfid consente di avere la situazione delle scorte in tempo reale, nonché il controllo delle date di scadenza.

Il tag nella grande distribuzione organizzata

È uno dei pochi esempi di soluzioni Rfid applicate in ambito della grande distribuzione organizzata. Questo caso risulta particolarmente interessante perché coinvolge più attori della filiera: i fornitori, i centri di distribuzione e i negozi. Di seguito verranno riportati due casi oggetto di studio. Il primo riguarda una realtà straniera; il secondo, una italiana.

MARKS & SPENCER

Leader nel settore al dettaglio inglese, Marks & Spencer, ha circa 400 negozi, 8 centri di distribuzione e 3000 fornitori con una gestione Just-in-Time. Oltre il 70% del business è dato dal chilled fresh food (prodotti freschi a temperatura controllata), ed è caratterizzato da una supply chain estremamente rigida: nella maggior parte dei casi i prodotti ordinati di mattina devono essere disponibili in vendita entro la mattina del giorno successivo. Una caratteristica di M&S è l'utilizzo di vassoi riciclabili, su cui viaggia il 70% delle 120 milioni di confezioni che attraversano la supply chain. La riutilizzabilità dei vassoi è molto importante, dal momento che ottimizza l'uso dei transponder e di conseguenza abbatte i costi d'implementazione della tecnologia. Durante il field-trial con tecnologia Rfid, i risultati più significativi sono stati riscontrati nei seguenti ambiti:

- diminuzione dei costi di stampa delle etichette;
- riduzione dei costi di manodopera relativi all'applicazione delle etichette;
- velocizzazione dei tempi di lettura;

- aumento dell'accuratezza;
- miglior controllo dell'attrezzatura.

OMNISCOM SPA

Omniscom Spa, proprietaria delle catene di ipermercati e supermercati A&O e Famila, ha deciso di affidarsi a Checkpoint Systems e alle sue antenne RFID a doppia tecnologia per prevenire i furti nei suoi punti vendita. Superalcolici, lamette da barba, prodotti alimentari freschi, piccoli elettrodomestici e molte altre merci a rischio, d'ora in poi, saranno protette in tutti e 17 i punti vendita (tra supermercati e superstore) di Omniscom, leader nel settore della GDO in provincia di Bolzano da oltre 40 anni. I supermercati sono stati dotati di barriere antitaccheggio a doppia tecnologia, elettromagnetica e RFID, targate Checkpoint Systems; in questo modo, grazie ai sensori e alle etichette a radio frequenza Rf EAS Evolve (per cosmetici e piccoli elettrodomestici) e Food Safe (per i prodotti alimentari freschi) di Checkpoint, le merci saranno identificate in modo univoco e continuamente sotto controllo. La decisione di utilizzare la tecnologia Rfid su vasta scala è stata presa dopo aver assistito al successo del progetto pilota sperimentato per un anno in un ipermercato del gruppo Omnicom. L'installazione dei sistemi RFID, conclusa in anticipo sui tempi, ha già portato al gruppo numerosi benefici (in primis un monitoraggio maggiore delle merci a disposizione), permettendo anche di cogliere in flagrante molti taccheggiatori (e portando all'attenzione della cronaca locale il fenomeno dei furti nei supermercati, spesso sottovalutato). L'utilizzo

della tecnologia RFID è ideale per identificare e salvaguardare le merci nella GDO.

Il tag nel campo ospedaliero

Istituto ortopedico Rizzoli

L'Istituto Ortopedico Rizzoli (IOR) di Bologna è un istituto monospecialistico ortopedico-traumatologico riconosciuto dal Ministero della Sanità quale "istituto di ricovero e cura a carattere scientifico" (IRCCS), cioè con compiti di ricerca biomedica per la disciplina di competenza. Le applicazioni della tecnologia Rfid sono iniziate nel 2004 presso la Banca del Tessuto Muscoloscheletrico, con un progetto finalizzato alla gestione e tracciabilità di ogni reperto di tessuto e ossa da trapianto. Ogni contenitore di reperti viene dotato di un'etichetta Rfid, sulla quale sono memorizzate le informazioni relative al reperto stesso, al donatore nonché i test eseguiti sul reperto. I contenitori sono conservati in celle frigorifere con temperature fino a -80°C . Il reperto è in seguito inviato alla struttura che si occupa del trapianto, dove il relativo transponder può essere letto e aggiornato con le informazioni dell'intervento. Il transponder torna quindi alla Banca del Tessuto Muscoloscheletrico, che aggiorna le informazioni sul proprio database. Grazie a questa procedura la Banca è in grado di tracciare su ogni transponder l'intero percorso fatto da ogni reperto dal donatore al ricevente. Nel 2006 è stato avviato un secondo progetto Rfid che riguarda la sicurezza delle trasfusioni di sangue. Presso l'istituto le sacche di sangue provenienti da predeposito o da donazioni verranno dotate di tag. Le informazioni che assicurano la correttezza della

trasfusione saranno contenute nei tag delle sacche e in quello applicato attraverso un bracciale monouso al polso del paziente, in modo da poter garantire che le operazioni svolte avvengono senza errori.

Ospedale di Treviglio

Operativo dal 1971, l'ospedale di Treviglio Caravaggio ha registrato negli ultimi anni un sensibile aumento nell'afflusso di pazienti, motivato in primis dalla chiusura delle vicine strutture, divenendo così un punto di riferimento nell'area della bassa bergamasca, fino quasi alle porte di Milano, ed interessando anche le province limitrofe di Cremona e Brescia.

Un simile trend in crescita è ben sintetizzato dai numeri: l'ospedale annovera oltre 1.000 addetti tra medici, infermieri, personale tecnico, di riabilitazione ed amministrativo, mentre il Pronto Soccorso registra 55 mila accessi all'anno, con una media di 3/4 prestazioni per ogni paziente.

Una simile crescita dell'utenza, calcolata tra il 10 ed il 20% all'anno, ha generato nuovi problemi di gestione del paziente, la cui sicurezza è posta sempre in prima linea: la soluzione tecnologica fornita dall'Rfid, prima in Italia di questo genere nel settore ospedaliero, ha fatto dell'Ospedale di Treviglio una fucina d'innovazione in Italia. L'applicazione si avvale di dispositivi Rfid attivi per localizzare i pazienti del Pronto Soccorso: all'accettazione viene consegnato al paziente un tag attivo inserito in un porta-badge da appendere al collo che, dalle sequenze di passaggio nei varchi posizionati in punti strategici, permette di individuare l'esatta posizione del paziente. Ecco il dettaglio: quando il paziente si presenta all'accettazione viene

protocollato dal gestionale di Pronto Soccorso, un'operazione che richiama via web-service l'applicazione per assegnare a ciascun paziente un tag Rfid attivo, dal codice identificativo univoco: è quindi al triage del Pronto Soccorso, dove i pazienti sono suddivisi in diverse classi di urgenza in base alla gravità della patologia, che il tag viene battezzato, associato cioè a quel preciso utente, permettendo così di localizzarlo d'ora in poi grazie ad appositi varchi Rfid che introducono nelle aree o nei locali specifici da monitorare. Quando poi il paziente viene dimesso, l'applicazione di Pronto Soccorso comunica che l'utente è in uscita ed il relativo tag viene reso riutilizzabile; tutti i dati relativi al paziente in uscita vengono salvati ed archiviati nel data-base, permettendone così una ricostruzione storica, mentre il tag viene dissociato da questo paziente, pronto così per essere consegnato ad un nuovo utente. Le funzioni attualmente sviluppate per l'ospedale di Treviglio comprendono: localizzazione singolo paziente, storia delle localizzazioni di un paziente, pazienti presenti in un'area/reparto e pazienti non individuati da "N"tempo. Tutte le interfacce utente sono sviluppate in web, quindi non è necessario installare alcun software specifico sui pc degli operatori; dette funzioni web sono inoltre accessibili anche da applicazioni terze. La soluzione Rfid racchiude chiari ed importanti benefici: permette innanzitutto di ricostruire la storia del percorso seguito dal paziente, verificando quindi in tempo reale lo stato di attuazione del medesimo percorso, scrutare la situazione dei pazienti mancanti, essere estesa per il monitoraggio del personale medico e paramedico con controllo accessi selezionato, essendo il sistema Rfid integrabile anche con allarmi e/o aperture porte. L'utilizzo di Rfid attivi consente inoltre di monitorare la posizione dei pazienti senza attività volontarie, quindi senza ostacolare e disturbare le

attività del Pronto Soccorso, una nota questa di particolare valore soprattutto nei momenti di drammaticità in cui bisogna intervenire tempestivamente .

L'interazione con il gestionale di Pronto Soccorso può fornire a quest'ultimo l'effettiva presenza dei pazienti nelle sale d'attesa specifiche eliminando la necessità di accettazioni dei singoli studi.

CAPITOLO 6

IMPLEMENTAZIONE DELLA TECNOLOGIA RFID AL PROCESSO DI RECUPERO PER IL TRATTAMENTO DEI RAEE

6.1 Implementazione della tecnologia RFID al processo di recupero per il trattamento dei RAEE

Obiettivo, risulta, implementare, l'applicazione della tecnologia RFID nel processo di recupero per il trattamento dei RAEE attraverso il modello visto precedentemente e schematizzato con l'ausilio dei CLD. Grazie all'analisi dei case studies e alle conoscenze acquisite sull'RFID, si deve individuare il tipo di tag, reader e antenna, sia possibile utilizzare nel processo di trattamento dei RAEE, prendendo in analisi nello specifico le lavatrici.

- TIPOLOGIA TAG

Il tipo di tag da utilizzare su una lavatrice, è un tag attivo, alimentato da una batteria che dura circa 10 anni, a forma di etichetta. Utilizza una frequenza che va dai 125 KHz ai 13,56 MHz.

E' un tag *read/write* che riesce a tollerare temperature elevate (240°C) e che, grazie al retro adesivo, si attacca semplicemente al prodotto.

Tale tag sarà dotato di una memoria RAM che varia da 48 byte a 736 byte e che permette di scrivere, leggere e modificare i dati in memoria un numero illimitato di volte.

- **READER**

Si utilizza un reader monostatico, dove una singola antenna viene utilizzata sia in ricezione che in trasmissione.

- **ANTENNA**

Poiché la frequenza rientra nella banda LF ed HF, si utilizza un'antenna a spira con un diametro che aumenta all'aumentare della portata del sistema. E', quindi, un'antenna ad accoppiamento magnetico.

6.2 La gestione delle informazioni

Ipotizziamo di voler taggare una lavatrice. Quali sono le informazioni che devono essere gestite?

Le informazioni tipiche da inserire in un tag RFID sono:

1. UID (Codice Identificativo)
2. LOCATION
3. TIPOLOGIA
4. MARCA
5. MODELLO
6. SERIALE
7. FORNITORE
8. UTENTE
9. INFORMAZIONI AGGIUNTIVE.

Quando parliamo di informazioni aggiuntive, parliamo di informazioni che si diversificheranno a seconda del tipo di prodotto che consideriamo.

Analizziamo tali informazioni e adattiamole al prodotto che abbiamo scelto, una lavatrice.

- **UID**: codice identificativo, stringa di caratteri alfanumerici che identifica in maniera univoca la lavatrice in esame.
- **LOCATION**: contiene le informazioni relative al luogo in cui è stata prodotta la lavatrice.
- **TIPOLOGIA**: indica le caratteristiche generali della lavatrice.
- **MARCA**: nome utilizzato per identificare la lavatrice.
- **MODELLO**: indica le caratteristiche funzionali della lavatrice.
- **SERIALE**: numero di serie o *product key* della lavatrice.
- **FORNITORE**: informazioni relative ai fornitori dei materiali utilizzati per creare la lavatrice. Queste si diramano con una struttura ad albero. Accanto alle informazioni generiche riguardanti il fornitore, ci sono informazioni relative all'attività svolta dai fornitori e ai prodotti forniti.
- **UTENTE**: informazioni relative a chi ha acquistato e quindi utilizzato la lavatrice.
- **INFORMAZIONI AGGIUNTIVE**: possono essere di diverso tipo ma, generalmente riguardano i guasti, le sostituzioni e gli utilizzi del prodotto in esame.

I tag RFID registrano tutte le informazioni che riguardano il prodotto, i guasti e le cause di guasto.

In questo modo è possibile usufruire dei dati storici, che sono facilmente accessibili, e risalire alle cause più probabili di guasto.

Una volta valutata la possibilità tecnica di intervento, si passa a valutarne la convenienza economica.

Di seguito, nella figura 43, verranno indicate tutte le informazioni che possono essere analizzate nel momento in cui viene letto il tag, posto sulla lavatrice dismessa, prima che venga poi smistata in una delle tre possibili attività della reverse logistics. Tali informazioni possono essere aggiornate e modificate ogni volta che la “storia” dell’oggetto in esame evolve.

6.3 Implementazione dello scenario coi tag

Implementiamo la mappa causale vista precedentemente attraverso l'utilizzo dell'RFID.

Cosa succede se inseriamo dei tag RFID all'interno del nostro processo? Quali sono i vantaggi riscontrati nel nostro caso applicativo?

La possibilità di poter recuperare i prodotti alla fine del loro ciclo di vita, offre tutta una serie di importanti vantaggi tra i quali i più significativi sono la riduzione della quantità di rifiuti destinati alle discariche e la riduzione dell'utilizzo di nuova materia prima ed energia per le nuove produzioni. La tecnologia RFID, con la sua capacità di tracciare i prodotti durante il loro ciclo di vita e di tener traccia delle informazioni che ad essi attengono, permette di facilitare la gestione dei prodotti che viaggiano nel canale inverso.

Le informazioni che sono presenti nei tag possono rappresentare un valido supporto per la previsione dei flussi di ritorno.

Inoltre possono determinare un piano di produzione che comprenda, oltre alle materie prime provenienti dal canale diretto, l'utilizzo di materiali o componenti che provengono dal canale inverso ottenendo in tal modo un risparmio in termini economici.

Di seguito si riporta il CLD (figura 44) relativo all'applicazione di tag RFID nel processo di trattamento RAEE, visto precedentemente.

Come precedentemente detto, l'inserimento di un tag RFID all'interno di un'apparecchiatura elettrica o elettronica, ad esempio una lavatrice, comporta un aumento della tracciabilità, intesa come capacità di raccogliere e tener traccia delle informazioni relative al flusso dei materiali lungo il processo produttivo e distributivo e della

rintracciabilità, capacità di ricostruire, a partire dai dati di tracciabilità, la storia di un prodotto partendo da un qualsiasi punto della filiera produttiva.

La tracciabilità, a sua volta, comporta una maggiore capacità di tracciare i prodotti e conseguentemente, di intervenire in riparazione. La rintracciabilità permette di incrementare la conoscenza sul prodotto e quella relativa alla categorizzazione dei prodotti. Tutto ciò porta ad un aumento del riciclaggio e della rifabbricazione. Queste aliquote faranno in modo che la percentuale di RAEE si riduca, anche se con ritardo, comportando un minor impatto sull'ambiente e quindi, sulle materie prime. Un minore sfruttamento di materie prime favorirà la produzione di apparecchiature elettriche ed elettroniche, volte a soddisfare le sempre crescenti richieste dei consumatori.

6.4 Analisi dei risultati

Dall'analisi effettuata, si può dedurre che la tecnologia RFID, oggi ancora non utilizzata nel trattamento dei RAEE, può migliorare notevolmente lo scenario attuale. Tale applicazione consente di tracciare e rintracciare i prodotti, di conoscere la storia di un prodotto e di poter quindi intervenire in maniera "mirata". La possibilità di recuperare i prodotti alla fine del loro ciclo di vita, offre una serie di importanti vantaggi, come la riduzione dell'utilizzo di nuova materia prima ed energia per le nuove produzioni.

Obiettivo del recupero è, infatti, recuperare la maggior parte del valore economico ed ecologico che, altrimenti, andrebbe perso, con la distruzione del bene. Se si decide di implementare un sistema di recupero, a seconda delle caratteristiche del prodotto, è necessario scegliere tra le tre attività di cui si è già parlato: la rifabbricazione, il riciclaggio e la riparazione.

- La rifabbricazione, processo attraverso il quale nuovi prodotti sono ottenuti ri assemblando componenti provenienti da vecchi prodotti dismessi, precedentemente disassemblati, ripuliti e rigenerati ed utilizzando, dove necessario, nuovi componenti, permette di ottenere unità con caratteristiche equivalenti, a volte superiori rispetto al prodotto di origine per quanto riguarda performance, qualità e tempo di vita atteso.

La rifabbricazione permette, infatti, oltre al riciclo dei materiali, anche il recupero del valore originariamente aggiunto alla materia prima,

laddove per valore aggiunto intendiamo il costo del lavoro dell'energia e di tutte le operazioni di fabbricazione, che si è aggiunto al costo di base delle materie prime. La fabbricazione di nuovi prodotti richiede, infatti, l'utilizzo di una quantità di risorse naturali dalle quattro alle cinque volte superiore a quella che è necessaria con un processo di rifabbricazione. Altri vantaggi sono la possibilità di poter ridurre i lead-time e l'opportunità di poter utilizzare prodotti rifabbricati, le cui prestazioni sono uguali, se non superiori a quelle dei prodotti nuovi.

- Il riciclaggio consiste nel recuperare attraverso una serie di operazioni, la materia prima con la quale tali prodotti sono realizzati, rendendola così disponibile per essere in seguito riutilizzata nella fabbricazione degli stessi o di altri tipi di prodotto realizzati con lo stesso materiale. I benefici ambientali del riciclaggio, come la riduzione della quantità di rifiuti destinati allo smaltimento e risparmio di materie prime naturali, sono facili da comprendere ma di difficile valutazione.
- La riparazione, consistendo principalmente, nella sostituzione di uno o più componenti, prolunga la durata dei prodotti e dei componenti usati. Permette, non soltanto di risparmiare i costi di trattamento e riciclaggio, ma assicura anche vantaggi economici grazie alla rivendita dei prodotti usati a un prezzo inferiore. Questa attività costituisce un nuovo settore economico, in cui un nuovo tipo di industria (piccole imprese e associazioni di beneficenza) può trovare grosse opportunità, ad esempio per rimettere in commercio gli elettrodomestici. Molto spesso il consumatore svaluta eccessivamente i propri prodotti correndo il rischio di gettare in discariche prodotti di valore e di acquistarne altri di qualità mediocre. Oggi più che mai conviene riparare, sia per le aziende sia per il consumatore, per il semplice motivo che, al contrario

di qualche tempo fa, il prodotto che si guasta è spesso nuovo e buttarlo in discarica significherebbe per il consumatore spendere almeno il doppio per comprarne uno identico e, per le aziende costi di produzione superiori rispetto ad una ragionevole riparazione dell'usato.

La più grande barriera resta, invece, quello che molti chiamano *paradosso della qualità*, che consiste nel fatto che molti produttori e fornitori di componenti per aziende che assemblano nuovi prodotti, potrebbero perdere parte dei loro affari in quanto tali prodotti potrebbero essere riutilizzati più volte.

Da quanto detto, si può evincere che l'utilizzo di queste tre attività, alternativamente, unite all'impiego della tecnologia RFID, consente di migliorare notevolmente il processo di trattamento RAEE e di ottenere vantaggi notevoli come l'aumento della vita utile dei prodotti, una minor incidenza negativa sull'ambiente e un reintegro di materie prime volte ad alimentare la capacità produttiva.

Nel lungo periodo, come è emerso dal modello concettuale che è stato elaborato, se implementate le politiche introdotte, la percentuale di RAEE potrebbe diminuire, anche se con ritardo, risolvendo problemi notevoli. Peraltro, promuovendo l'utilizzo delle attività di Reverse Logistics e l'impiego della tecnologia RFID si può ottenere un ulteriore vantaggio inerente la capacità di gestione dei rifiuti elettrici ed elettronici.

CAPITOLO 7

PROGETTO Re.Lo.A.D

7.1 Progetto Re.Lo.A.D

La Whirlpool Napoli in collaborazione con l'Università di Napoli Federico II sta sviluppando il progetto Re.Lo.A.D, Reverse Logistics per Apparecchiature elettriche di uso Domestico, i cui risultati possono consentire, nel breve-medio periodo, di stabilire gli interventi infrastrutturali e di servizio necessari per il recupero e la miglior gestione dei prodotti elettrici ed elettronici acquistati dai consumatori e giunti al termine del loro periodo di utilità, che perciò vengono definiti “prodotti a fine vita”. Tuttavia, non tutti i prodotti dismessi sono giunti a fine vita: in alcuni casi può capitare che alcuni di essi vengano sostituiti quando il prodotto è ancora nel corso della sua vita utile (vedi Figura 45), perché, ad esempio, la riparazione risulta troppo costosa e meno conveniente dell'acquisto di un nuovo prodotto con analoghe caratteristiche, o in seguito ad innovazioni tecnologiche (mascherina touch, maggiore capienza, ecc.).

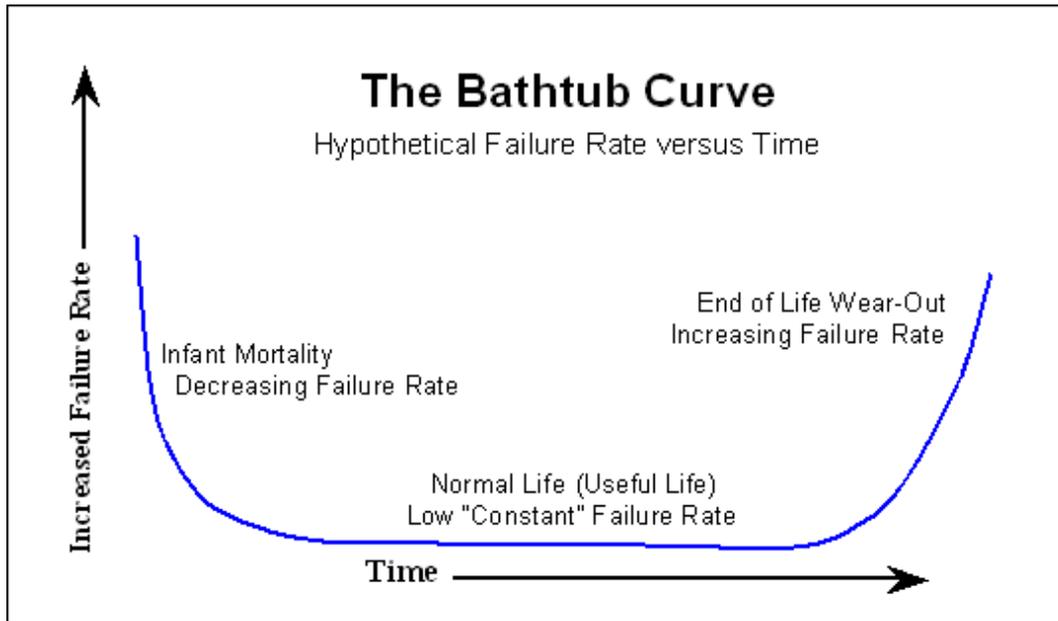


Figura 45: *The bathtub curve*

Facendo riferimento alla figura è possibile classificare i prodotti, nel caso specifico lavatrici, in 3 categorie:

Categoria 1 : prodotti dismessi nella fase di mortalità infantile (< 3 anni).

Categoria 2: prodotti dismessi nella fase di vita utile (3-10 anni).

Categoria 3: prodotti dismessi in fase di usura (>10anni).

Nel caso in cui il prodotto rientri tra le prime 2 categorie è possibile pensare di riparare e riutilizzare il prodotto stesso immettendolo in un mercato secondario o di riutilizzare i componenti funzionanti come parti di ricambio.

I vantaggi che ne conseguono sono:

- Minore costo di acquisto di materiale da parte dell'azienda;
- Minore impatto sull'ambiente (viene smaltita una minore quantità di materiale RAEE);

- Sviluppo di mercati secondari.

Nel caso rientri nella terza categoria, viene mandato direttamente in Riciclaggio, in quanto i componenti hanno assolto la loro funzione nel corso della vita utile e sono oramai usurati.

Bisogna tener conto, però, del cosiddetto “*paradosso della qualità*”, che consiste nel fatto che molti produttori e fornitori di componenti per aziende che assemblano nuovi prodotti, potrebbero perdere parte dei loro affari in quanto tali prodotti potrebbero essere riutilizzati più volte.

Dunque, l’assunto di partenza del progetto di ricerca, sta nel considerare questi prodotti non più come rifiuti bensì come risorse da riutilizzare, nell’ottica di restituire valore aggiunto a tutta la filiera produttiva e distributiva, raggiungendo nel contempo anche alcuni traguardi di sostenibilità ambientale.

Il progetto mira a realizzare un prototipo di piattaforma logistica in grado di fornire servizi di raccolta, selezione e trattamento dei materiali a fine vita, le cui attività sono organizzate da un sistema di gestione intelligente delle informazioni e dei servizi di reverse logistics.

In tal senso risulta di fondamentale importanza il concetto di tracciabilità/rintracciabilità (figura 46) del prodotto visto in precedenza.

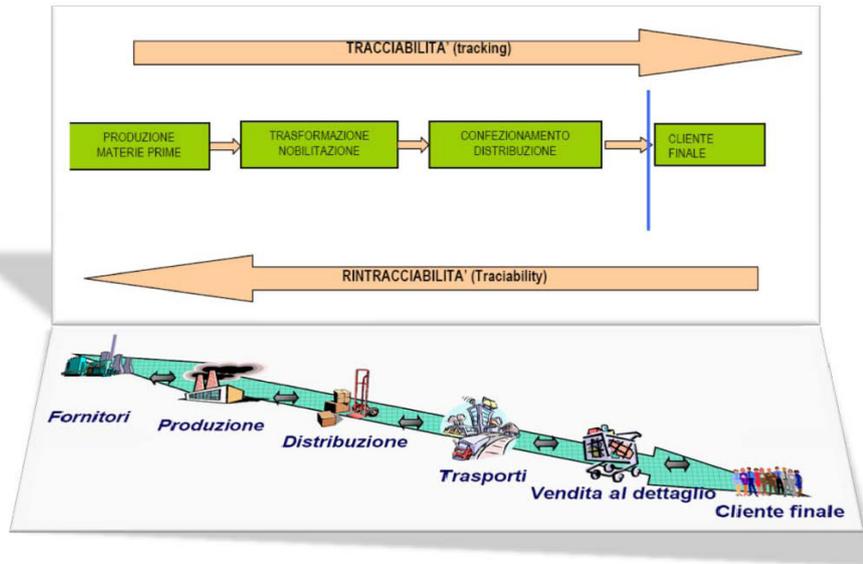


Figura 46 : *tracciabilità di filiera*

La realizzazione di un sistema di tracciabilità necessita innanzitutto di un software che sia in grado di seguire lungo la catena di produzione gli avanzamenti di una qualsiasi entità (unità di carico, prodotto, lotto) e di memorizzare, in un apposito database, tutti i dati di interesse. Entrano qui in gioco le tecnologie della lettura e raccolta automatica dei dati che garantiscono: accuratezza, rapidità, affidabilità, precisione.

Sulla base dello studio fatto nei capitoli precedenti si vuole valutare l'effettiva applicazione di un sistema RFID all'interno del sistema produttivo Whirlpool Napoli, in modo da ottenere un miglioramento dell'attuale processo e da permettere la creazione di un impianto pilota, come previsto dal Progetto Re.Lo.A.D, che consenta un migliore trattamento degli elettrodomestici bianchi dismessi.

7.2 Sistema attuale

Attualmente viene utilizzata la tecnologia RFID per permettere l'automazione di alcune operazioni sulla Washing Unit e per effettuare controlli statistici.

In particolare, viene utilizzato il Moby-e della Siemens, tag passivo con le dimensioni di una carta di credito dotato di memoria Read/Write (736 byte), inserito sul pallet.

In esso inizialmente sono contenute informazioni quali:

- Distinta base della macchina da produrre;
- Tipologia di operazioni che i robot devono eseguire per l'assemblaggio della macchina, in particolare per l'accoppiamento vasca-cestello.

Man mano che il pallet avanza lungo la linea, il moby viene aggiornato con gli esiti dei vari test per il controllo qualità, fino alla fine del processo di operazioni sulla Washing Unit.

A ciascun Moby è associato un "dummy code", che è identificativo del singolo pallet e non dello specifico prodotto; per identificare il prodotto viene utilizzato il classico bar code, che viene applicato in fase di Assemblaggio.

Una volta completato il processo di assemblaggio, si giunge alla fase di collaudo, in cui viene messa in funzione la lavatrice. Il test viene eseguito dal sistema automatico e il risultato visualizzato deve essere confermato da un operatore. L'operatore, infatti, può effettuare controlli visivi e se necessario segnalare eventuali anomalie tramite appositi sticker. Nel caso in cui la lavatrice non passi il collaudo, viene mandata in un'apposita baia di riparazione e successivamente reimpressa sulla linea produttiva. L'esito del collaudo viene scritto automaticamente sul Moby.

Dopo la fase di collaudo, la lavatrice abbandona il pallet e viene spostata sul fondo imballo. Il pallet viene riportato in fase iniziale del processo e il Moby resettato: in questo modo, i dati memorizzati, non relativi allo specifico prodotto, non sono più utili al processo produttivo e risultano utilizzati solo per fini statistici.

Alla lavatrice vengono applicati gli angolari in polistirolo e un operatore inserisce un ulteriore bar code sull'angolare destro; nel caso in cui c'è uno sticker che segnala un'anomalia, il bar code viene posizionato sull'angolare sinistro. Questo perché successivamente, completata la fase di imballaggio, il prodotto passa attraverso due lettori di bar code (etichettatura e dichiarazione) e a seconda della posizione del bar code, viene smistata in un'area adibita alla raccolta dei prodotti bloccati, o si avvia alla fase di distribuzione.

In quest'ultima fase, le lavatrici vengono posizionate in file per essere poi prelevate e impilate.

In questa fase avviene l'ultima lettura dei bar code che permette l'emissione della bolla.

Può capitare che l'operatore addetto alla fase di termoretrazione, poco prima dell'etichettatura, noti dei difetti sul prodotto e per far sì che esso non passi come "prodotto buono" alla lettura del bar code lo schermo opportunamente.

Difficoltà del sistema attuale.

Il sistema in uso presenta la seguenti difficoltà:

1. Dal momento che i dati sono associati al pallet e non univocamente al prodotto, si perdono informazioni utili alla rintracciabilità del prodotto nonché tutte quelle relative alle varie fasi di produzione (riparazioni subite, collaudi effettuati, ecc)

2. Quando avviene l'etichettatura e la dichiarazione della lavatrice, alcuni prodotti possono risultare "non letti" in quanto il bar code, applicato manualmente, può risultare non visibile (stropicciato, mal posizionato); ciò è dovuto anche alla non elevata affidabilità del sistema bar code;
3. I prodotti non letti e quelli bloccati vengono smistati nella stessa direzione e spesso non sono distinguibili: ciò comporta costi in termini di tempi e di gestione di tali prodotti;
4. Può capitare che durante la lettura per la dichiarazione venga letto un codice errato: in questo modo viene dichiarato in uscita un prodotto che non esiste o che è ancora all'interno, mentre il prodotto uscito risulta virtualmente ancora all'interno del sistema;
5. Alla lettura finale può capitare che alcuni prodotti, pur essendo stati dichiarati, non vengano letti: questo comporta che dalla bolla risultino prodotti non letti nel carico finale. Per ovviare a questo problema bisognerebbe intervenire manualmente e leggere i codici mancanti, ma ciò non sempre è possibile data la disposizione del carico in più file e colonne (3x3x20);
6. L'imprecisione nella lettura dei bar code comporta anche la necessità di inserire manualmente i dati dalla bolla al sistema Sap, operazione che potrebbe essere effettuata automaticamente con l'utilizzo di sistemi più affidabili.

7.3 Progettazione del sistema RFID

Il Progetto Reload, come accennato, si prefigge di implementare la tecnologia RFID per una migliore gestione dello smaltimento degli elettrodomestici bianchi giunti a fine vita. L'implementazione di tale tecnologia trova vantaggiose applicazioni anche nelle fasi del processo produttivo e consente di ovviare a molti problemi derivanti dall'uso della tecnologia bar code.

Grazie all'analisi dei case studies e alle conoscenze acquisite sull'RFID, dobbiamo ora individuare che tipo di tag, reader e antenna, possiamo utilizzare nel processo di trattamento dei RAEE, prendendo in analisi nello specifico le lavatrici.

Scelta tipologia e posizionamento del tag

Sulla base delle caratteristiche richieste dal progetto, si è pensato di utilizzare un tag omnidirezionale, semipassivo con capacità di memoria di 64 byte, operante in UHF.

E' un tag read/write a forma di etichetta adesiva, del tipo in figura 47:

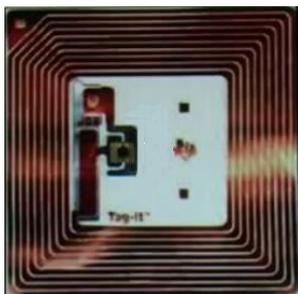


Figura 47: tag in forma di etichetta adesiva

Tenendo conto dei problemi relativi all'implementazione del tag in presenza di metalli e della necessità che esso sia visibile (se pur coperto) al reader, si è deciso di posizionare l'etichetta in corrispondenza della vaschetta portasapone della lavatrice (in plastica). Tale tag verrà inserito a monte della fase di collaudo.

Gestione delle informazioni

Si è pensato di inserire nel tag le seguenti informazioni (vedi Allegato

1: Schema di memoria del tag):

1. Serial Number;
2. 12NC della macchina;
3. Stato della lavatrice (bloccato/non bloccato) con eventuali motivi di blocco;
4. Week e anno di vendita;
5. Componente sostituito, riparato o non funzionante;
6. Numero di volte in cui il componente è stato sostituito/riparato;
7. Week e anno di riparazione/sostituzione;
8. Versione del tag

Le prime tre informazioni sono relative alla fabbrica e verranno inserite durante il processo produttivo.

L'informazione 4 dovrà essere inserita dal venditore una volta che il prodotto verrà acquistato dal consumatore. Questo tipo di informazione è molto importante poiché permette di valutare l'effettivo tempo di utilizzo del prodotto (con l'ipotesi che una volta acquistato venga messo in funzione).

Il serial number della macchina conterrà al suo interno diverse informazioni, tra cui la week e l'anno di produzione.

Tutte queste informazioni saranno utili ai produttori una volta che la lavatrice verrà dismessa per semplificare le varie operazioni di disassemblaggio e per valutare eventuali opportunità di riutilizzo/riparazione di alcuni componenti. Inoltre, questo consentirà anche una semplificazione del lavoro del manutentore una volta che

verrà chiamato a riparare eventuali malfunzionamenti: dovrà essere dotato di opportuni palmari che consentiranno di leggere l'attuale stato della lavatrice (con le relative informazioni inserite in fase di produzione) e di scrivere sul tag eventuali riparazioni effettuate e quindi di aggiornare lo stato (informazioni 5,6,7).

Scelta e posizionamento dei Reader

Dall'analisi effettuata su campo è stato previsto l'implementazioni di 5 stazioni di Scrittura/Lettura fissi e di un reader/writer portatile.

Schematizzando in figura 48:

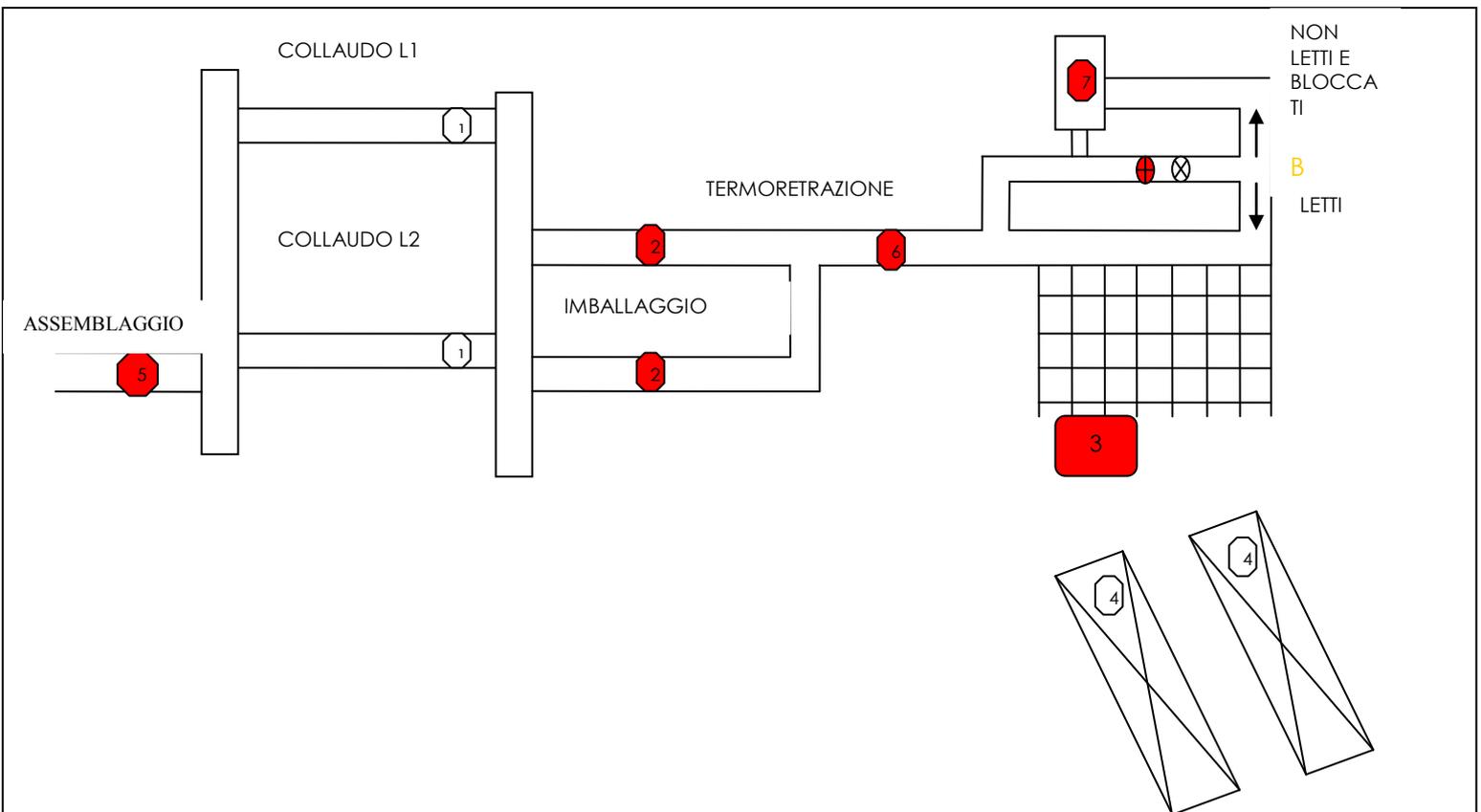


Figura 48: Layout Progetto Re. Lo. A. D.

Legenda:

① : Posizione in cui la lavatrice abbandona il pallet e viene immessa su fondo imballo

② : Posizione in cui avviene il posizionamento degli angolari in polistirolo e l'applicazione dei bar code; in questa posizione è stato previsto l'impiego di un sistema di lettura/scrittura dove verrà scritto sul tag se la macchina risulta bloccata o meno ed il motivo del blocco;

⑤ : Posizione in cui è stato previsto il primo sistema di scrittura/lettura, dove verrà immatricolato il tag con il serial number del prodotto, il 12NC e la versione del tag;

⑥ : Posizione in cui avviene la termoretrazione, dove un operatore sarà dotato di apposito lettore manuale che gli consentirà di bloccare o meno il prodotto in seguito a difetti riscontrati;

⊕ : Sistema di lettura bar code per l'etichettatura del prodotto;

⊗ : Sistema di lettura bar code per la dichiarazione del prodotto;

⑦ : Posizione in cui è stato previsto l'impiego di un sistema di lettura/scrittura che permette di "sbloccare " il prodotto bloccato una volta riparato e quindi di reimmetterlo sulla linea;

③ : Posizione in cui avviene l'ultima lettura dei bar code, dove è stato previsto l'impiego di un sistema di lettura/scrittura, che evita il problema dei prodotti non letti presenti in bolla, aumentando l'affidabilità del sistema di lettura e permettendo il passaggio automatico al sistema Sap;

④ : Pedane su cui verranno impilate le 180 lavatrici.

Conclusioni

La valutazione dei drivers di sostenibilità ambientale, legislativi ed economici, conducono l'azienda che decida di affrontare in toto il processo di recupero per il trattamento dei RAEE, all'adozione di un sistema di Reverse Logistics Management -RLM- integrato dal supporto tecnologico offerto dalla tecnologia RFID: si realizza, così, un sistema di gestione capillare di dati e prodotti, tale da garantire efficacia, efficienza, robustezza e soprattutto evoluzione dinamica degli stessi flussi di materiali ed informazioni.

La tecnologia RFID promette di creare valore aggiunto per il business e per i consumatori, migliorando la visibilità dei processi, dei prodotti, dei mezzi e delle attrezzature che interessino la supply chain: consentire controlli completamente automatizzati è l'obiettivo più ambizioso di tale tecnologia, rendendo possibile un'efficienza maggiore in tutti gli anelli della filiera.

La RFID, inoltre, rende possibili, notevoli benefici per i grossisti ed i rivenditori nello stoccaggio della merce nei magazzini: consente un controllo continuo ed in tempo reale dei livelli inventariali ed automatizza i processi di approvvigionamento.

Un'applicazione interessante della tecnologia RFID riguarda anche il management delle fasi di rintracciabilità (recupero, disassemblaggio, identificazione, selezione, smistamento ecc..) delle parti di un prodotto finito giunto a fine vita e da ripristinare. Sarà possibile tradurre siffatta gestione, nella realizzazione, mediante tecnologia RFID, di un sistema integrato di controllo e monitoraggio che a prescindere dalla tipologia del processo di recupero scelto (riciclo, rifabbricazione, riutilizzo, riparazione), sia capace di monitorare sempre posizione, tempistica, costi del recupero del prodotto, di organizzare la gestione dei trasporti

(scegliendo ad es. tempi e percorsi opportuni), di collegare in rete i soggetti coinvolti nella raccolta: integrando flussi interni, reti di consegna e raccolta (coordinamento col punto di raccolta, coordinamento col produttore), ecc. Mediante la caratterizzazione con un identificativo (su tag RFID) delle diverse parti costituenti il prodotto finito sarà possibile seguire il *tracking* ed il *tracing*, l'intera storia della tracciabilità di filiera, che si traduce nel monitoraggio completo della qualità, eseguendo al recupero a fine vita, un aggiornamento di stato: aggiornando cioè il corredo informativo riportato sul tag rispetto proprio allo stato in cui giace a fine vita il bene dismesso da destinare al recupero.

A prescindere dal percorso seguito nella REVLOG (dipendente dal tipo di prodotto e dal tipo di investimento che si vuole perseguire da parte dell'azienda produttrice ed interessata nel recupero), sarà possibile concepire l'aggiornamento del corredo informativo del tag RFID (o l'applicazione *ex novo* del tag RFID) e il conseguente caricamento nel software di gestione ed attivazione del sistema integrato, al ritiro del prodotto presso terzi o presso centri di raccolta piuttosto che al rientro in azienda dove parte il ciclo di rilavorazione in sito o in consociate esterne.

Risulterà pertanto possibile, mediante tale sistema integrato basato sulla tecnologia RFID, la gestione della **logistica di magazzino** (genesì del prodotto/delle parti a partire dalle materie prime, sito d'origine, tempi di trasferimento, sistema di stoccaggio in magazzino, valutazione scorte, tempo disponibile sulla linea di produzione, verifica dei tempi di disponibilità, ecc), **del coordinamento con i punti di raccolta** (gestione delle informazioni relative ai beni restituiti, identificazione, selezione dei prodotti recuperabili e riconoscimento di eventuali guasti

e/o difetti e conseguente valutazione della possibile recuperabilità, stoccaggio in appositi contenitori o imballaggio e posizionamento su pallet per il trasporto), **della logistica di trasferimento delle informazioni** (gestione di reti LAN, internet, reti private in fibre), **del coordinamento col produttore** (affinchè l'azienda produttrice riceva le giuste quantità da riprocessare al momento opportuno, è necessario che i soggetti siano in continuo contatto e che programmino assieme le attività di raccolta e di trasporto dei prodotti dismessi. Il rischio maggiore, infatti, è che nei periodi di massima domanda non vi sia un sufficiente numero di pezzi da rifabbricare, costringendo l'azienda ad aumentare le ordinazioni di materiale verso i fornitori, mentre nelle fasi di contrazione del mercato vi sia una tale sovrabbondanza di beni riprocessabili da doverne destinare grosse quantità allo smaltimento, il che spesso comporta costi significativi). Tale sistema integrato, potrà gestire inoltre **la tempistica** (monitoraggio della linea di produzione e fermi di produzione: dovuti ad eventi manutentivi critici improvvisi per accadimenti non voluti piuttosto che programmati; disponibilità dei mezzi di trasferimento, scelta dei punti di raccolta e scelta dei percorsi ottimali: modifica degli algoritmi per la ricerca del minimo percorso utilizzando dati statistici come base di lavoro; gestione integrata: risorse umane e macchine) e i **trasporti** (risulta necessario sfruttare al massimo la flotta di mezzi di trasporto già impegnata nella fase di distribuzione: occorre integrare i percorsi di consegna e quelli di raccolta, scegliendo tempi e percorsi opportuni -introduzione dei milk run-); occorre creare il collegamento in rete tra i soggetti coinvolti nella raccolta: è necessaria la comunicazione capillare e immediata dell'avvenuta consegna di un determinato prodotto a tutti i partners della REVLOG, rendendo note con precisione le quantità di beni in

giacenza in ogni istante nei vari punti di raccolta sparsi sul territorio, rendendo possibile la modifica estemporanea dei percorsi della flotta logistica sulla base di tali dati).

Nell'ambito di un sistema di recupero dei RAEE, ed in seguito all'analisi effettuata dell'evoluzione dinamica del sistema stesso mediante il supporto di simulazione offerto dalla System Dynamics, ovvero, in seguito al confronto offerto dai CLD relativi ai differenti scenari previsti (situazione attuale, interventi relativi al breve-medio e medio- lungo termine), si può dedurre che, la tecnologia RFID, oggi ancora non utilizzata nel trattamento dei RAEE, può migliorare notevolmente lo scenario attuale.

La tecnologia RFID, con la sua capacità di tracciare i prodotti durante il loro ciclo di vita e di tener traccia delle informazioni che ad essi attengono, consente, sia di tracciare e rintracciare i prodotti, sia di conoscere la storia di un prodotto e di poter quindi intervenire in maniera “mirata”, facilitando anche la gestione dei prodotti che viaggiano nel canale inverso. Le informazioni che sono presenti nei tag, infatti, possono rappresentare un valido supporto per la previsione dei flussi di ritorno e per la previsione di un piano di produzione che comprenda, oltre alle materie prime provenienti dal canale diretto, l'utilizzo di materiali o componenti che provengano proprio dal canale inverso ottenendo in tal modo un risparmio in termini economici.

La possibilità di recuperare i prodotti alla fine del loro ciclo di vita, offre una serie di importanti vantaggi, tra i quali i più significativi sono la riduzione della quantità di rifiuti destinati alle discariche e la riduzione dell'utilizzo di nuova materia prima ed energia per le nuove produzioni: obiettivo del sistema di recupero dei prodotti dismessi, è

infatti, recuperare la maggior parte del valore economico ed ecologico che, altrimenti, andrebbe perso, con la distruzione del bene. Se si decide di implementare un sistema di recupero, a seconda delle caratteristiche del prodotto, è necessario scegliere tra le tre attività di cui si è già parlato: la rifabbricazione, il riciclaggio e la riparazione.

La Whirlpool Napoli in collaborazione con l'Università di Napoli Federico II sta sviluppando il progetto Re.Lo.A.D, Reverse Logistics per Apparecchiature elettriche di uso Domestico, i cui risultati possono consentire, nel breve-medio periodo, di stabilire gli interventi infrastrutturali e di servizio necessari per il recupero e la miglior gestione dei prodotti elettrici ed elettronici acquistati dai consumatori e giunti al termine del loro periodo di utilità, definiti “prodotti a fine vita” che assurgono, quindi, al ruolo fondamentale di risorsa.

Il progetto mira a realizzare un prototipo di piattaforma logistica in grado di fornire servizi di raccolta, selezione e trattamento dei materiali a fine vita, le cui attività siano organizzate da un sistema di gestione intelligente delle informazioni e dei servizi di reverse logistics.

L'effettiva applicazione di un sistema RFID all'interno del sistema produttivo Whirlpool Napoli, come previsto dal Progetto Re.Lo.A.D, permetterà di ottenere un miglioramento dell'attuale processo mediante la creazione di un impianto pilota, che consenta un migliore trattamento degli elettrodomestici bianchi dismessi.

L'implementazione di tale tecnologia, infatti, trova vantaggiose applicazioni anche nelle fasi del processo produttivo e consente di ovviare a molti problemi derivanti dall'uso della tecnologia bar code presente in azienda nel sistema attuale.

BIBLIOGRAFIA

- [1] C. Bianchi, 2000, “ Processi di apprendimento nel governo dello sviluppo della piccola impresa. Una prospettiva basata sull'integrazione tra modelli contabili e di System Dynamics attraverso i micromondi”, Giuffrè, Milano.
- [2] Averill M. Law, W. David Kelton, 2001, “Simulation Modeling & Analysis”, III Edition, Mc Graw Hill.
- [3] D. W. Engels and S. E. Sarma, 2002, “The reader collision problem”, IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, volume 3.
- [4] Luca Mari, 2002, “Un'introduzione all'analisi dinamica dei sistemi”.
- [5] Stefano Quintarelli, 2003, “The internet of things”, Equi Liber, Milano.
- [6] Juan Martin Garcia ,2003, “Theory and Pratical Exercises of System Dynamics”, Spagna
- [7] Van Wassenhove L., Guide D., Harrison T., 2003, “ The challeng of Closed Loop Supply Chain”, Department of Supply Chain & information System, Pennsylvania State University, USA.
- [8] T. Rossi, 2004, Simulation Forum, “Gestire il cambiamento nei processi produttivi e logistici. La simulazione come supporto alle decisioni”.
- [9] Metro Group, Future Store Iniziative,2004: “RFID: uncovering the value”.
- [10] Bergamini Piero, 2004, “Il telepass”.
- [11] Ing. Luigi Battezzati, 2005, Dott. Jean-Louis Hygounet, “RFID, Identificazione automatica in radiofrequenza”, Milano.

- [12] Tecnet Srl, 2005, “Rapporto RFID tra presente e futuro”, Politecnico di Milano
- [13] Raffaello Torraco, 2005, “Definizione di un MIB per la gestione di una lavatrice”.
- [14] Giuseppe Noce, 2005, “Analisi del rischio e system dynamics”.
- [15] Federico Barnabè, 2005, “System Dynamics e percorsi di apprendimento in contesti economico – aziendali”, Italia.
- [16] Osservatorio Filas, 2006, “La Radio Frequency Identification”.
- [17] Patierno Corrado, 2006, “Viaggio nel mondo dell’RFID”.
- [18] Vichi Francesco, 2006, “Analisi e sviluppo di un sistema per il monitoraggio degli oggetti con l’utilizzo della tecnologia RFID”.
- [19] Data Collection, 2007, “RFID”.
- [20] Mattioli Marco, 2007, “RFID:un caso studio nel settore moda”.
- [21] Giorgio Alleva, 2007, “La fase del recupero dei prodotti al termine della loro vita utile: l’impatto sulle imprese delle nuove normative e il contributo atteso dalla ricerca e dall’innovazione”.
- [22] Ing Fabrizio Caucci, novembre 2007, “Smart Logistic for smart districts”.
- [23] Reloader, marzo 2007, “Vision e Agenda di ricerca strategica”.
- [24] Katerine Albrecht, 2008, “Una società etichettata”, Rivista Le Scienze.

- [25] International Journal of Future Generation Communication and Networking, 2008, “An Intelligent Middleware Platform and Framework for RFID Reverse Logistics”.
- [26] Ferrara, Sunseri, 2008, “Ciclo di gestione dei rifiuti”.
- [27] Prof. Rizzi, Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Parma 2008, “La tecnologia RFID”.
- [28] H. Sedehi, 2009, “System Dynamics”.
- [29] Andrea Payaro, marzo 2009, “Closed loop supply chain, la logistica. “arteriosa” e “venosa”.
- [30] Bruno Riccò , 2009, “Tracciabilità industriale: un “must” per le imprese italiane”.
- [30] Università degli Studi di Pisa, 2009, “L’approccio system dynamics per la gestione della complessità in impresa”.
- [32] *Microsoft UK*: “RFID: an introduction”. 2004.
- [33] *Ing. Luigi Battezzati e Dott. Jean-Louis Hygounet* : “RFID: identificazione automatica radiofrequenza”. Milano: Hoepli, 2005.
- [34] *Metro Group, Future Store Initiative*: “RFID: uncovering the value”. 2004.
- [35] *Gruppo di ricerca del Dipartimento di Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano*: “RFID tra presente e futuro”. Litagi, 2005.
- [36] *AIM (The Association for Automatic Identification and Data Capture Technologies)*: “RFID: a basic primer”. 2001.
- [37] *AIM (The Association for Automatic Identification and Data Capture Technologies)*: “RFID characteristics”. 2000.

- [38] Articoli presi dalla rivista Data Collection.
- [39] *Prof. Claudio Demartini e Ing. Bartolomeo Montrucchio*: “Tecnologia RFID: opportunità applicative”. Politecnico di Torino, 2005.
- [40] *Alia Ahmad Zaharudin, Chien Yaw Wong, Vivek Agarwal, Duncan McFarlane, Robin Koh, Yun Y.Kang*: “*The Intelligent Product Driven Supply Chain*”. AUTO-ID CENTER, 2002.
- [41] *Matrics, Inc.*: “Case study: McCarran International Airport”.
- [42] *Alia Ahmad Zaharudin*: “Product Driven Supply Chain”. AUTO-ID CENTER, 2001.
- [43] *Larry Shutzberg*: “Radio Frequency Identification in the Consumer Goods Supply Chain: mandated compliance or remarkable innovation?”. Rock-Tenn Company, 2004.

SITI INTERNET CONSULTATI

www.scholar.google.it

www.biblio.unina.it

www.springerlink.com

www.sirelib.unina.it

www.ieee.org

www.elsevier.com

www.jstor.org

www.sciencedirect.com

<http://rfid.thebizloft.com>

<http://www.rfiditalia.eu>

www.rf-id.it/CaseHistory

www.reverselogisticsprofessional.com

www.logisticamente.it/