

**POLITECNICO DI MILANO**  
**FACOLTÀ DI INGEGNERIA INDUSTRIALE**

SEDE DI PIACENZA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN  
INGEGNERIA MECCANICA ORIENTAMENTO TRASPORTI



**ORDER PICKING SYSTEM (OPS): ANALISI DELLO STATO  
DELL'ARTE, INDAGINE EMPIRICA ATTRAVERSO CASI DI  
STUDIO E DISCUSSIONE CRITICA DEI RISULTATI**

Relatore: Prof. Ing. Gino MARCHET

Co-relatore: Ing. Sara PEROTTI

Tesi di Laurea di:

Edoardo PODESTÀ Matr. 751220

Luigi REBECCHI Matr. 749496

Anno Accademico 2010-2011



## **Ringraziamenti**

A valle di questo percorso di studi, desideriamo ringraziare il Prof. Gino Marchet, che ci ha dato la possibilità di svolgere questo lavoro di tesi, che si è rivelato estremamente istruttivo. Uno speciale ringraziamento all'Ing. Sara Perotti per la continua assistenza e disponibilità fornita durante questi mesi.

Ringraziamo caldamente tutte le aziende che hanno permesso l'avvio e lo svolgimento di questo lavoro.

Non possiamo dimenticare, infine, i familiari, gli amici, i compagni di studi e tutte le altre persone che ci sono state vicino e che hanno condiviso con noi questo periodo della nostra vita.



# Indice

---

Indice.....	I
Elenco Tabelle.....	IV
Elenco Grafici .....	V
Elenco Figure .....	VI
Sommario .....	IX
Abstract .....	IX
Introduzione .....	XI
CAPITOLO 1 – Analisi della letteratura scientifica internazionale .....	1
1.1    Introduzione .....	1
1.2    Metodologia usata .....	1
1.2.1    Scopo dell’analisi .....	1
1.2.2    Selezione degli articoli .....	1
1.2.3    Metodologia d’analisi.....	2
1.3    Sintesi dell’analisi e discussione .....	2
1.3.1    Metodi di ricerca .....	12
1.3.2    Tipi di soluzione in uso .....	16
1.3.3    Automazione ed informatizzazione del magazzino .....	20
1.3.4    Progettazione dei sistemi di picking .....	24
1.3.4.1    Livello strategico .....	24
1.3.4.2    Livello tattico .....	28
1.3.4.3    Livello operativo.....	30
A)    Routing .....	30
B)    Allocazione articoli nell’area di stoccaggio .....	33
C)    Logiche di prelievo.....	35
1.4    Aree di ricerca da approfondire per il futuro .....	39
CAPITOLO 2 – Metodologia seguita durante l’analisi empirica .....	41

2.1	Introduzione .....	41
2.2	Caratteristiche dei casi di studio esaminati.....	41
2.3	Foglio di lavoro Excel usato per elaborare i dati estrapolati dai casi di studio .....	42
2.4	Single-case e cross-case analysis.....	43
CAPITOLO 3 – Analisi empirica: panoramica dei casi di studio esaminati.....		45
3.1	Introduzione .....	45
3.2	Messa a fuoco delle società analizzate nei casi di studio .....	45
3.2.1	Caratteristiche generali delle aziende .....	45
3.2.2	Motivazioni e benefici della riprogettazione dei sistemi di material handling .....	57
3.3	Settore farmaceutico/medicale.....	62
3.4	Settore alimentare .....	67
3.5	Settore dell’abbigliamento e degli accessori .....	69
3.6	Settore della componentistica, attrezzature e forniture industriali e dei macchinari.....	71
3.7	Settore dell’elettronica di consumo .....	75
3.8	Altri settori merceologici.....	80
3.8.1	Prodotti con peso ed ingombro elevati .....	80
3.8.2	Videogiochi.....	82
3.8.3	Editoria .....	84
3.8.4	Cosmetico .....	85
3.8.5	Articoli per il tempo libero .....	86
3.8.6	Ceramica.....	87
3.8.7	Articoli sportivi.....	88
3.8.8	Lavorazione del vetro .....	89
CAPITOLO 4 – I risultati dell’indagine empirica: cross-case analysis .....		91
4.1	Introduzione.....	91
4.2	Livello di adozione di soluzioni automatizzate .....	92

4.3	Livello di adozione di soluzioni informatizzate-ICT a supporto del picking.....	95
4.4	Sistemi picker-to-parts & parts-to-picker.....	99
4.5	Sistemi pick-to-box & pick-and-sort.....	105
4.6	Completely automated picking .....	107
4.7	Spinte all'adozione di soluzioni automatizzate ed informatizzate ....	110
4.8	Barriere all'adozione di soluzioni automatizzate ed informatizzate .	113
4.9	Livello di adozione di soluzioni 'green' .....	115
	Conclusioni .....	119
	Allegato A – Introduzione al Material Handling .....	123
	Glossario .....	123
	Panoramica sul settore.....	124
	Sistemi di material handling.....	126
	Allegato B – Riferimenti bibliografici dei casi di studio analizzati.....	133
	Allegato C – La Tabella Excel .....	137
	Allegato D – Esempio di caso di studio .....	143
	Allegato E – Altezza dei magazzini .....	151
	Allegato F – Alcuni stabilimenti europei .....	153
	Johnson & Johnson Medical .....	153
	Tchibo .....	154
	Elenco Acronimi e Sigle .....	157
	Bibliografia .....	159
	Sitografia .....	171

## Elenco Tabelle

---

Tabella 1.1 – Articoli internazionali .....	11
Tabella 1.2 – Sintesi dei metodi di ricerca .....	15
Tabella 1.3 – Dettaglio degli articoli multi-metodo .....	15
Tabella 3.1 – Aziende analizzate .....	55
Tabella 3.2 – Obiettivi della riprogettazione degli OPS.....	60
Tabella 3.3 – Esempio ( <i>Unifarm</i> ) di segmentazione dei prodotti.....	64
Tabella 3.4 – Confronto tra <i>Comet</i> e <i>SGM</i> .....	79
Tabella 4.1 – Sistemi di picking adottati dalle aziende .....	92
Tabella 4.2 – Tecnologie informatiche adottate dalle aziende .....	98
Tabella 4.3 – Sistemi di prelievo a bassa automazione utilizzati dalle aziende	100
Tabella 4.4 – Aziende che utilizzano sistemi picker-to-parts e parts-to-picker	104
Tabella 4.5 – Aziende che utilizzano sistemi pick-to-box e pick-and-sort.....	106
Tabella 4.6 – Aziende che utilizzano sistemi automated picking.....	109
Tabella 4.7 – Iniziative ‘green’ implementate dalle aziende .....	116
Tabella B.1 – Riferimenti bibliografici dei casi di studio esaminati .....	135
Tabella C.1 – Intestazione della tabella Excel usata.....	139
Tabella C.2 – Esempio ( <i>Comet</i> ) di segmentazione degli articoli .....	141
Tabella D.1 – Esempio ( <i>Comet</i> ) di caso di studio analizzato .....	149

## Elenco Grafici

---

Grafico 4.1 – Impianti di picking adottati .....	93
Grafico 4.2 – Impianti del tipo parts-to-picker implementati .....	101
Grafico 4.3 – Motivazioni all’adozione di soluzioni automatiche ed informatizzate.....	112
Grafico 4.4 – Numero di aziende che hanno implementato soluzioni ‘green’..	116
Grafico E.1 – Altezza dei magazzini analizzati .....	152

## Elenco Figure

---

Figura 1.1 – Classificazione degli OPS (Dallari <i>et al.</i> , 2008). .....	16
Figura 1.2 – Layout delle stazioni di picking in un sistema pick-to-box (Melacini <i>et al.</i> , 2011).....	18
Figura 1.3 – Vista in pianta del layout di un sistema pick-and-sort (Marchet <i>et al.</i> , 2011).....	19
Figura 1.4 – AS/RS in magazzino con stoccaggio class-based (Manzini <i>et al.</i> , 2006).....	22
Figura 1.5 – La procedura di Yoon and Sharp (1995) integrata da Dallari <i>et al.</i> (2008).....	26
Figura 1.6 – Risultati dell'analisi aggregata svolta da Dallari <i>et al.</i> (2008) .....	27
Figura 1.7 – Problemi fondamentali nel decidere il layout di un magazzino (De Koster <i>et al.</i> , 2006) .....	29
Figura 1.8 – Componenti del tempo di picking in sistemi pick-to-parts (De Koster <i>et al.</i> , 2006) .....	30
Figura 1.9 – Postazioni da visitare e loro modellazione in un grafo (De Koster <i>et al.</i> , 2006).....	31
Figura 1.10 – Confronto tra batch (a) e zone picking (b) (Parikh and Meller, 2008).....	36
Figura 1.11 – Confronto tra zoning sequenziale (a sinistra) e simultaneo (a destra) (Parikh and Meller, 2008).....	37
Figura 3.1 – Particolare di un dispenser A-frame ( <i>Unifarm</i> ).....	65
Figura 3.2 – Linea automatica di prelievo ( <i>Safar</i> ).....	65
Figura 3.3 – Sistema pick-to-box ( <i>Cef</i> ). Ogni codice viene letto mediante scan ring; dopo il prelievo, i picker inseriscono i prodotti nelle buche operando con logica put-to-light .....	66
Figura 3.4 – Corridoio servito da trasloelevatore ( <i>Polo S.p.A.</i> ) .....	68
Figura 3.5 – Magazzino miniload ( <i>Polo S.p.A.</i> ) .....	68
Figura 3.6 – Gestione dei capi appesi ( <i>BSL</i> ).....	70
Figura 3.7 – Particolare delle grucce scorrevoli su binari ( <i>BSL</i> ) .....	70
Figura 3.8 – Trasloelevatore utilizzato da <i>Ambrovit</i> .....	72
Figura 3.9 – Stazioni di picking ( <i>Ambrovit</i> ) .....	73
Figura 3.10 – Area stoccaggio prodotti sfusi (es. cinghie) in <i>SIT</i> .....	74
Figura 3.11 – Stoccaggio a catasta per il “bianco” ( <i>Comet</i> ).....	76
Figura 3.12 – Carrelli a pinze laterali .....	76

Figura 3.13 – Stoccaggio push-back per il "bianco" ( <i>SGM</i> ).....	77
Figura 3.14 – Stoccaggio drive-in per il “bianco” ( <i>SGM</i> ): particolare delle mensole di appoggio .....	77
Figura 3.15 – Area di stoccaggio per la merce pallettizzata ( <i>Comet</i> ) .....	78
Figura 3.16 – Aree dedicate alla merce di valore e agli accessori ( <i>Comet</i> ) .....	79
Figura 3.17 – AGV a guida laser ( <i>Giacomini</i> ): missione di prelievo in magazzino cantilever.....	81
Figura 3.18 – Carrelli ad alta portata ( <i>Trasporti Lanzi</i> ).....	81
Figura 3.19 – Trasloelevatore ad alta portata ( <i>Fonderia Boccacci</i> ).....	82
Figura 3.20 – Robot cartesiano per il picking ( <i>C.D. Verte</i> ) .....	83
Figura 3.21 – Isola di prelievo in <i>Gamestop</i> (a sinistra) e particolare del sistema pick-to-light (a destra).....	83
Figura 3.22 – Particolare dell'area dedicata ai prodotti "education" da <i>Ceva</i> ( <i>editoria</i> ) .....	84
Figura 3.23 - Stazione di allestimento per prodotti alto vendenti ( <i>Avon</i> ) .....	85
Figura 3.24 – Stazioni di prelievo parts-to-picker ( <i>Künzi</i> ) .....	86
Figura 3.25 – Sorter a due livelli ("double-deck") utilizzato da <i>Thun</i> .....	87
Figura 3.26 – Flussi fisici all'interno di <i>Decathlon</i> .....	88
Figura 3.27 – Il trasloelevatore aereo implementato da <i>Novellini</i> asservito alle scaffalature mobili compattabili.....	89
Figura A.1 – Esempio di magazzino automatizzato con miniload ( <i>Andriansyah et al.</i> , 2010) .....	130
Figura F.1 – Linea di compattamento delle scatole di cartone ( <i>Johnson &amp; Johnson Medical</i> ). Per migliorare l’affidabilità del sistema, sono presenti due macchine uguali che lavorano in parallelo.....	154



## Sommario

Il presente lavoro di ricerca si pone l'obiettivo di indagare lo stato dell'arte e le linee di tendenza riguardo al tema dell'adozione di soluzioni di picking (Order Picking System, OPS), in base a quanto emerso dall'analisi di un campione di 40 magazzini italiani. A tale fine, si è dapprima svolta un'analisi della letteratura scientifica internazionale sul tema, al fine di comprendere lo stato dell'arte e le criticità espresse dal settore nel suo complesso. Successivamente, attraverso un'analisi empirica basata su un campione di 40 magazzini (distributivi o di fabbrica), sono state analizzate e confrontate le soluzioni OPS in uso. Un'attenta disamina ha consentito dapprima una *single-case analysis* su ogni azienda, aggregata in base al settore merceologico di appartenenza, e successivamente una *cross-case analysis* tra le aziende, includendo anche un confronto con la letteratura scientifica.

**Parole chiave:** Order Picking System, Material handling, Magazzino, Warehousing, Analisi empirica, Casi di studio.

## Abstract

This research aims to investigate the state-of-the-art and the trends in the adoption of picking solutions (Order Picking System, OPS), as shown by a cross-section of 40 Italian warehouses. For this purpose, an analysis of the scientific literature on this topic has been performed in the first place, in order to understand the state-of-the-art and the critical issues displayed by the industry as a whole. Subsequently, the adopted OPS solutions were surveyed and compared by the means of empirical analysis on a sample of 40 distributive or factory warehouses. A careful examination has first allowed a single-case analysis of each company, based on its specific aggregate market sector, and then a cross-case analysis of companies, including a comparison with the scientific literature.

**Keywords:** Order Picking System, Material handling, Warehousing, Empirical analysis, Case studies.



## Introduzione

La presente tesi di ricerca si sofferma sullo studio degli Order Picking System (OPS) adottati da 40 aziende all'interno della propria *supply chain*. Diverse fonti accreditate confermano che le attività di prelievo rappresentano mediamente più della metà dei costi totali di un magazzino, ragion per cui queste possono rappresentare una leva significativa in termini di efficienza. L'analisi è focalizzata su aziende presenti in Italia con almeno uno stabilimento produttivo e/o distributivo: nella selezione del campione di analisi, sono stati inclusi casi di studio particolarmente interessanti di automazione ed informatizzazione del magazzino, scegliendoli tra aziende che, negli ultimi anni, hanno rinnovato i propri sistemi di material handling.

La scelta del sistema di picking è complessa ed articolata e dipende da numerosi fattori. Inoltre, le dinamiche del settore logistico-industriale rilevano un continuo aumento della complessità, provocato dall'evoluzione del mercato, in particolare a causa della globalizzazione, che ha introdotto nuovi *competitor* internazionali: il mercato si è dovuto adeguare alle nuove esigenze dei consumatori ed alle nuove normative, fronteggiando la competitività dei nuovi concorrenti, la progressiva diminuzione dei margini di guadagno e la necessità di offrire ai clienti sempre più servizi a valore aggiunto. In questo contesto, la massimizzazione del livello di servizio e la riduzione dei costi sono gli obiettivi chiave che guidano la scelta degli OPS.

È da notare la progressiva adozione di soluzioni sempre più automatizzate ed informatizzate per svolgere o supportare il picking, allo scopo di velocizzare il prelievo, ridurre i costi e gli errori provocati dagli operatori: negli ultimi anni si è registrata una crescente consapevolezza ed un maggiore utilizzo di OPS altamente automatizzati ed informatizzati, ponendo particolare attenzione alla progettazione ed alla costruzione di tali sistemi. Di contro, le criticità più comunemente incontrate dal management aziendale riguardano l'elevato costo di acquisto di queste tecnologie, l'eventuale riduzione del livello di servizio nel breve periodo, il rischio di interrompere il lavoro del magazzino, i vincoli di edificabilità imposti dalle amministrazioni locali ed il rispetto delle norme (antincendio e di sicurezza). Inoltre, è importante sottolineare che le aziende appaiono sempre più interessate a valutare la possibile introduzione di sistemi automatizzati a supporto del proprio business, abbandonando in parte le resistenze che ne avevano frenato l'adozione negli anni passati.

Alla luce delle considerazioni sopra riportate, il presente lavoro si pone l'obiettivo di discutere i risultati dell'analisi empirica di 40 casi di studio.

La metodologia di ricerca seguita si articola in quattro fasi principali:

- *Ricerca bibliografica*, allo scopo di analizzare la letteratura scientifica internazionale inerente l'adozione e la progettazione degli OPS, così da comprendere lo stato dell'arte e le criticità del settore nel suo complesso. Inoltre, è stata effettuata una dettagliata analisi sui temi dell'automazione e dell'informatizzazione delle attività di picking negli stabilimenti aziendali, considerando infine le aree di ricerca da approfondire in futuro.
- *Definizione delle metodologie di lavoro* utilizzate per raccogliere e riordinare i dati ricavati dai casi di studio e per impostare il lavoro successivo.
- *Analisi empirica* dei casi di studio: dopo un breve inquadramento delle aziende studiate, è stata svolta un'analisi aggregata in base ai diversi settori merceologici.
- *Discussione critica dei risultati sintetizzati attraverso proposition* desunte dal confronto tra i casi di studio (*cross-case analysis*) e da una comparazione con la letteratura scientifica internazionale: esse forniscono i principali highlights emersi dall'analisi empirica in relazione agli sviluppi ed alle implementazioni degli OPS.

Il presente studio è stato, perciò, organizzato nel modo seguente.

Nel primo capitolo sarà analizzata la letteratura scientifica internazionale, andando a considerare gli OPS in uso e la loro progettazione, la quale spazia dal livello strategico a quello operativo. Inoltre, verranno descritte le criticità e le barriere riguardanti l'automazione e l'informatizzazione dei magazzini, oltre alle motivazioni legate all'adozione ed ai benefici attesi da tali tecnologie. Infine, verranno riportate le aree di ricerca (*research gaps*) da approfondire in futuri studi.

Nel secondo capitolo sarà fornita una dettagliata descrizione delle metodologie di lavoro seguite per raccogliere e riordinare i dati estrapolati dai casi di studio. In seguito, si descriverà la metodologia seguita per proseguire il lavoro nei capitoli successivi.

Nel terzo capitolo verrà fornita una breve descrizione delle aziende esaminate (*single-case analysis*), considerando anche le motivazioni all'adozione delle nuove soluzioni ed i benefici rilevati. In seguito, viene svolta un'analisi dettagliata ed aggregata in base al settore merceologico di appartenenza.

Nel quarto ed ultimo capitolo, verranno discussi criticamente i risultati di questo studio sugli OPS, ricavati dalle linee di tendenza mostrate dalle aziende durante l'analisi empirica.

Nell'Allegato A si fornisce una breve introduzione alle tematiche del material handling, elencando anche un breve glossario sui termini più usati durante il presente lavoro. Nell'Allegato B si elencano i riferimenti bibliografici dei diversi casi di studio analizzati. Nell'Allegato C si approfondisce il capitolo 2, esplicitando le logiche di riempimento delle celle della tabella Excel. Nell'Allegato D si mostra un esempio di caso di studio. Nell'Allegato E si presenta un raffronto tra le altezze utili disponibili nei magazzini analizzati. Nell'Allegato F, infine, vengono mostrati due esempi di aziende straniere che hanno implementato soluzioni di material handling particolarmente significative che non sono state rintracciate nel campione di aziende italiane.



# **CAPITOLO 1 – Analisi della letteratura scientifica internazionale**

## **1.1 Introduzione**

In questo capitolo si presentano i risultati ottenuti dall'analisi della letteratura scientifica internazionale riguardante il tema del picking. Come verrà meglio espresso nel seguito del lavoro, le attività di prelievo selettivo costituiscono una componente molto rilevante dei costi totali del magazzino (più della metà), giustificando dunque la grande mole di lavoro svolta da numerosi autori nel mondo. Innanzitutto, si descriverà la metodologia di lavoro seguita per svolgere tale analisi (1.2). Ad essa seguirà la parte più corposa di questo capitolo, cioè la sintesi e la discussione dei risultati emersi dall'analisi (1.3): questo paragrafo presenta i metodi di ricerca utilizzati per redigere gli articoli (1.3.1), i tipi di soluzioni adottate dal mondo industriale all'interno della propria supply chain (1.3.2), il ruolo svolto dall'automazione e dall'informazione nel migliorare le attività di prelievo (1.3.3) e, infine, la progettazione dei sistemi di picking nelle sue diverse componenti (1.3.4). Inoltre, si forniranno le aree di ricerca da approfondire in futuro (1.4). Si segnala che nell'Allegato A si fornisce un breve inquadramento sul tema del material handling; inoltre, si propone un glossario di alcuni dei termini presentati nel corpo della ricerca.

## **1.2 Metodologia usata**

### **1.2.1 Scopo dell'analisi**

In questo capitolo si esamina la letteratura concernente gli Order Picking System (OPS). In particolare, viene svolta l'analisi della letteratura esistente (attraverso la quale sono state identificate le maggiori questioni che attualmente interessano il settore logistico ed industriale riguardo alle attività e al ruolo degli OPS) e l'identificazione dei "research gaps" (cioè tematiche che sono state poco affrontate in letteratura). Finora sono state studiate diverse soluzioni in letteratura riguardo alla logistica ed ai sistemi di magazzino.

### **1.2.2 Selezione degli articoli**

Si è condotta una ricerca all'interno di database e motori di ricerca (es. Science Direct, Scopus, Google Scholar, etc.). Questa ricerca è stata svolta usando parole chiave oppure stringhe di testo (es. 'picking system', 'order picking system', 'OPS', 'OPS classification', etc.), che sono state cercate sia nel sommario sia nel corpo del documento. Questo metodo ha permesso di analizzare tutti i maggiori giornali internazionali della logistica e della *supply*

*chain* (es. European Journal of Operational Research, International Journal of Production Economics, Computers & Industrial Engineering, Chinese journal of mechanical engineering, IIE Transactions, etc.). Da questa ampia base, sono stati selezionati solo gli articoli internazionali focalizzati sugli OPS, e quindi sono stati esclusi quelli che menzionavano tale argomento solamente nelle osservazioni introduttive o come temi di ricerca collaterali. All'interno di questo sottoinsieme, si è ulteriormente identificato un gruppo di articoli specificatamente dedicati agli OPS. Alla fine, sono stati selezionati e analizzati in profondità 58 articoli che sono stati pubblicati negli ultimi 15 anni ed 8 articoli più datati (dal 1979 al 1995). Sono stati inclusi sia articoli che esaminano gli OPS utilizzati nei magazzini, sia testi che trattano la progettazione degli OPS.

### **1.2.3 Metodologia d'analisi**

Ai fini della presente ricerca, gli articoli sono stati classificati usando un duplice approccio categorizzandoli sia in base ai metodi di ricerca utilizzati, sia riguardo ai loro contenuti. Per far questo, si è inizialmente analizzata la letteratura selezionata per identificare le maggiori questioni che attualmente interessano il settore logistico ed industriale riguardo alle attività e al ruolo degli OPS, fino ad identificare tre tematiche particolarmente importanti, da qui in poi chiamate macrotemi. Essi sono: (a) i tipi di soluzione in uso, (b) l'automazione e l'informatizzazione nel magazzino, (c) la progettazione dei sistemi di picking. Basandosi su quanto evidenziato dagli articoli stessi, sono state infine individuate alcune tematiche, i "research gaps", che sono ancora poco affrontate dalla letteratura e che possono fungere da punto di partenza per successive ricerche.

## **1.3 Sintesi dell'analisi e discussione**

Si riportano nella Tabella 1.1 i contenuti e le caratteristiche degli articoli. Gli articoli sono elencati in ordine cronologico, così da riflettere l'evoluzione di come le problematiche siano state affrontate dalla comunità accademica.

N°	Author (Year)	Country	Journal	Title	Reaserch Metohd	Macrotemi		
						Tipi di soluzioni in uso	Automazione ed informatizzazione nel picking	Progettazione dei sistemi di picking
1	Armstrong et al. (1979)	USA, Canada	The Journal of the Operational Research Society	Optimal Batching in a Semi- Automated Order Picking System	Analytical, Empirical	Absent	Absent	Core
2	Ratliff and Rosenthal (1983)	USA	Operations Research	Order-Picking in a Rectangular Warehouse: A Solvable Case of the Traveling Salesman Problem	Analytical	Core	Ancillary	Ancillary
3	Malmborg et al. (1988)	USA	Applied Mathematical Modelling	A mathematical overview of warehousing systems with single/dual order-picking cycles	Conceptual	Absent	Absent	Absent
4	Goetschalckx and Ashayeri (1989)	USA, Belgium	Logistics World	Classification and design of order picking	Conceptual	Absent	Absent	Core
5	Hackman et al. (1990)	USA, Israel	IIE Transactions	Allocating Items to an Automated Storage and Retrieval System	Analytical	Ancillary	Core	Absent

## CAPITOLO 1

6	Brynzér et al. (1994)	Sweden	International Journal of Operations & Production Management	A Methodology for Evaluation of Order Picking Systems as a Base for System Design and Managerial Decisions	Empirical	Absent	Absent	Core
7	Brynzèr and Johansson (1995)	Sweden	International Journal of Production Economics	Design and performance of kitting and order picking systems	Conceptual, Empirical	Absent	Ancillary	Ancillary
8	Yoon and Sharp (1995)	USA	European Journal of Operational Research	Example application of the cognitive design procedure for an order pick system: Case study	Empirical	Absent	Ancillary	Core
9	Daniels et al. (1996)	USA	European Journal of Operational Research	A model for warehouse order picking	Analytical	Absent	Absent	Core
10	Petersen (1997)	USA	International Journal of Operations & Production Management	An evaluation of order picking routeing policies	Empirical	Absent	Absent	Core
11	Tang and Chew (1997)	Singapore	Computers & Industrial Engineering	Order Picking Systems: Batching and Storage Assignment Strategies	Applied	Absent	Absent	Core
12	Caron et al. (1998)	Italy	International Journal of Production Research	Routing policies and COI-based storage policies in picker-to-part systems	Analytical, Applied	Core	Absent	Core
13	De Koster and Van der Poort (1998)	Netherlands	IIE Transactions	Routing orderpickers in a warehouse: a comparison between optimal and heuristic solutions	Analytical	Absent	Absent	Core

14	Van der Berg et al. (1998)	Netherlands, USA, Belgium	European Journal of Operational Research	Forward-reserve allocation in a warehouse with unit-load replenishments	Analytical	Ancillary	Absent	Core
15	De Koster et al. (1999)	Netherlands	New trends in distribution logistics	Reduction of walking time in the distribution center of De Bijenkorf	Empirical	Absent	Absent	Core
16	Lin and Lu (1999)	Taiwan	International Journal of Production Economics	The procedure of determining the order picking strategies in distribution center	Analytical, Applied	Absent	Absent	Core
17	Petersen and Schmenner (1999)	USA	Decision Sciences	An Evaluation of Routing and Volume-based Storage Policies in an Order Picking Operation	Applied, Conceptual	Absent	Absent	Core
18	van den Berg (1999)	Netherlands	IIE Transactions	A literature survey on planning and control of warehousing systems	Conceptual	Ancillary	Ancillary	Core
19	van den Berg and Gademann (1999)	Netherlands	IIE Transactions	Optimal routing in an automated storage/retrieval system with dedicated storage	Analytical	Ancillary	Core	Absent
20	van den Berg and Zijm (1999)	Netherlands	International Journal of Production Economics	Models for warehouse management: Classification and examples	Analytical, Conceptual	Ancillary	Ancillary	Ancillary
21	Caron et al. (2000a)	Italy	Integrated manufacturing system	Layout design in manual picking systems: a simulation approach	Applied	Absent	Absent	Core

## CAPITOLO 1

22	Caron et al. (2000b)	Italy	International Journal of Production Research	Optimal layout in low-level picker-to-part systems	Analytical	Absent	Absent	Core
23	Dallari et al. (2000)	Italy	Integrated manufacturing system	Optimisation of man-on-board automated storage/retrieval systems	Analytical, Empirical	Absent	Absent	Core
24	Petersen (2000)	USA	Production and operations management	An evaluation of order picking policies for mail order companies	Applied	Ancillary	Absent	Core
25	Rouwenhorst et al. (2000)	Netherlands, Germany	European Journal of Operational Research	Warehouse design and control: Framework and literature review	Conceptual	Ancillary	Ancillary	Core
26	Gademann et al. (2001)	Netherlands	IIE Transactions	An order batching algorithm for wave picking in a parallel-aisle warehouse	Analytical	Absent	Absent	Core
27	Roodbergen and De Koster (2001b)	Netherlands	International Journal of Production Research	Routing methods for warehouses with multiple cross aisles	Analytical, Conceptual	Absent	Absent	Core
28	Roodbergen and De Koster (2001a)	Netherlands	European Journal of Operational Research	Routing order pickers in a warehouse with a middle aisle	Analytical, Applied	Absent	Absent	Core
29	Simpson and Erenguc (2001)	USA	IIE Transactions	Modeling the order picking function in supply chain systems: formulation, experimentation, and insights	Applied	Absent	Absent	Absent

30	Goetschalckx et al. (2002)	USA	The International Journal of Logistics Management	Development of a design methodology for warehousing systems: hierarchical framework	Conceptual	Absent	Absent	Ancillary
31	Petersen (2002)	USA	International Journal of Operations & Production Management	Considerations in order picking zone configuration	Applied	Core	Absent/Ancillary	Ancillary
32	Baker and Sleeman (2003)	UK	Supply Chain Practice	How changes in supply chains are affecting warehouse property requirements	Empirical	Absent	Absent	Absent
33	Petersen and Aase (2004)	USA	International Journal of Production Economics	A comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking	Applied	Absent	Absent	Core
34	Heragu et al. (2005)	USA, Netherlands	International Journal of Production Research	A Mathematical Model for Warehouse Design and Product Allocation	Analytical	Absent	Absent	Absent
35	Koh et al. (2005)	Korea	International Journal of Production Economics	An analysis of the end-of-aisle order picking system: Multi-aisle served by a single order picker	Analytical	Absent	Ancillary	Ancillary
36	Manzini et al. (2005)	Italy	Journal of Manufacturing Technology Management	Design and control of a flexible order-picking system (FOPS)	Applied	Absent	Absent	Core
37	Chen et al. (2005)	Taiwan	Expert Systems with Applications	Aggregation of orders in distribution centers using data mining	Analytical	Absent	Absent	Core

## CAPITOLO 1

38	Baker (2006)	UK	International Journal of Logistics: Research and Applications	Designing distribution centres for agile supply chains	Empirical	Absent	Absent	Absent
39	Chow et al. (2006)	China, USA	Expert Systems with Applications	Design of a RFID case-based resource management system for warehouse operations	Empirical	Absent	Core	Absent
40	De Koster et al. (2006)	Netherlands	Journal of Economic Literature	Design and Control of Warehouse Order Picking: a literature review	Conceptual	Ancillary	Ancillary	Ancillary
41	Hsieh and Tsai (2006)	Taiwan	The International Journal of Advanced Manufacturing Technology	The optimum design of a warehouse system on order picking efficiency	Applied	Absent	Absent	Core
42	Hwang and Cho (2006)	Korea	Computers & Industrial Engineering	A performance evaluation model for order picking warehouse design	Analytical, Applied	Absent	Absent	Core
43	Litvak (2006)	Netherlands	Operations Research Letters	Optimal picking of large orders in carousel systems	Conceptual	Core	Ancillary	Absent
44	Manzini et. Al (2006)	Italy	The International Journal of Advanced Manufacturing Technology	Design and control of an AS/RS	Applied	Absent	Core	Ancillary
45	Park et al. (2006)	Korea, USA	European Journal of Operational Research	Performance of miniload systems with two-class storage	Analytical	Absent	Core	Ancillary

46	Vijayaraman and Osyk (2006)	USA	The International Journal of Logistics Management	An empirical study of RFID implementation in the warehousing industry	Empirical	Absent	Ancillary	Absent
47	Baker and Canessa (2007)	UK	European Journal of Operational Research	Warehouse design: A structured approach	Empirical	Absent	Ancillary	Ancillary
48	Baker and Halim (2007)	UK	Supply Chain Management: An International Journal	An exploration of warehouse automation implementations: cost, service and flexibility issues	Empirical	Absent	Core	Absent
49	Chang et al. (2007)	China	Systems Engineering - Theory & Practice	Research on Order Picking Optimization Problem of Automated Warehouse	Analytical, Applied	Absent	Absent	Core
50	Ho et al. (2007)	Taiwan	Computer Science	A Geometric Design of Zone-Picking in a Distribution Warehouse	Analytical, Applied	Absent	Absent	Core
51	Manzini et al. (2007)	Italy	The International Journal of Advanced Manufacturing Technology	Design of a class based storage picker to product order picking system	Analytical	Absent	Absent	Core
52	Yu and De Koster (2007)	Netherlands	Journal of Economic Literature	Performance Approximation and Design of Pick-and-Pass Order Picking Systems	Analytical, Applied	Core	Absent	Core
53	Dallari et al. (2008)	Italy	The International Journal of Advanced Manufacturing Technology	Design of order picking system	Conceptual, Empirical	Ancillary	Absent	Core

## CAPITOLO 1

54	Pan and Shih (2008)	Taiwan	Computers and Industrial Engineering	Evaluation of the throughput of a multiple-picker order picking system with congestion consideration	Analytical, Applied	Absent	Absent	Ancillary
55	Parikh and Meller (2008)	USA	Transportation Research Part E	Selecting between batch and zone order picking strategies in a distribution center	Analytical, Conceptual	Absent	Absent	Core
56	Rim and Park (2008)	Korea	Computers & Industrial Engineering	Order picking plan to maximize the order fill rate	Applied	Absent	Absent	Absent
57	Hou et al. (2009)	Taiwan	Computers & Industrial Engineering	A job assignment model for conveyor-aided picking system	Analytical, Empirical	Absent	Ancillary	Absent
58	Pan and Wu (2009)	Taiwan	Computers and Industrial Engineering	A study of storage assignment problem for an order picking line in a pick-and-pass warehousing system	Analytical	Ancillary	Ancillary	Ancillary
59	Yu and De Koster (2009)	Netherlands	European Journal of Operational Research	The impact of order batching and picking area zoning on order picking system performance	Analytical, Applied	Ancillary	Absent	Core
60	Parikh and Meller (2010)	USA	European Journal of Operational Research	A travel-time model for a person-onboard order picking system	Analytical	Absent	Ancillary	Ancillary
61	Theys et al. (2010)	Belgium, Finland	European Journal of Operational Research	Using a TSP heuristic for routing order pickers in warehouses	Analytical	Absent	Absent	Core

62	Andriansyah et al. (2011)	Netherlands	Computers in Industry	A process algebra based simulation model of a miniload-workstation order picking system	Analytical	Absent	Core	Absent
63	Hsieh and Huang (2011)	Taiwan	International Journal of Production Economics	New batch construction heuristics to optimise the performance of order picking systems	Analytical, Applied	Absent	Absent	Core
64	Marchet et al. (2011)	Italy	Journal of Manufacturing Technology Management	A model for design and performance estimation of pick-and-sort order picking systems	Analytical, Empirical	Core	Ancillary	Absent
65	Melacini et al. (2011)	Italy	The International Journal of Advanced Manufacturing Technology	Development of a framework for pick-and-pass order picking system design	Analytical, Empirical	Core	Absent	Ancillary
66	Shen et al. (2011)	China, USA	Chinese Journal of Mechanical Engineering	Selecting between Sequential Zoning and Simultaneous Zoning for Picker-to-parts OPS Based on Order Cluster and Genetic Algorithm	Applied	Absent	Absent	Core

Tabella 1.1 – Articoli internazionali

### 1.3.1 Metodi di ricerca

Gli articoli analizzati sono categorizzati in base ai metodi di ricerca utilizzati per redigerli (presentati in Tabella 1.2 ed in Tabella 1.3), vale a dire: (i) modelli matematici, (ii) modelli concettuali, (iii) ricerche empiriche, (iv) simulazioni (v) articoli multi-metodo.

(i) *Modelli matematici*

Molti degli articoli analizzati svolgono le proprie analisi basandosi su modelli matematici, visto che vari aspetti del picking ben si prestano ad essere formalizzati analiticamente. Vari articoli trattano il tema del *routing*, cioè la scelta del percorso più efficiente con cui compiere una missione di prelievo all'interno dell'area di picking (De Koster *et al.*, 2006; Roodbergen and De Koster, 2001; Theys *et al.*, 2010). Altri articoli (Petersen, 1997; De Koster and Van der Poort, 1998; Petersen and Schmenner, 1999; De Koster *et al.*, 1999) presentano un confronto tra le varie logiche euristiche di routing e l'algoritmo ottimale proposto da Ratliff and Rosenthal (1983). Il routing può riguardare sia il semplice caso di un operatore a bordo di un carrello commissionatore, sia sistemi di prelievo più evoluti, ad esempio in Dallari *et al.*, (2000), dove la merce viene prelevata da un sistema AS/RS (Automated Storage/Retrieval System) *man-on-board*.

Un altro tema analizzato è la costruzione di un *batch* di ordini, così da poter ottimizzare la raccolta degli articoli. Gademann *et al.* (2001) e Chen *et al.* (2005) propongono alcune euristiche per unire gli ordini all'interno del batch. Vari articoli indagano su quali siano i migliori criteri di allocazione dei prodotti nelle diverse zone del magazzino, ad esempio Van den Berg and Zijm (1999) confronta le prestazioni delle politiche di stoccaggio *class based*, *random* e *dedicated*. Spesso, la politica *class based* è giudicata migliore di quella *random*, ad esempio in Manzini *et al.* (2007), anche se esistono articoli controcorrente, come Pan and Shih (2008), secondo cui concentrare gli articoli a maggiore rotazione vicino al punto di ingresso all'area di picking (I/O) aumenta il rischio di congestione tra i picker, diminuendo l'efficienza. Un altro tema affrontato analiticamente è il *forward-reserve problem* (FRP). Per rendere più efficiente il picking, molte aziende scelgono di dividere il magazzino in una *forward area* ed in una *reserve area* (van den Berg and Zijm, 1999; Heragu *et al.*, 2005; De Koster *et al.*, 2006). Nella prima zona vengono raccolti gli articoli a maggiore rotazione, mentre la seconda viene usata per stoccare la merce con cui rifornire la forward area e per fare il picking degli articoli che non sono assegnati alla prima area.

I modelli proposti spesso vengono affiancati da esempi applicativi oppure da piccoli casi di studio, così da integrare e migliorare la comprensione del

modello. Gli articoli sono stati classificati come “strettamente” analitici se la componente principale del testo è quella di costruzione e discussione del modello, se invece gli esempi occupano una parte significativa del testo, allora si parla di articoli “multi-metodo”. Essi verranno spiegati meglio in seguito.

(ii) *Modelli concettuali*

Vari articoli affrontano il problema del picking in un’ottica solo concettuale, senza mostrare gli eventuali modelli matematici che giustificano le considerazioni espresse. In tali articoli vengono generalmente date descrizioni degli OPS usati, spesso accompagnandole con esempi pratici, piccole simulazioni che confermino quanto espresso (Petersen and Schmenner, 1999) oppure brevi formulazioni matematiche (Hou *et al.*, 2009). Queste descrizioni possono essere brevi, così da introdurre la tematica in questione, oppure di più ampio respiro, ad esempio descrivendo e confrontando le prestazioni delle diverse politiche di routing maggiormente usate, come fanno Petersen (1997) e Petersen and Schmenner (1999).

Similmente, diversi articoli classificano gli OPS, definendoli in vari modi. Dallari *et al.* (2008) li dividono in cinque gruppi basati su quattro diverse considerazioni su come il prelievo venga svolto. In De Koster *et al.* (2006) gli OPS sono divisi in un modo leggermente diverso, ma si nota come esista un sostanziale accordo nell’identificare alcuni tipi di OPS, nonostante alcuni metodi di prelievo molto simili, se non praticamente identici, vengano denominati in modo diverso. Ad esempio, il *pick-to-box* descritto da Dallari *et al.* (2008) coincide in pratica con i *put system* descritti da De Koster *et al.* (2006).

(iii) *Ricerche empiriche*

Alcuni articoli presentano il tema del picking in modo empirico, discutendo uno o più casi di studio (Yoon e Sharp, 1995; De Koster *et al.*, 1999) oppure svolgendo interviste o sondaggi ad operatori del settore (Brynzèr and Johansson, 1995), così da fotografare le soluzioni di picking effettivamente in opera. In De Koster *et al.* (1999) si analizza il caso di studio del magazzino olandese di De Bijenkorf, rilevando quali risparmi si potrebbero ottenere scegliendo una politica di routing più efficiente ed introducendo attività di batching degli ordini da evadere.

(iv) *Simulazioni*

Diversi articoli affrontano il problema del picking con simulazioni di vario genere. Le simulazioni sono condotte per confrontare quantitativamente diversi aspetti del picking a livello tattico ed operativo, quali routing, batching, allocazione articoli e layout del magazzino. In Hsieh and Tsai (2006), ad

esempio, si usa il software eM-plant per confrontare tra loro diverse combinazioni delle suddette variabili, valutando quali siano le migliori. Petersen (2000), invece, considera il caso di un'azienda che gestisce gli ordini tramite e-mail: in varie simulazioni, vengono confrontate 5 diverse politiche di picking (strict order, batch, sequential zone, batch zone, wave).

(v) *Articoli multi-metodo*

Infine, molti articoli sono stati classificati come multi-metodo, essendo impossibile includerli in una sola categoria. Molti di questi articoli, in particolare, affiancano modelli analitici e modelli concettuali, analisi empiriche oppure simulazioni: questo è probabilmente dovuto al fatto che un modello analitico è, di per sé, di più difficile comprensione rispetto alle altre categorie, e quindi deve essere maggiormente integrato per poter essere compreso a fondo ed utilizzato. Un esempio è Marchet *et al.* (2011), che propongono un modello analitico per studiare le performance di un OPS del tipo *pick-and-sort* unito ad un caso di studio per meglio illustrare l'uso del modello. Un altro esempio è dato da Ho *et al.* (2007), che valutano con un modello analitico la migliore combinazione tra politiche di batching degli ordini e di allocazione della merce: il modello è integrato da simulazioni pratiche, una per ogni possibile combinazione di politiche. Altri articoli multi-metodo sono, invece, sia concettuali sia empirici. Essi affrontano la materia in due modi diversi: Dallari *et al.* (2008) descrivono concettualmente la progettazione di un OPS e poi propongono un caso di studio per esplicitare l'analisi svolta, mentre Brynzèr and Johansson (1995) partono da alcuni casi di studio per ricavare alcune considerazioni generali sul tema.

Nella Tabella 1.2 si riportano le metodologie di studio riscontrate negli articoli analizzati, considerate anche percentualmente rispetto al totale.

<b>Metodologia usata</b>	<b>%</b>
Casi di studio (5)	7,6
Interviste (2)	3,0
Modelli concettuali (7)	10,6
Modelli matematici (17)	25,8
Simulazioni (11)	16,7
Sondaggi (3)	4,5
Multi-Metodo (21)	31,8
<b>Totale (66)</b>	<b>100</b>

**Tabella 1.2 – Sintesi dei metodi di ricerca**

Nella Tabella 1.3 vengono esplicitate le metodologie adottate all'interno degli articoli multi-metodo.

<b>Metodologia</b>	<b>Articoli</b>
Casi di studio	Armstrong <i>et al.</i> (1979); Dallari <i>et al.</i> (2000); Hou <i>et al.</i> (2009); Pan and Shih (2008); Dallari <i>et al.</i> (2008); Marchet <i>et al.</i> (2011); Melacini <i>et al.</i> (2011)
Interviste	Hou <i>et al.</i> (2009)
Modelli concettuali	Petersen and Schmenner (1999); Van den Berg and Zijm (1999); Roodbergen and De Koster (2001); Dallari <i>et al.</i> (2008); Parikh and Meller (2008); Yu and De Koster (2009)
Modelli matematici	Armstrong <i>et al.</i> (1979); Caron <i>et al.</i> (1998); Lin and Lu (1999); Van den Berg and Zijm (1999); Dallari <i>et al.</i> (2000); Roodbergen and De Koster (2001); Roodbergen and De Koster (2001); Hwang and Cho (2006); Chang <i>et al.</i> (2007); Yu and De Koster (2007); Hou <i>et al.</i> (2009); Pan and Shih (2008); Parikh and Meller (2008); Hsieh and Huang (2011); Marchet <i>et al.</i> (2011); Melacini <i>et al.</i> (2011)
Simulazioni	Caron <i>et al.</i> (1998); Lin and Lu (1999); Petersen and Schmenner (1999); Roodbergen and De Koster (2001); Hwang and Cho (2006); Chang <i>et al.</i> (2007); Yu and De Koster (2007); Yu and De Koster (2009); Hsieh and Huang (2011)
Sondaggi	Dallari <i>et al.</i> (2008)

**Tabella 1.3 – Dettaglio degli articoli multi-metodo**

### 1.3.2 Tipi di soluzione in uso

Nei magazzini italiani ed esteri vengono usati svariati tipi di OPS e, spesso, se ne usa più d'uno nello stesso deposito. La maggior parte dei magazzini adotta OPS manuali (De Koster *et al.*, 2006). L'obiettivo più comune degli OPS è massimizzare il livello di servizio in termini di rapidità e accuratezza nell'evasione dell'ordine. Quindi, ridurre il tempo di allestimento dell'ordine (o tempo di picking) è necessario per qualsiasi OPS (De Koster *et al.*, 2006).

Fino ad una decina d'anni fa gli OPS erano classificati in tre gruppi, vale a dire sistemi *picker-to-product*, *product-to-picker* e *picker-less* (Van den Berg, 1999). Più recentemente, Dallari *et al.* (2008) hanno sviluppato un'altra classificazione, riassunta in Figura 1.1, che suddivide gli OPS basandosi su quattro decisioni principali: chi raccoglie la merce, chi si muove nell'area di picking, se il nastro trasportatore viene usato per connettere ogni zona di picking e quale politica di picking viene utilizzata.

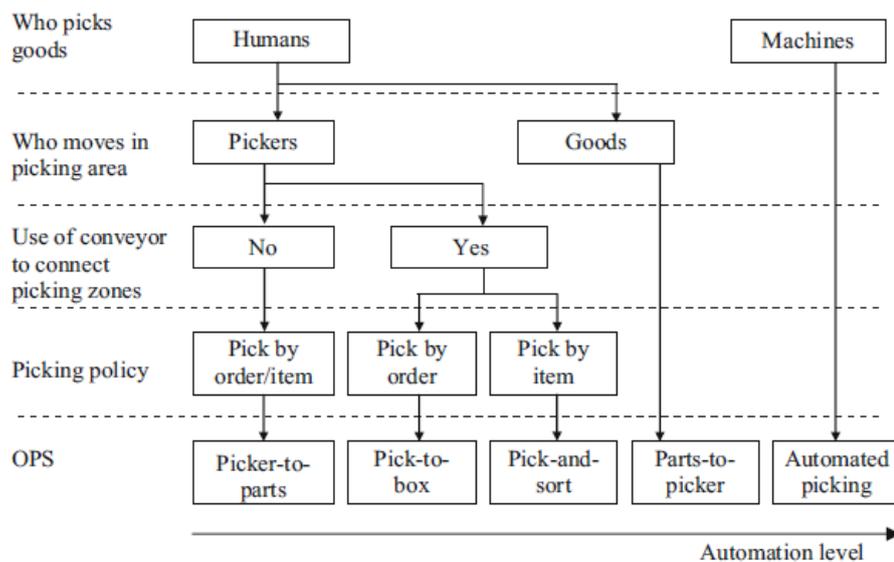


Figura 1.1 – Classificazione degli OPS (Dallari *et al.*, 2008).

Questa classificazione è stata usata come riferimento in altri articoli (Melacini *et al.*, 2011), in cui gli OPS sono catalogati in cinque sottosezioni: (i) *picker-to-parts*, (ii) *pick-to-box*, (iii) *pick-and-sort*, (iv) *parts-to-picker*, (v) *completely automated picking*

(i) “*Picker-to-parts*” system

Sono la grande maggioranza dei sistemi di picking ad oggi in uso nei magazzini. Il picker cammina o guida un mezzo tra i corridoi per prelevare gli

articoli, completando un singolo ordine oppure un batch di ordini, a seconda della logica di prelievo. È possibile distinguere due tipi di sistemi picker-to-parts, *low level* oppure *high level* (Dallari *et al.*, 2008).

In quello *low level* gli articoli sono prelevati dalle postazioni di picking mentre il picker attraversa il corridoio (es. scaffalature o canali a gravità). Il recupero della merce dalla zona di stoccaggio di solito è svolto manualmente (Petersen, 2002), infatti il sistema picker-to-parts *low level*, grazie alla sua grande flessibilità, è usato nella maggior parte delle applicazioni industriali (Caron *et al.*, 1998; De Koster *et al.*, 2006). Nel picker-to-parts *high level*, chiamato anche *man-on-board*, vengono invece impiegate alte scaffalature di stoccaggio in cui le postazioni di picking sono visitate dal picker a bordo di un veicolo (Dallari *et al.*, 2008; De Koster *et al.*, 2006; Van den Berg and Zijm, 1999). È disponibile un'ampia varietà di veicoli. Nonostante l'importanza generale che ricopre, il sistema picker-to-parts ha ricevuto meno attenzione nel campo della ricerca rispetto a quelli parts-to-picker (De Koster *et al.*, 2006; Melacini *et al.*, 2011). La ragione di questa differenza potrebbe essere legata alla complessità progettuale ed alla diversità dei parts-to-picker OPS (De Koster *et al.*, 2006).

(ii) “Pick-to-box” system

Il sistema pick-to-box (conosciuto anche come *pick-and-pass*), suddivide l'area di picking in zone, ognuna delle quali è assegnata a uno o più picker. Le zone sono connesse da un nastro trasportatore sopra cui viaggiano le scatole (box) riempite con gli articoli prelevati, ognuna delle quali corrisponde (in parte o del tutto) ad un ordine cliente. In base alla sequenza del processo, si può parlare nello specifico di *progressive zoning* (zonizzazione progressiva) quando gli ordini vengono raccolti in sequenza zona per zona e quindi non è necessario inserire una linea di sorting finale, visto che gli ordini sono già stati preparati in scatole pronte per essere smistate in base alla destinazione (Dallari *et al.*, 2008).

Nonostante tali OPS presentino un notevole livello d'adozione nel caso di consegne rapide di piccoli articoli e di ordini frequenti, la letteratura che li analizza è inferiore rispetto alle altre soluzioni in uso (Melacini *et al.*, 2011). I costi e le complessità di questo OPS sono collegato al bilanciamento del carico di lavoro tra le zone di prelievo (Dallari *et al.*, 2008). Questa soluzione sembra essere preferibile in caso di alto numero di articoli di piccole dimensioni, flussi di medie dimensioni e piccoli ordini. Infatti, un aumento delle dimensioni dell'ordine potrebbe determinare una crescente complessità nella gestione del maggior numero di box che fluisce attraverso il magazzino (Dallari *et al.*, 2008). Yu and De Koster (2007) sviluppano un metodo di approssimazione basato sulla teoria delle code, il cui scopo è stimare rapidamente le performance dei sistemi

pick-to-box in funzione delle diverse alternative di progetto (politiche di stoccaggio, numero di picker, processo d'arrivo degli ordini clienti).

In Figura 1.2 si mostra un esempio di sistema pick-to-box:

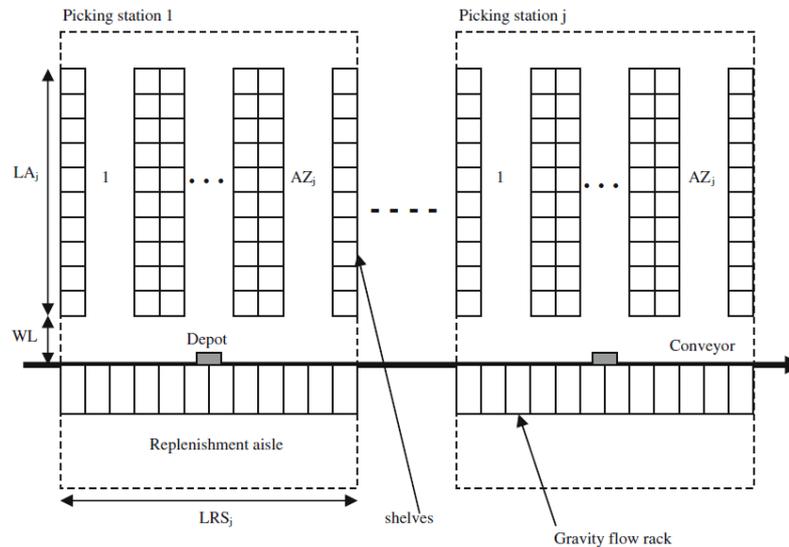


Figura 1.2 – Layout delle stazioni di picking in un sistema pick-to-box (Melacini *et al.*, 2011)

(iii) “Pick-and-sort” system

Gli operatori prelevano le quantità risultanti dal batching o da ordini multipli e le depositano sui nastri trasportatori che connettono la forward area con l'area di sorting. I nastri trasportatori operano in anello chiuso con meccanismi automatici di deviazione e corsie di accumulo, grazie ad un sistema computerizzato che determina, per ogni articolo, la corretta baia di spedizione. (Dallari *et al.*, 2008; Marchet *et al.*, 2011). Il sistema pick-and-sort tipicamente lavora con una politica di “ondate” di picking: tale sistema è chiamato *wave picking*, e verrà spiegato nel dettaglio nel paragrafo 1.3.4.3.

Marchet *et al.* (2011) valutano l'efficienza dei sistemi pick-and-sort usando un modello analitico che è stato validato tramite varie simulazioni. Quando si progetta un sistema pick-and-sort, ci deve essere una grande attenzione al trade-off tra l'efficienza di picking e quella del packaging. Inoltre, si deve sempre valutare attentamente il forte trade-off tra il costo dell'impianto di sorting automatizzato e quello della manodopera. Il sorting automatico sembra essere preferibile in caso di elevata sovrapposizione delle linee di ordine, un elevato flusso in uscita e l'assenza di prodotti fragili (Dallari *et al.*, 2008). In Figura 1.3 si mostra un esempio di sistema pick-and-sort (Marchet *et al.* 2011).

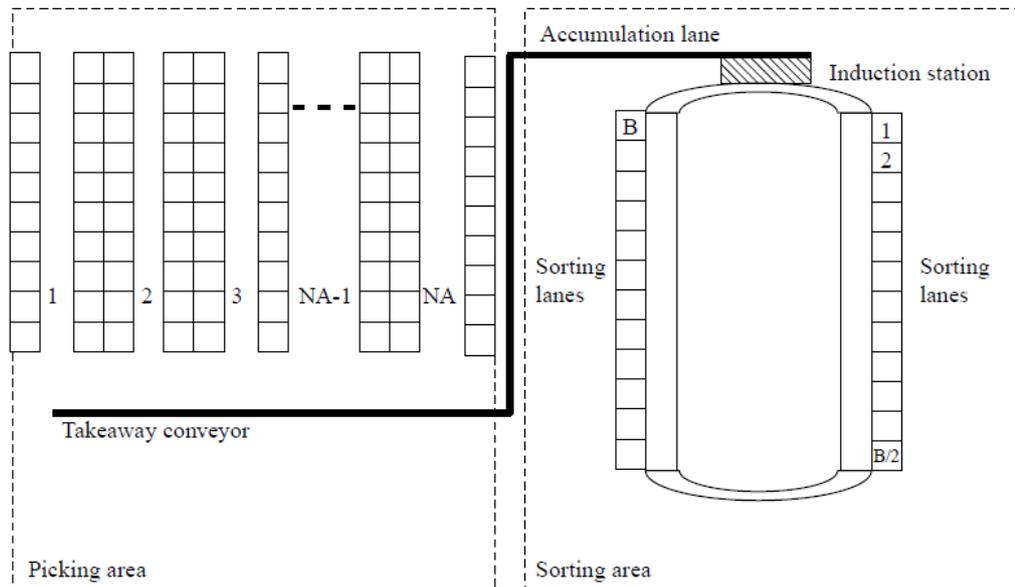


Figura 1.3 – Vista in pianta del layout di un sistema pick-and-sort (Marchet *et al.*, 2011)

(iv) “Parts-to-picker” system

Nei sistemi parts-to-picker un dispositivo automatico porta l’unità di carico (UdC) dall’area di stoccaggio alle stazioni di picking, dove gli operatori prelevano le quantità richieste; in seguito, se l’UdC non è ancora vuota, può essere riconvogliata nell’area di stoccaggio. I dispositivi più usati sono gli *Automated Storage/Retrieval System* (AS/RS), ad esempio trasloelevatori, miniload, caroselli, ed altri sistemi verticali automatici di stoccaggio (Van den Berg and Zijm, 1999; Dallari *et al.*, 2008). Il vantaggio di questi sistemi deriva dalla riduzione dei costi di picking in termini sia di ore lavorative dei picker, sia di spazio richiesto. Tuttavia, questo sistema presenta un alto rischio di creare colli di bottiglia per l’alimentazione delle baie di picking, riducendo l’utilizzo del picker e la produttività di picking. Questo OPS sembra essere preferibile in caso di un numero elevato di articoli e flusso in uscita di piccole dimensioni (Dallari *et al.*, 2008; De Koster *et al.*, 2006; Van den Berg and Zijm, 1999).

(v) “Completely automated picking” system

Questi sistemi possono svolgere ad alta velocità la raccolta di articoli di piccole o medie dimensioni, non fragili, di forma e dimensioni uniformi, ad esempio compact disc o prodotti farmaceutici. I dispositivi tipicamente usati sono i dispenser automatici (A-frame o V-frame), robot di varia natura ed i nastri trasportatori che connettono le diverse aree (Van den Berg, 1999; Van den Berg and Zijm, 1999; Baker and Halim, 2007). L’A-frame è costituito da un nastro trasportatore con caricatori disposti da entrambi i lati del nastro. Gli

articoli vengono espulsi automaticamente dai dispenser e fatti cadere in un'apposita cella del nastro trasportatore: ogni cella del nastro trasportatore viene assegnata ad un certo ordine, ed alla fine del nastro gli elementi appartenenti allo stesso ordine vengono fatti cadere in un apposito contenitore, consolidando l'ordine e rendendolo pronto per il packaging (Van den Berg and Zijm, 1999). Le soluzioni di "completely automated picking" system sono poco usate a causa degli alti costi e dei pochi contesti in cui essi si dimostrano efficienti, ragion per cui esiste poca letteratura su questi temi (Dallari *et al.*, 2008).

### 1.3.3 Automazione ed informatizzazione del magazzino

In base ad una serie di interviste svolte da Baker and Halim (2007), la ragione principale per cui si sceglie di automatizzare i magazzini è la volontà di adattarsi alla crescita, ridurre i costi operativi ed aumentare il livello di servizio. Dalle interviste sono emerse alcune preoccupazioni riguardo all'automazione nei magazzini, come il rischio di interrompere le operazioni in corso, la possibilità di perdere flessibilità a lungo termine e peggiorare il livello di servizio nel breve periodo, pericoli evitabili con una buona pianificazione e con realistici *timescales*. Secondo Hou *et al.* (2009), grazie allo sviluppo ed alla popolarità delle tecnologie informatiche e di automazione, il settore della logistica tradizionale sta gradualmente implementando varie tecniche di automazione (es. sorter) o semi-automazione (es. nastri trasportatori) per supportare le operazioni di picking, con lo scopo di ridurre i costi del lavoro ed eventuali errori. In particolare, si riducono gli errori dei picker (Brynzèr and Johansson, 1995) ed i costi operativi. Lo svantaggio deriva dall'elevato costo di acquisto delle tecnologie di automazione, dalla riduzione del livello di servizio nel breve periodo (Hackman *et al.*, 2001).

Esistono conflitti in letteratura su quanto l'automazione sia efficace nel ridurre i costi ed i tempi del magazzino: c'è bisogno di un'ulteriore ricerca chiarificatrice, in quanto esistono esempi di situazioni in cui l'automazione ha ridotto l'efficienza, mentre in altri casi i costi e la produttività del magazzino sono migliorati (Baker and Halim, 2007). Facendo riferimento a Baker and Canessa (2007), le spese per l'automazione nei magazzini in Europa sono aumentate del 5% l'anno tra il 2003 e il 2005. Invece, secondo dati rilasciati dai venti principali fornitori di material handling, si nota un aumento costante delle vendite di attrezzature automatizzate, pari al 4% nel 2003 ed al 15% nel 2004 (Baker and Halim, 2007). Brynzèr and Johansson (1995) discutono i risultati di 9 casi di studio che riguardano la progettazione e le performance dei sistemi di equipaggiamento, in cui è comune che, utilizzando sistemi più informatizzati, si potrebbe risparmiare sul lavoro degli operatori e ridurre gli errori umani

(principale causa di irritazione dei clienti), senza per questo ridurre la produttività dei picker.

Considerando le soluzioni di picking adottate dai magazzini, si nota che il livello di automazione aumenta spaziando dai sistemi picker-to-parts a quelli completamente automatizzati (Melacini *et al.*, 2011). Nei sistemi picker-to-parts low level gli articoli sono raccolti dalle postazioni di picking ed il picker si muove nell'area di picking (Dallari *et al.*, 2008). Nei sistemi high level, invece, è disponibile un'ampia varietà di veicoli: si va dai carrelli per il picking manuale di articoli al livello più basso (piano terra dell'area di picking) a macchine *man aboard storage/retrieval* (S/R) nel caso in cui il picking possa essere fatto anche ai livelli superiori (cosiddetto picking "orizzontale e verticale"). Per la movimentazione di pallet interi sono usati carrelli elevatori a contrappeso oppure a montante retrattile (Van den Berg and Zijm, 1999). Col fine di stimare la produttività dei pickers, Parikh and Meller (2010) hanno sviluppato un modello dei tempi di viaggio in un sistema del tipo *person-onboard order picker truck*, in cui il picker viaggia a bordo di un mezzo che è capace di muoversi sia in verticale sia in orizzontale e che necessita di corridoi più stretti, due specifiche che permettono di ridurre la superficie di stoccaggio grazie all'alto sfruttamento dello spazio verticale ed al restringimento dei corridoi.

Secondo Hou *et al.* (2009), per i sistemi che usano nastri trasportatori (pick-to-box e pick-and-sort), uno dei problemi critici è assegnare gli articoli alle postazioni di prelievo in modo da bilanciare il carico di lavoro degli operatori. Gli autori sviluppano un modello per generare un'assegnazione dei posti di lavoro con un carico di lavoro bilanciato. In accordo con le valutazioni delle performance in un caso reale, il modello proposto può offrire un piano di assegnazione del lavoro migliore dei piani generati dagli esperti.

Riguardo ai sistemi parts-to-picker, gli AS/RS sono utilizzati nei magazzini e nei Ce.Di. in tutto il mondo. In Van den Berg and Gademann (1999) si mostra come il fatto di utilizzare cicli combinati permetta di ridurre i tempi di viaggio circa del 30% rispetto all'uso di cicli semplici. In un ciclo semplice un'UdC viene trasferita dal deposito alla postazione di stoccaggio o viceversa: nei cicli combinati, invece, si posiziona un'UdC nella postazione di stoccaggio e subito dopo se ne preleva un'altra dalle scaffalature (De Koster *et al.*, 2006; Park *et al.*, 2006). I sistemi miniload sono spesso usati per il picking di piccoli articoli perché forniscono un efficiente utilizzo dello spazio, eccellente protezione degli articoli ed un'elevata accuratezza di picking (Park *et al.*, 2006; Van den Berg and Zijm, 1999; Van den Berg, 1999). Tuttavia, a causa dei notevoli investimenti iniziali, della bassa flessibilità e delle difficoltà di riconfigurazione, la progettazione iniziale del sistema deve essere molto accurata (Park *et al.*, 2006).

Secondo Manzini *et al.* (2006), esistono due macro-classi di AS/RS: sistemi per UdC intere o di grosse dimensioni (es. pallet) e sistemi per UdC più piccole (colli). Nello stesso articolo, gli autori hanno simulato migliaia di scenari “what-if” per misurare come cambino le performance degli AS/RS al variare delle alternative di progetto e di configurazione operativa, così da capire i fattori (e le loro combinazioni) più critici nel determinare le risposte del sistema.

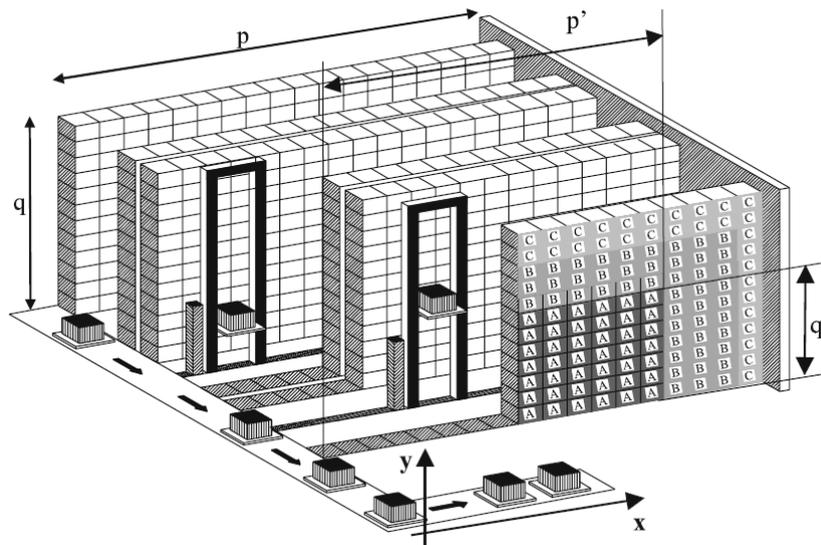


Figura 1.4 – AS/RS in magazzino con stoccaggio class-based (Manzini *et al.*, 2006)

Normalmente, in un magazzino miniload, la postazione di picking si trova ad un estremo del corridoio (Van den Berg and Zijm, 1999). Secondo Koh *et al.* (2005), la maggior parte della letteratura precedente partiva dal presupposto che un picker servisse un unico corridoio. Tuttavia, in generale, un picker può servire due o più corridoi in modo tale da risparmiare sul costo del lavoro: infatti, mentre il picker preleva articoli in una postazione, gli altri miniload riposizionano i contenitori al loro posto e recuperano quelli successivi (Van den Berg and Zijm, 1999).

I sistemi parts-to-picker sono stati spesso trattati in letteratura usando modelli analitici. Park *et al.* (2006) analizzano le prestazioni di un miniload con una scaffalatura *square-in-time* (cioè le velocità orizzontali e verticali del miniload sono uguali) divisa in due zone di stoccaggio, una per le merci ad alto turnover e l'altra per quelle a basso turnover. Dall'articolo emerge come il rendimento del sistema dipenda dalle dimensioni della zona ad alto turnover.

Koh *et al.* (2005) considerano un OPS in cui un miniload deposita gli articoli prelevati in testa al corridoio di competenza (*end-of-aisle* – EOA – system), dove si colloca il picker, e propongono un modello di ottimizzazione. Gli autori

notano inoltre che si può ridurre il tempo di ciclo S/R della macchina usando regole di *based dedicated storage* ed estendendo il modello di ottimizzazione ad un modello che consideri i costi dei picker. Anche Andriansyah *et al.* (2011) sviluppano un modello di simulazione per una postazione miniload.

Un altro OPS parts-to-picker è il carosello: le merci sono poste su una serie di vassoi connessi in un anello chiuso e capaci di ruotare orizzontalmente (carosello orizzontale) o verticalmente (carosello verticale) per portare al picker gli articoli richiesti. Il carosello è usato soprattutto per piccoli oggetti, dato che l'apparecchio può reggere dei pesi limitati e non può crescere oltre certe dimensioni (Litvak, 2006). Di solito il picker occupa una posizione fissa di fronte ad un carosello, anche se è possibile che agisca su più postazioni per volta, fino a quattro caroselli: in generale, l'operatore può usare il tempo di rotazione della macchina per attività come lo smistamento, l'imballaggio e l'etichettatura dei prodotti recuperati, oltre che per recuperare articoli da un altro carosello (Van den Berg and Zijm, 1999).

Come già detto, le soluzioni del tipo *completely automated picking* sono usate in pochi contesti, motivo per cui la letteratura sul tema è abbastanza ridotta (Baker and Halim, 2007; Dallari *et al.*, 2008).

Esistono inoltre vari sistemi informatizzati utili a supportare l'attività di picking, ad esempio i sistemi pick-to-light, voice picking e RFID, che integrano e sostituiscono i sistemi più semplici, basati su liste cartacee o lettura di codici a barre. I sistemi *electronic paperless pick-to-light*, noti anche come *computer aided picking system* (CAPS) sono usati soprattutto nei sistemi pick-and-pass, in cui degli indicatori luminosi (montati sopra ad ogni scaffalatura) guidano il picker, mostrandogli l'esatta quantità da prelevare per ogni articolo. Dopo il prelievo, il picker deve confermare la presa premendo il pulsante luminoso (Pan and Wu, 2009). I sistemi CAPS migliorano la produttività (anche più del 50%), riducono gli errori dei picker e ne semplificano l'addestramento, riducendo molto i costi operativi. Nei sistemi voice picking l'operatore sente in cuffia le indicazioni su dove andare e quali articoli prelevare: dopo il prelievo, il picker dovrà leggere un codice per confermare l'operazione. Il vantaggio di avere le mani libere permette di aumentare la produttività del 10-15%, inoltre è utile se si devono prelevare merci pesanti. Infine, si usano anche tecnologie di *radio frequency identification* (RFID) a supporto del picking. Esse permettono di ridurre gli errori commessi dai picker, ad esempio il picker verrà avvertito se il carrello sta svolgendo un percorso errato nell'area di picking oppure se si è fermato per un tempo troppo elevato in una certa area (Chow *et al.*, 2006; Vijayaraman and Osyk, 2006).

### 1.3.4 Progettazione dei sistemi di picking

I maggiori problemi dei gestori di magazzini consistono nel determinare le migliori caratteristiche interne di un OPS, cioè il decidere le politiche più appropriate di picking, routing e stoccaggio, scegliere il layout del magazzino e il livello di meccanizzazione (Goetschalckx and Ashayeri, 1989; Rouwenhorst *et al.*, 2000). La letteratura concernente la progettazione dei sistemi di picking è suddivisa in tre livelli: (i) strategico, (ii) tattico e (iii) operativo.

#### 1.3.4.1 Livello strategico

Le decisioni di livello strategico necessitano dei maggiori investimenti in termini di costi e tempi di implementazione, dunque non possono essere facilmente riesaminate e quindi la loro progettazione andrebbe ottimizzata al massimo fin dall'inizio (Rouwenhorst *et al.*, 2000; Van den Berg, 1999). Attualmente, la maggior parte degli OPS sono progettati sulla base di intuizioni, di esperienze e, a volte, su una simulazione dettagliata (Dallari *et al.*, 2008).

Secondo Rouwenhorst *et al.* (2000), le principali decisioni strategiche riguardano la progettazione dei flussi e la selezione dei tipi di sistemi da usare nel magazzino. La prima parte definisce i processi necessari, mentre la seconda riguarda tutti i sistemi che richiedono un elevato investimento. La procedura di selezione può essere scomposta in due problemi di decisione sequenziali: uno in base alle capacità tecniche e l'altro basato su considerazioni economiche. Nell'output di questo specifico problema di progettazione, le cui combinazioni di sistemi sono tecnicamente in grado di gestire i prodotti e soddisfare i vincoli di prestazioni, il risultato delle decisioni a livello strategico non è un dato sistema, o un piccolo numero di alternative, ma un certo numero (conviene che sia limitato) di possibili combinazioni di sistemi di magazzino che soddisfano i requisiti tecnici e prestazionali. Goetschalckx *et al.* (2002) sviluppano una metodologia scientifica di progettazione dei sistemi di magazzino. In particolare, discutono della struttura gerarchica della procedura di progettazione utilizzata: essa include le decisioni e i parametri usati nel modello, i vari sotto-modelli, le decisioni e le interazioni dei dati tra i vari livelli della gerarchia.

Secondo Dallari *et al.* (2008) l'opera più completa sulla progettazione degli OPS è quella di Yoon and Sharp (1995), che sviluppano una procedura cognitiva basata sulla decomposizione top-down e sulla modifica bottom-up. Tale procedura è divisa in tre fasi:

1. Fase di input: si svolgono alcune considerazioni economiche (es. budget) ed operative (es. area disponibile ed altezza sottotrave) e si analizzano lo storico degli ordini e le caratteristiche dei prodotti. Da qui, si ricavano specifiche generali dell'OPS ed i requisiti di ogni sottosistema.

2. Fase di selezione: il progettista sceglie le caratteristiche di ogni sottosistema, con riferimento al tipo di equipaggiamento (es. canali a gravità e mezzi guidati dai picker). Inoltre, si definiscono le trasformazioni subite dagli elementi fisici ed i processi seguiti dalle informazioni.
3. Fase di valutazione: c'è una riconciliazione quantitativa e qualitativa dei diversi sottosistemi, con un'ulteriore selezione e specificazione.

Dallari *et al.* (2008) integrano e sviluppano tale metodologia, proponendo una nuova procedura che supporti il progetto dei magazzini nella fase iniziale, quando le caratteristiche di ogni sottosistema devono essere ancora definite. Rispetto al metodo di Yoon and Sharp (1995), viene introdotta la fase di dettaglio (in cui si cerca di ottimizzare il più possibile le performance) e viene modificata la fase di selezione (in cui si identificano gli OPS, i requisiti dei tipi di attrezzature e la progettazione della forward area). La progettazione di OPS è un compito molto complesso che dipende da alcuni elementi (Dallari *et al.*, 2008):

- Prodotti (cioè numero, dimensione, valore, packaging, livello di scorte a magazzino e vendita);
- Ordini dei clienti (cioè numero, dimensione e il numero di righe d'ordine);
- Diversi tipi di aree funzionali (es. un'area di picking per i prodotti ad alta richiesta ed un'altra per quelli poco richiesti);
- Diverse combinazioni di tipi di attrezzature (es. tra i prodotti ad alta movimentazione si usano usare miniload, mentre per gli altri si usano sistemi picker-to-parts).

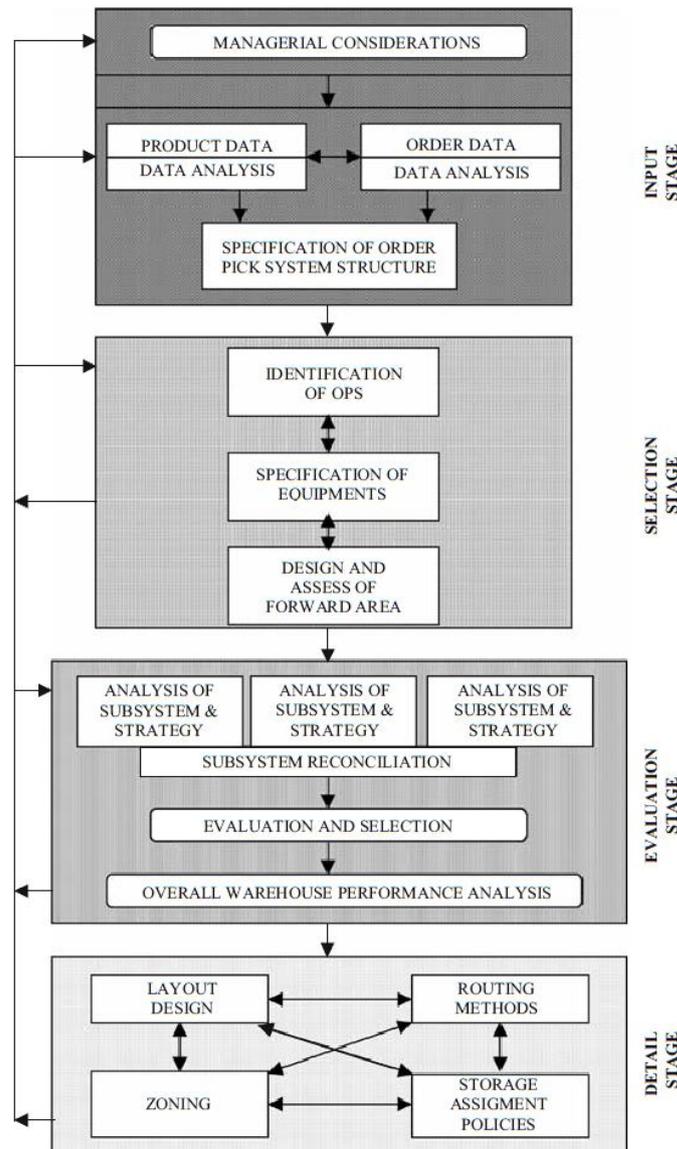


Figura 1.5 – La procedura di Yoon and Sharp (1995) integrata da Dallari *et al.* (2008)

Dallari *et al.* (2008) hanno raccolto i dati di 68 magazzini di diversi settori, e su essi hanno svolto un’analisi aggregata ed una segmentata in base al volume d’ordine del cliente. Dall’analisi aggregata dei 68 depositi si capisce che:

- Se gli articoli sono meno di 1000, allora conviene l’OPS picker-to-parts;
- I sistemi parts-to-picker si usano per un alto numero di articoli (più di 1000) ed un basso valore di righe d’ordine giornaliere (meno di 1000).

- I sistemi pick-and-box e pick-and-sort si usano in casi con alto numero sia di articoli (più di 1000), sia di righe d'ordine (più di 1000).

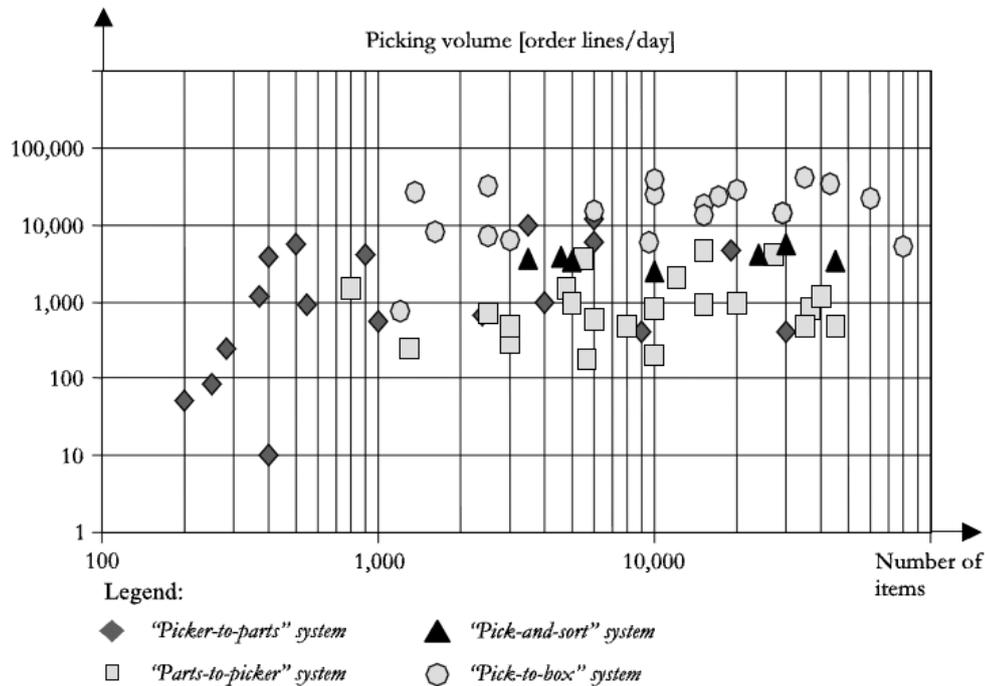


Figura 1.6 – Risultati dell'analisi aggregata svolta da Dallari *et al.* (2008)

Nell'analisi segmentata sono stati analizzati 48 magazzini e sono stati studiati gli OPS tenendo conto del volume d'ordine del cliente, definendo due classi di ordini, grandi o piccoli, a seconda che il volume medio degli ordini sia maggiore o minore di  $0,5 \text{ m}^3$ . I risultati di tale analisi mostrano che:

- Il sistema pick-to-box è usato solo per ordini più piccoli di  $0,5 \text{ m}^3$ .
- I sistemi picker-to-parts sono usati per ordini sia piccoli che grandi.
- I sistemi parts-to-picker sono usati sia per piccoli che per grandi ordini.

Dall'analisi aggregata e dall'analisi segmentata si nota l'importanza del numero di righe d'ordine al giorno e del numero di articoli come variabili guida per la scelta del più idoneo OPS (Dallari *et al.*, 2008).

### 1.3.4.2 Livello tattico

Le decisioni tattiche hanno un impatto inferiore rispetto le decisioni strategiche, ma necessitano comunque di certi investimenti e non dovrebbe quindi essere riesaminate troppo spesso (Rouwenhorst *et al.*, 2000). Nel livello tattico della progettazione degli OPS si affronta principalmente il tema del FRP, cioè il problema di come realizzare e suddividere il layout del magazzino in forward area e reserve area (per rendere più efficiente il picking) e decidere quali prodotti vadano stoccati nella forward area ed in quale quantità (Van der Berg *et al.*, 1998; De Koster *et al.*, 2006). La forward area può essere divisa in più zone: questo ha il vantaggio di ridurre i tempi di viaggio dei picker (Dallari *et al.*, 2008; De Koster *et al.*, 2006; Melacini *et al.* 2011).

Nella progettazione del layout di magazzino, vi sono due sotto-problemi. Il primo è solitamente chiamato *facility layout problem*, e riguarda la decisione di dove localizzare i vari reparti (ricezione merci, picking, sorting, etc.): il suo obiettivo è minimizzare i costi di handling, che dipendono fortemente dalla distanza di viaggio (De Koster *et al.*, 2006). Risulta dunque chiaro come il layout sia fondamentale nel determinare la lunghezza attesa del tour dei pickers (Caron *et al.*, 2000a; Caron *et al.*, 2000b). Heragu *et al.* (2005) presentano un modello che determina sia l'allocazione dei prodotti nelle aree del magazzino, sia le dimensioni di ogni area, utilizzando dati normalmente disponibili al manager del magazzino. Il secondo problema è chiamato *internal layout design* oppure *aisle configuration problem*, e consiste nel determinare il numero di blocchi, la posizione del DEPOT ed il numero, la lunghezza e la larghezza dei corridoi di ogni blocco dell'area di picking (De Koster *et al.*, 2006; Parikh and Meller, 2010; Caron *et al.*, 2000a; Caron *et al.*, 2000b; Hsieh and Tsai, 2005). L'obiettivo comune è trovare il layout più performante rispetto a certe funzioni obiettivo, soddisfacendo anche un insieme di vincoli e requisiti. Una funzione obiettivo tra le più comuni è la distanza di viaggio (De Koster *et al.*, 2006).

Goetschalckx *et al.* (2002) utilizzano un algoritmo iterativo per determinare la configurazione ed il layout del magazzino. Petersen (1997) valuta l'impatto della forma dei magazzini e della posizione del DEPOT sulle percorrenze dei picker, e nota che la forma del magazzino è un fattore determinante per l'efficienza dell'order picking. Anche Roodbergen and De Koster (2001a) valutano l'impatto sui tempi medi di viaggio dei layout dei magazzini, determinando se un corridoio trasversale (*middle aisle*) può migliorare l'efficienza e costruendo un algoritmo che calcola il percorso di lunghezza minima in magazzini con al più tre corridoi trasversali. Nella maggior parte delle situazioni valutate, il layout con corridoi trasversali dà tempi medi di viaggio minori rispetto al layout di base, riducendo il tempo totale di handling (Roodbergen and De Koster, 2001b). Caron *et al.* (2000b) propongono una

formula che mette in relazione il numero ottimale di corridoi con i principali parametri del sistema che riguardano la progettazione di layout, e notano che la distanza di viaggio attesa aumenta se si adotta un numero di corridoi non ottimale.

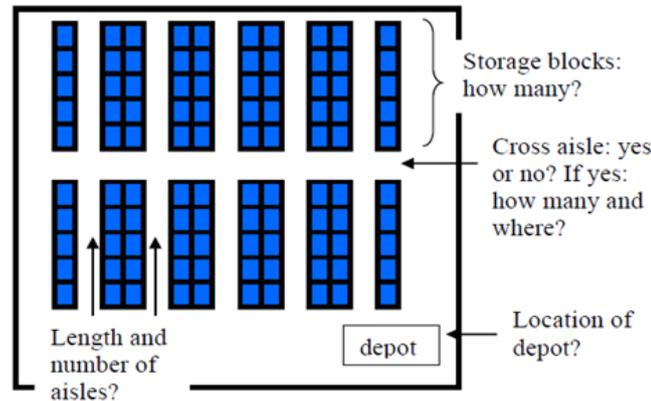


Figura 1.7 – Problemi fondamentali nel decidere il layout di un magazzino (De Koster *et al.*, 2006)

Caron *et al.* (2000a) e Caron *et al.* (2000b) forniscono linee guida di progettazione sia per ambienti stabili, dove le condizioni operative sono ben definite, sia per contesti più instabili. Un layout con pochi corridoi è preferibile se ci sono molte fermate di picking, mentre il layout con tanti corridoi è migliore se le fermate sono poche, considerato che il vantaggio del breve percorso all'interno dei corridoi è maggiore rispetto alla percorrenza del cross aisle. Invece, se il contesto è instabile, allora sono preferibili soluzioni intermedie, dato che sono meno sensibili ai cambiamenti delle condizioni operative. Hsieh and Tsai (2006) hanno sperimentato gli effetti di un numero di corridoi trasversali variabile tra zero e dieci in presenza di diverse densità di picking all'interno dei corridoi, e hanno notato che utilizzando due o tre corridoi trasversali si ottiene la miglior efficienza dell'order picking e il tasso di utilizzazione dello spazio.

Considerando il FRP, la dimensione della forward area sarà limitata: più piccola è l'area, più basso sarà il tempo di viaggio medio dei pickers (De Koster *et al.*, 2006; Van den Berg and Zijm, 1999). Suddividere le scorte di magazzino in aree implica un regolare rifornimento dalla reserve alla forward area; una difficoltà è bilanciare il trade-off tra sforzo di rifornimento ed il risparmio di lavoro di picking. Potrebbe essere vantaggioso stoccare alcune UdC solo nella reserve area se, ad esempio, la quantità richiesta è alta o la frequenza di richiesta è bassa. Inoltre, il rifornimento è spesso ristretto al tempo in cui non c'è attività di order picking, e ciò fornisce ulteriori vincoli (De Koster *et al.*, 2006; Van den Berg *et al.*, 1998). Nello specifico, Van den Berg *et al.* (1998) propongono un algoritmo che calcola quale politica di rifornimento della forward area

minimizzi le ore di lavoro necessarie, dividendo i periodi di attività tra quelli più intensi (*busy*) e quelli in cui ci sono meno richieste (*idle*): nei periodi più attivi si riduce il rifornimento per focalizzarsi sull'evasione degli ordini, i periodi di calma servono invece per rifornire la forward area in previsione dei momenti di maggior lavoro. Così facendo, si diminuiscono la congestione e l'incidentalità.

Hackman and Rosenblatt (1990) presentano un modello che considera il picking anche dalla reserve area. Di conseguenza, sorge la questione di quali prodotti dovrebbero essere raccolti dalla forward area e quanto spazio deve essere dedicato a ciascun articolo.

Un concetto relazionato al FRP è lo stoccaggio dinamico (*dynamic storage*), il quale mira a rendere l'area di picking molto piccola al fine di ridurre i tempi di viaggio dei pickers e di portare le UdC alle postazioni di stoccaggio dinamicamente, giusto in tempo per il picking (De Koster *et al.*, 2006).

### 1.3.4.3 Livello operativo

A livello operativo, i processi devono essere eseguiti entro i limiti fissati dalle decisioni strategiche e tattiche (Rouwenhorst *et al.*, 2000). Le principali scelte operative sono il routing, l'allocazione degli articoli e le logiche di prelievo.

#### A) Routing

Con il termine *routing* si intende la scelta del percorso che l'operatore o l'AS/RS deve compiere in una missione di picking attraverso le scaffalature per prelevare gli articoli che gli competono. Si tratta di un tema di grandissima importanza: infatti, secondo De Koster *et al.* (2006), il tempo di viaggio costituisce il 50% del tempo totale di una missione di picking. Pertanto, l'obiettivo delle politiche di routing è assicurare che lo spazio da percorrere nel magazzino sia il minore possibile.

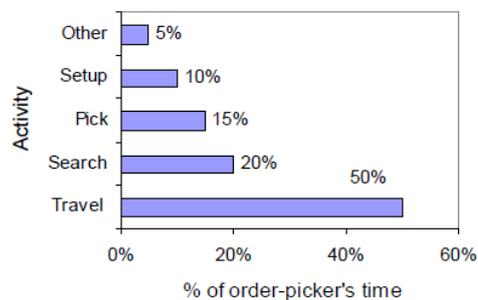


Figura 1.8 – Componenti del tempo di picking in sistemi picket-to-parts (De Koster *et al.*, 2006)

Il problema del routing viene spesso modellato come un caso particolare del Problema del Commesso Viaggiatore (*Travelling Salesman Problem, TSP*), in cui il picker deve visitare una serie di postazioni (modellate come nodi di un grafo) da cui compiere il prelievo nel minor tempo possibile attraversando i corridoi del magazzino (gli archi del grafo) (Ratliff and Rosenthal, 1983; De Koster *et al.*, 2006). Il TSP non è in generale risolvibile in tempo polinomiale, ma il caso del picking presenta alcune differenze matematiche (che non si analizzano in questa sede), che hanno permesso a Ratliff and Rosenthal (1983) di compilare un algoritmo polinomiale rispetto al numero di corridoi e di postazioni da visitare, valido per un magazzino come quello mostrato in Figura 1.9. Nella pratica, il problema del routing viene spesso risolto usando politiche euristiche, questo a causa di alcuni svantaggi del routing ottimale, il quale, pur avendo le migliori prestazioni, non è adatto ad ogni tipo di layout e può apparire illogico al picker, con il rischio che cambi percorso di sua spontanea volontà. L'algoritmo ottimale, inoltre, non è capace di considerare il ruolo svolto dall'eventuale congestione nei corridoi, motivo per cui sono state svolte ricerche su questo tema, come ad esempio Pan and Shih (2008).

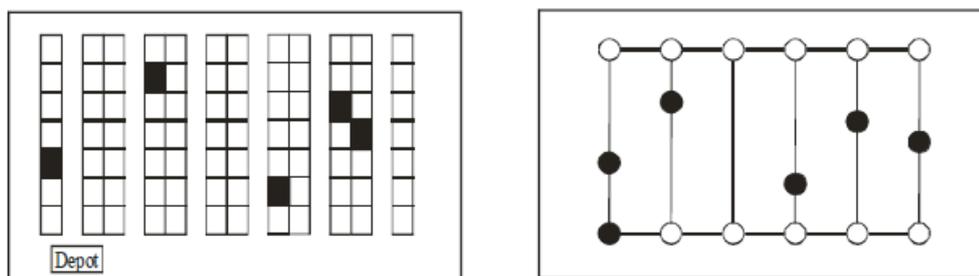


Figura 1.9 – Postazioni da visitare e loro modellazione in un grafo (De Koster *et al.*, 2006)

Esistono varie politiche euristiche di routing: (i) *S-shape* (o *traversal*) (ii) *return* (iii) *mid point* (iv) *largest gap* (v) *Combined* (o *Composite*).

(i) *Traversal* (o *S-shape*)

Ogni corridoio contenente almeno una postazione di prelievo viene visitato ed attraversato interamente, tranne eventualmente l'ultimo, da cui il picker ritorna al DEPOT. È un'euristica molto semplice e con prestazioni relativamente basse (Petersen, 1997; Petersen and Schmenner, 1999).

(ii) *Return*

Un'altra euristica molto semplice è la *return*, in cui il picker entra ed esce sempre dallo stesso lato del corridoio (Petersen, 1997; Petersen and Schmenner, 1999).

(iii) *Mid point*

Il magazzino è diviso in una zona anteriore ed una posteriore, entrambe visitate con logica return partendo dai rispettivi corridoi in testa o in coda al magazzino. Fanno eccezione il primo e l'ultimo corridoio da visitare, che sono percorsi con logica traversal (Petersen, 1997; Petersen and Schmenner, 1999).

(iv) *Largest gap*

Il "gap" è la distanza compresa tra due punti che devono essere visitati (siano essi punti di prelievo oppure l'ingresso/uscita del corridoio). Questa logica consiste nell'individuare quale sia il gap più lungo per ogni corridoio per evitare di percorrerlo, visitando i punti di prelievo con una logica simile alla mid point, ma le due parti del magazzino sono separate dai largest gap di ogni corridoio (Petersen, 1997; Petersen and Schmenner, 1999).

(v) *Combined (o Composite)*

I corridoi sono visitati con logica traversal oppure return, a seconda di una scelta svolta da un modello dinamico (Roodbergen and De Koster, 2001b).

Petersen (1997) ha confrontato le euristiche con la soluzione ottimale, trovando che la migliore euristica ha risultati peggiori solo del 5% rispetto al metodo ottimale, una differenza molto piccola, soprattutto considerando i già citati limiti e rischi dell'algoritmo ottimale.

La letteratura presenta vari metodi che stimano il tempo di routing necessario a completare un ordine (De Koster *et al.*, 2006). De Koster and Van der Poort (1998) confrontano le prestazioni dell'algoritmo di Ratliff and Rosenthal (1983) con quelle dell'euristica S-shape in diverse condizioni e verificano che il modello ottimale risparmia tra il 7 ed il 34% di tempo. Questo risparmio dipende molto dal layout e dalla gestione del magazzino. Daniels *et al.* (1998) hanno creato un modello che calcola la combinazione più efficiente di routing e di allocazione dei prodotti, utilizzando due diverse euristiche, chiamate rispettivamente *nearest neighbor* e *shortest arc*. Roodbergen and De Koster (2001b) descrivono i metodi euristici di routing per magazzini con due o più corridoi trasversali, variando il layout di un magazzino in cui gli articoli sono stoccati con una politica di random storage ed in cui il picker si muove secondo un'euristica combined e secondo una sua variante, detta *combined+*.

Sul tema del picking si possono fare ulteriori considerazioni. Un tema importante da considerare è la larghezza dei corridoi del magazzino, che possono essere supposti come sufficientemente stretti perché il picker possa fare prelievi da entrambi i lati del corridoio senza muoversi lateralmente (*narrow aisles*) oppure più larghi (*wide aisles*): ad esempio, in De Koster and Van der

Poort (1998) vengono confrontate diverse politiche di routing, sotto l'ipotesi di *narrow aisle* o *wide aisle*. Un'altra questione significativa è che lo stesso articolo potrebbe essere posizionato in diversi punti del magazzino (Daniels *et al.*, 1998). Questa politica viene attualmente messa in atto grazie al tracking computerizzato delle scorte, in quanto riesce a migliorare il rifornimento e a ridurre la necessità di spazio: Daniels *et al.* (1998) hanno sviluppato un modello che calcola euristicamente la combinazione più efficiente tra le politiche di routing e quelle di assegnazione dei prodotti alle postazioni di stoccaggio.

### **B) Allocazione articoli nell'area di stoccaggio**

Prima di svolgere il picking, gli articoli devono essere allocati in una postazione di stoccaggio in modo da favorire una fase di prelievo il più efficiente possibile (Brynzèr and Johansson, 1995). L'allocazione può essere fatta con diversi metodi e regole, a seconda di quale strategia di picking si voglia implementare nel magazzino. I prodotti vengono uniti in UdC, tipicamente pallet oppure colli, e vengono conservati in sistemi che possono essere molto diversi, da semplici scaffalature a complessi sistemi automatizzati con gru o nastri trasportatori (Rouwenhorst *et al.*, 2000; De Koster *et al.*, 2006). Seguendo la categorizzazione data De Koster *et al.* (2006), si elencano varie possibilità di stoccaggio ed allocazione degli articoli:

#### *(i) Dynamic storage*

Le UdC vengono prelevate da un AS/RS e trasportate in un'area di picking molto piccola per minimizzare i tempi di viaggio. Questa politica può essere resa più efficiente introducendo il batching degli ordini e ben pianificando l'uso degli AS/RS. Tali sistemi permettono un'alta produttività del picker e, infatti, le loro implementazioni sono in crescita (De Koster *et al.*, 2006).

#### *(ii) Random (o shared) storage*

Ogni UdC in ingresso è assegnata casualmente ad una delle postazioni vuote nel deposito (es. Petersen, 1997). Questo metodo ottiene un buon utilizzo dello spazio verticale, ma le distanze da percorrere aumentano ed è necessaria una gestione informatica del sistema (De Koster *et al.*, 2006; Pan and Shih, 2008).

#### *(iii) Closest open location storage*

Se i picker sono liberi di scegliere dove allocare l'UdC, allora probabilmente essa verrà messa nella postazione libera più vicina. Questo sistema ha prestazioni simili al caso *random storage* (De Koster *et al.*, 2006).

(iv) *Dedicated storage*

È possibile scegliere di allocare ogni UdC in una posizione fissa stabilita a priori. Questo metodo ha il pregio che i picker riescono a memorizzare le posizioni dei prodotti ed è adatto nel caso di merci con pesi molto diversi (le più pesanti ai livelli più bassi, quelle leggere più in alto), ma lo spazio richiesto è molto superiore alle altre opzioni, visto che corrisponde alla somma delle massime quantità possibili a stock di ogni articolo (Van den Berg and Gademann, 1999; De Koster *et al.*, 2006).

(v) *Full-turnover (o volume-based) storage*

I prodotti sono organizzati secondo la rotazione che li caratterizza, con quelli più venduti posti nelle zone più accessibili, che di solito sono vicine al DEPOT. La domanda di un articolo è variabile nel tempo, dunque si dovrebbero riordinare spesso le UdC per garantire lo stoccaggio ottimale, ma tale attività ha lo svantaggio di essere costosa ed impegnativa (Petersen and Schmenner, 1999; De Koster *et al.*, 2006). In generale, la gestione delle informazioni è molto più critica ed importante per politiche di allocazione basate sulla richiesta del prodotto (Caron *et al.*, 1998).

(vi) *Class-based storage*

Viene chiamato anche *zone storage* in Hsieh and Huang (2011). L'idea di base consiste nel dividere gli articoli in alcune classi (indicate con le lettere A, B, C..., motivo per cui in Rouwenhorst *et al.*, 2000 si parla di *ABC zoning*), assegnando ogni classe di articoli ad una zona del magazzino ed usando una politica di *random storage* all'interno di ogni area. Così facendo, è necessario più spazio rispetto ad uno stoccaggio *random*, ma meno rispetto ad uno *dedicated* (Van den Berg, 1999; Van den Berg and Zijm, 1999; De Koster *et al.*, 2006). Le classi vengono stabilite di solito in base alla domanda di ogni prodotto e spesso ci si limita a 3 classi di articoli. In generale, il *class-based storage* è una politica molto efficiente, come verrà esplicitato meglio nel testo seguente.

Possono esistere relazioni tra i diversi articoli, ad esempio prodotti che vengono spesso comprati in contemporanea e che quindi conviene posizionare vicini tra loro. De Koster *et al.* (2006) evidenziano come, negli OPS manuali, la politica *class-based* sia generalmente peggiore di quella *full-turnover* in termini di tempo di viaggio del picker, anche se è molto più semplice da implementare. Dallari *et al.* (2000) confrontano le prestazioni di uno stoccaggio *random* con un *class-based* nel caso in cui si usi un man-on-board AS/RS, in funzione di vari parametri (forma dell'area di stoccaggio, numero di punti di prelievo e algoritmo di sequenziamento usato). Gli autori osservano che la seconda politica

ha un migliore rendimento, ed il risparmio di tempo è maggiore se la curva ABC delle classi di articoli è più ripida.

Vi sono altri articoli che ottimizzano le politiche di stoccaggio in contemporanea ad altri aspetti del magazzino. In Hsieh and Tsai (2006) vengono svolte molte simulazioni per calcolare gli effetti sull'efficienza di un OPS per diverse combinazioni di politiche di stoccaggio, layout del magazzino (diversi numeri e tipi di corridoi trasversali), routing, densità media di prelievi per corridoio e batching. Per fare questo, viene usato un software specifico (eM-plant), i cui risultati evidenziano l'esistenza di interazioni tra i fattori considerati, in particolare risulta che uno stoccaggio di tipo *class-based* è in grado di migliorare le performance del picking, specie se unito ad un'allocazione che consideri anche le eventuali relazioni tra articoli diversi. Pan and Shih (2008) considerano il ruolo svolto dalla congestione: secondo gli autori, una politica di stoccaggio *random* ha il pregio di distribuire i prelievi in modo più uniforme nell'area di picking, con il vantaggio di ridurre la potenziale congestione tra i vari picker e di aumentarne la produttività rispetto ad un'allocazione articoli fatta in modo *volume-based*.

### C) Logiche di prelievo

Le principali logiche di prelievo usate nei magazzini sono: (i) *single order picking*, (ii) *batch picking*, (iii) *zone picking* (Parikh and Meller, 2008; Rouwenhorst *et al.*, 2000; De Koster *et al.*, 2006; Brynzèr and Johansson, 1995; Hsieh and Tsai, 2005; Petersen, 2000).

#### (i) *single order (o discrete) picking*

Quando gli ordini sono abbastanza grandi, ogni ordine può essere raccolto individualmente (cioè ogni ordine genera una missione di picking) (De Koster *et al.*, 2006; Petersen, 2000). Tale politica è usata in applicazioni in cui gli ordini dei clienti hanno alte variazioni, ed ha il vantaggio di avere un lead time minore rispetto al batch picking (Hou *et al.* 2009) e di mantenere l'integrità dell'ordine (Petersen, 2000).

#### (ii) *batch picking*

Quando gli ordini sono piccoli, si può ridurre il tempo medio di viaggio raccogliendo un insieme di ordini in una singola missione di picking (De Koster *et al.*, 2006; Petersen, 2000; Van den Berg and Zijm, 1999). Il batching si può basare sulla vicinanza degli articoli nell'area di stoccaggio (*proximity batching*) oppure sull'istante di arrivo degli ordini, unendoli se giunti all'interno di una certa "finestra temporale" (*time window batching*): in quest'ultima strategia si

applica spesso un sorting contestuale al prelievo (*sort-while-picking*) (De Koster *et al.*, 2006). Questo approccio fornisce un livello d'accuratezza elevato, è semplice ed è facile da applicare nella pratica.

Per De Koster *et al.* (1999) una difficoltà del batch picking riguarda il modo con cui si determina, in maniera ottimale, quali ordini debbano essere raggruppati insieme in modo tale da minimizzare il tempo totale di viaggio. Chen *et al.* (2005) esaminano il problema generale della costruzione dei batch di ordini per i Ce. Di., e sviluppano una metodologia che automaticamente raggruppa gli ordini, col fine di minimizzare i costi.

(iii) *zone picking*

Come nel batch picking, esistono due tipologie di zone picking: sequenziale (*sequential*) e simultaneo (*simultaneous*) (Parikh and Meller, 2008). In quello sequenziale, chiamato anche progressivo (*progressive*), il primo picker raccoglie gli articoli allocati nella propria zona, dopodiché il carico raccolto e la lista di prelievo vengono passati al picker successivo, il quale continua ad assemblare gli ordini, fino al completamento (Petersen, 2000; De Koster *et al.*, 2006). Poiché viene maneggiato solo un ordine alla volta, lo zone picking sequenziale riduce il tasso di raccolta dei pickers, ma elimina la necessità del sorting a valle del prelievo. Invece, nello zone picking simultaneo, detto anche sincronizzato (*synchronized*), tutti gli articoli che corrispondono al batch di ordini sono raccolti contemporaneamente da tutte le zone, e poi gli ordini sono consolidati attraverso il sorting. Questa politica migliora il tasso di utilizzo dei pickers (l'intero lotto viene raccolto nello stesso momento), ma ha bisogno di un processo di sorting. Nello zone picking esiste dunque un trade-off tra tasso di utilizzo dei pickers e necessità di un sistema di sorting (Parikh and Meller, 2008).

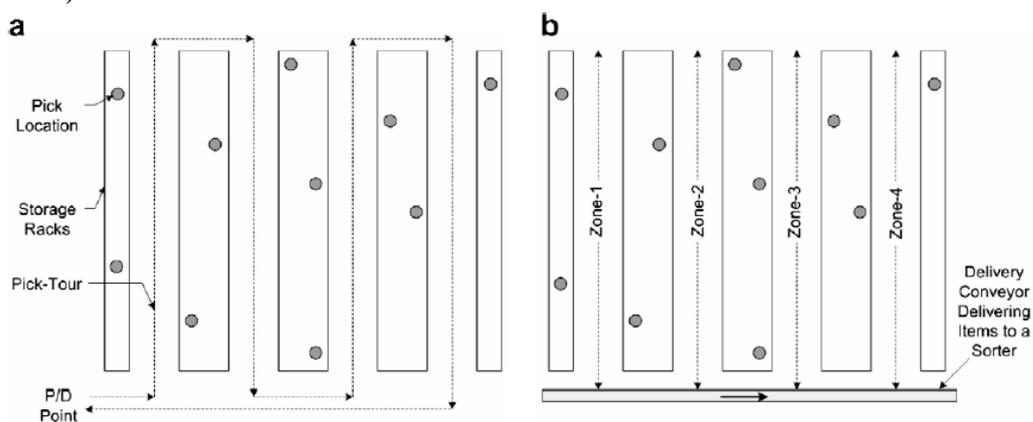


Figura 1.10 – Confronto tra batch (a) e zone picking (b) (Parikh and Meller, 2008)

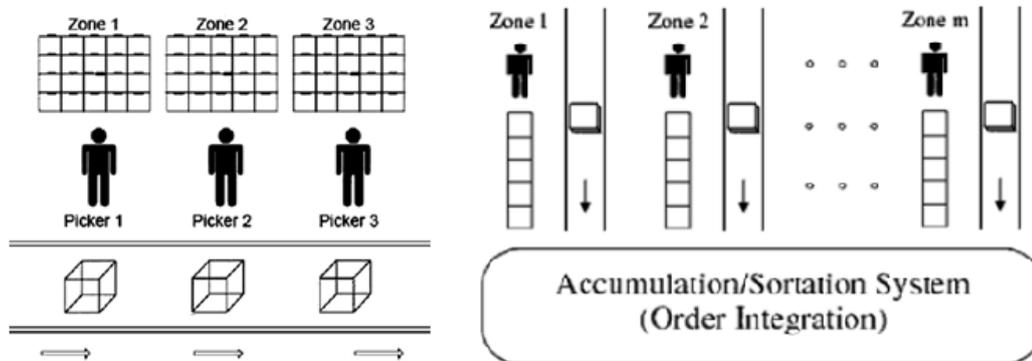


Figura 1.11 – Confronto tra zoning sequenziale (a sinistra) e simultaneo (a destra) (Parikh and Meller, 2008)

I vantaggi principali derivanti dall'utilizzo dello zoning includono il fatto che ogni picker deve viaggiare di meno e solo in una piccola area, riducendo il traffico e la congestione: inoltre i picker acquisiscono maggiore familiarità con gli articoli allocate nelle proprie zone (De Koster *et al.*, 2006). Molte imprese hanno aumentato la loro efficienza nei magazzini usando lo zone picking (Petersen, 2002). Un problema, soprattutto per lo zoning progressivo, è che il carico dei lavori deve essere bilanciato tra i pickers (Petersen, 2000). Il numero di articoli nella lista di picking e le politiche di stoccaggio hanno effetti significativi nella configurazione della zone picking (Petersen, 2002).

(iv) *logiche di prelievo ibride*

Esistono logiche di prelievo che sono sia batch sia zone picking, come il *batch zone picking*. In questa logica, gli ordini sono raggruppati insieme, ed ogni picker raccoglie gli articoli solo nella propria zona, dopodiché li deposita sul nastro trasportatore: il batch successivo inizia solo quando tutti i picker hanno caricato il proprio gruppo di articoli sul nastro. I principali svantaggi del batch zone picking sono la perdita di integrità dell'ordine, il fatto che è necessario un sorting e l'aumento delle possibilità che si verifichino errori da parte dei picker (Petersen, 2000).

Il *wave picking* è un caso particolare di batch zone picking, tipicamente utilizzato con sistemi pick-and-sort: i picker raccolgono grandi batch di ordini basandosi non sul numero di articoli in un ordine, ma su intervalli di tempo che tipicamente variano da trenta minuti a due ore (Petersen, 2000; Petersen, 2002; Van den Berg and Zijm, 1999). Il wave picking richiede un'elevata forza lavoro dei picker (Petersen, 2002; Petersen, 2000). I pickers raccolgono gli articoli nella prima ondata, mentre la seconda comincia solo dopo aver completato la prima: a questo punto, il sorter smista la merce raccolta nella prima ondata, mentre i picker svolgono la seconda. Questo processo continua fino a quando

tutti gli ordini sono stati raccolti e smistati (Petersen, 2000). Inoltre, le ondate di picking dovrebbero essere composte da un alto numero di ordini (es. almeno 20), compatibilmente con la natura degli ordini stessi, in quanto la scelta del numero di ondate ha un grande impatto sui costi del sistema pick-and-sort (Dallari *et al.*, 2008; Marchet *et al.*, 2011).

Lin and Lu (1999) propongono una procedura informatica per determinare la strategia di picking. Il meccanismo è basato in due fasi: nella prima un metodo analitico classifica tutti gli ordini in cinque categorie, mentre nella seconda una simulazione al computer genera l'appropriata strategia di picking, scegliendo tra single order picking, batch e zone. Inoltre un esempio pratico mostra l'implementazione delle procedure fornite. Petersen (2000) ha dimostrato che la scelta della politica di picking può avere grossi effetti sull'efficienza e, quindi, sui costi dell'order picking per un'azienda che riceva ordini per via telematica. Questo studio mostra che il wave picking ed il batch picking hanno un buon rendimento per tutta la gamma di condizioni operative testate, mentre il sequential zone ed il batch zone picking non hanno un buon rendimento, specialmente al crescere del volume di ordini. Infine, Shen *et al.* (2011) forniscono un nuovo metodo di selezione tra zoning sequenziale e simultaneo per un sistema picker-to-parts.

## 1.4 Aree di ricerca da approfondire per il futuro

Nonostante siano stati condotti svariati studi sugli OPS, e diversi aspetti siano stati molto approfonditi, dall'analisi della letteratura è emerso che alcuni temi sono stati finora poco trattati oppure ignorati. Al fine di fornire le linee guida per future ricerche, si elencano i principali gap riscontrati:

- (i) *Mancano studi che esplorano l'interazione tra diversi problemi decisionali*

Pochi autori indirizzano gli studi sulle combinazioni di problemi decisionali, nonostante questo sia necessario, vista l'evidente interdipendenza nel loro impatto sugli obiettivi di order picking (De Koster *et al.*, 2006; Hsieh and Tsai, 2006). Hsieh and Tsai (2006), ad esempio, rilevano che pochi articoli analizzano la progettazione combinata di più aspetti del magazzino, e quindi decidono di sviluppare un modello che consideri la combinazione di diversi fattori: quantità di corridoi trasversali, combinazione degli ordini, pianificazione dell'assegnamento dello stoccaggio e diverse densità di picking nei corridoi. Petersen (1997) nota che nessuno studio analizza l'interazione tra politiche di routing, forma del magazzino, localizzazione del DEPOT e dimensione della lista di picking in funzione di diverse condizioni operative. La maggior parte della letteratura si concentra dunque su uno specifico OPS o su un dato problema di progettazione, mentre manca un approccio sistemico alla progettazione degli OPS (Rouwenhorst *et al.* (2000); Manzini *et al.*, 2005; Dallari *et al.*, 2008; Melacini *et al.*, 2011).

- (ii) *È stata rivolta poca attenzione ai sistemi pick-and-pass e al quadro generale dei pick-and-sort OPS*

Sono stati individuati pochi articoli sui sistemi pick-and-sort, anche se essi sono ampiamente utilizzati nei magazzini (Marchet *et al.*, 2011). In particolare, secondo Marchet *et al.* (2011), il numero ottimale di ondate di picking è un aspetto poco considerato in letteratura, così come l'effetto della sovrapposizione di righe d'ordine. Melacini *et al.* (2011) notano una generale carenza nel quadro di progettazione per i sistemi pick-and-pass, e rilevano che il numero di picker in ogni singola zona (e quindi il loro numero complessivo) sia generalmente considerato come un dato del problema, e non come una variabile da stimare.

- (iii) *La letteratura sulla progettazione dei layout è scarsa*

De Koster *et al.* (2006) evidenziano che la letteratura sulla progettazione dei layout per OPS low-level non è abbondante, quindi gli autori si concentrano su questi aspetti, vale a dire determinare il numero di blocchi dell'area di picking, oltre che calcolare il numero, la lunghezza e la larghezza dei corridoi di ogni

blocco. Inoltre, si rileva che, nonostante le pubblicazioni che riguardano la progettazione dei layout siano limitate, il loro numero si è mostrato in crescita nell'ultimo decennio (Caron *et al.*, 2000b; Petersen, 2002; De Koster *et al.*, 2006).

(iv) *Poche ricerche esplorano l'implementazione dell'automazione nei magazzini*

Esistono poche ricerche che esplorano l'implementazione dell'automazione nei magazzini, anche se i costi di realizzazione degli impianti automatici sono estremamente elevati (Baker and Halim, 2007); da sottolineare è il graduale aumento delle spese per l'automazione nei magazzini in Europa (Baker and Halim, 2007) e delle vendite di attrezzature automatizzate (Baker and Canessa, 2007): ciò indirizza future ricerche su questo argomento.

(v) *Lo studio della sostenibilità ambientale nei magazzini è ancora limitato*

Nonostante il tema della sostenibilità ambientale (ed in particolare del consumo energetico) sia di forte interesse sia all'interno della comunità scientifica che nella realtà industriale, all'interno dei magazzini di nuova costruzione ha finora ricevuto poca attenzione dalla letteratura. Inoltre, tale argomento è stato ancor più trascurato per quanto riguarda i depositi esistenti (Dhooma and Baker, 2009). Mancano poi strumenti e metodologie condivise volti a quantificare i costi ed i benefici delle singole iniziative nell'ambito della sostenibilità ambientali (Rizzo, 2006). Infine, occorre indagare le motivazioni all'adozione che spingono le aziende ad implementare soluzioni 'green' all'interno dei propri depositi (Dukic *et al.*, 2010). Sono importanti ulteriori ricerche su questo tema, in particolar modo per capire e quindi migliorare il consumo energetico dei magazzini esistenti nel medio-lungo termine (Dhooma and Baker, 2009).

## **CAPITOLO 2 – Metodologia seguita durante l’analisi empirica**

### **2.1 Introduzione**

In questo capitolo si descrive come sia stata svolta l’analisi empirica dei casi di studio esaminati nel presente lavoro. Attraverso interviste *ad hoc* realizzate con diverse aziende, è stato possibile costruire una panoramica del material handling svolto nel settore logistico-industriale, raccogliendo numerosi dati qualitativi e quantitativi, i quali sono stati poi inseriti in un foglio Excel, costruito in modo da poter elaborare tali dati per trarne i risultati presentati nei capitoli successivi di questo lavoro. In questo lavoro verrà svolta un’accurata analisi basata sui casi di studio realizzati tramite interviste alle aziende. Riguardo al presente capitolo, saranno innanzitutto presentate le caratteristiche degli articoli analizzati (2.2) e le caratteristiche e la procedura di compilazione della tabella Excel (2.3). Infine, si presenterà la metodologia di esposizione dei risultati ottenuti dall’analisi empirica (2.4).

### **2.2 Caratteristiche dei casi di studio esaminati**

Allo scopo di fornire una panoramica consistente dei sistemi di material handling e di picking adottati all’interno del territorio nazionale, sono stati considerati 40 stabilimenti localizzati in Italia: si tratta di magazzini appartenenti ad aziende italiane, oppure multinazionali operanti in Italia con almeno uno stabilimento. Il campione esaminato comprende volutamente società molto diverse tra loro per fatturato, settore merceologico, numero di dipendenti, quantità di referenze a catalogo, ampiezza del territorio servito e livello di automazione: tutte le aziende sono però accomunate dal fatto di avere riorganizzato la propria catena logistica in tempi recenti (tra il 1999 ed il 2011) per migliorare la gestione dei flussi materiali ed informativi, allo scopo di progredire in termini di efficacia ed efficienza, così da vincere le sfide di competitività imposte dal mercato. Le soluzioni adottate costituiscono il centro di interesse di questo lavoro: tali sistemi sono stati dunque studiati in profondità, in modo da ricavarne il maggior numero possibile di dati (numerici e non).

I casi di studio sono stati ottenuti grazie ad interviste con le aziende: tali casi sono inoltre oggetto di pubblicazione in diversi articoli sulle riviste specializzate “Logistica” e “Euromerci”. I casi di studio esaminati sono recenti: infatti, gli articoli correlati sono stati pubblicati tra il 2007 ed il 2011, in modo tale da fornire una visione il più possibile attendibile ed aggiornata del panorama logistico attuale. I riferimenti bibliografici sono forniti nell’Allegato B, allo scopo di relazionare ogni caso di studio con i testi che lo riguardano.

## 2.3 Foglio di lavoro Excel usato per elaborare i dati estrapolati dai casi di studio

Il principale strumento di raccolta e riordino dei dati è un foglio di lavoro Excel, strutturato in modo da risultare il più flessibile possibile durante l'uso. In particolare, le informazioni sono state raggruppate in quattro macro-sezioni: "Generalità azienda", "Generalità magazzino", "Soluzioni di Material Handling in uso" e "Riferimenti articolo". La prima famiglia di valori identifica la ditta analizzata e fornisce una prima indicazione sulle dimensioni dell'azienda, in termini di fatturato e numero di dipendenti. Il secondo gruppo comprende le caratteristiche aggregate dell'impianto, come i flussi di merce processati, l'origine e la destinazione dei prodotti gestiti e le caratteristiche tecniche dello stabilimento. Nella terza sezione si studiano le soluzioni effettivamente implementate all'interno del magazzino: dopo una prima analisi generale dei sistemi, essi vengono disaggregati in base alle funzioni che svolgono nella catena logistica dell'impianto (picking, stoccaggio, movimentazione, spedizione, identificazione merci e scambio dati), spiegando le motivazioni dell'adozione dei nuovi impianti ed evidenziando i principali benefici riscontrati. Nella quarta parte, infine, si raccolgono le informazioni che permettono di identificare in modo univoco le pubblicazioni utilizzate.

Allo scopo di trattare i dati nel modo più opportuno, le celle relative ad ogni sezione sono state compilate secondo diverse logiche. Per dati puramente numerici (es. la superficie o l'altezza utile del deposito), si è inserito il valore della specifica richiesta. Diverse celle sono state compilate con logica binaria, inserendo o meno il carattere "x" in presenza o in mancanza di una certa caratteristica, ad esempio per il tipo di prodotti gestiti (materie prime, semilavorati o prodotti finiti). Nel caso di valori non numerici, ma limitati ad un certo dominio di possibili casi (es. il tipo di magazzino, la natura della struttura civile), si è inserito il valore opportuno. In questi tre casi si è cercato di operare, compatibilmente con la natura dei dati disponibili, in modo da disporre di dati il più possibile omogenei e quantitativi, così da sfruttare il software per impostare filtri, grafici e tabelle pivot.

Negli altri casi, invece, si è inclusa una spiegazione discorsiva del dato richiesto: questo è stato fatto, in particolare, se il dato non era descrivibile in uno dei metodi sopra descritti (es. stagionalità delle vendite) oppure per colonne utili a dettagliare un valore numerico (es. superficie del magazzino). Altre celle di testo, infine, sono state pensate in modo da costituire un breve riassunto di alcuni punti degli articoli, quelli più significativi, così da non doverli riconsultare e poter lavorare con maggiore rapidità. Varie celle sono state compilate con testo pur trattandosi di elementi in teoria puramente numerici, ma quasi mai disponibili in modo uniforme, soprattutto a livello di unità di misura

(es. i flussi in ingresso/uscita dal magazzino). Inoltre, nel caso in cui gli elementi non fossero disponibili in nessuna forma, nella cella si è riportata la dicitura "n.d.". Infine, le colonne di dettaglio, in assenza di particolari specifiche, sono state semplicemente lasciate vuote. La tabella viene presentata nell'Allegato C, spiegando anche le logiche seguite nella compilazione delle singole celle.

## 2.4 Single-case e cross-case analysis

Dopo l'accurata analisi dei casi di studio, la compilazione della tabella Excel e la sua analisi, si è passati alla fase successiva (Capitolo 3), cioè la presentazione dei casi di studio esaminati. Dapprima è stata realizzata un'analisi specifica per ciascuna delle aziende (*single-case analysis*) elencando il nome della società, la tipologia di attività volte nello stabilimento esaminato, il settore merceologico di appartenenza, il fatturato, il numero di dipendenti impiegati, la funzione del magazzino all'interno della supply chain, l'origine della merce in ingresso, la destinazione di quella in uscita ed i sistemi di picking adottati.

Successivamente, si è proceduto con un'analisi aggregata delle aziende in base ai diversi settori merceologici. Nello svolgimento di questa analisi, si è tenuta in considerazione la categorizzazione ATECO, creata da ISTAT sulla base della NACE (dal francese *Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne*) promossa dall'EUROSTAT: tale categorizzazione è stata creata allo scopo di uniformare le descrizioni delle attività svolte dai diversi soggetti (aziende o enti pubblici), così da renderli confrontabili a livello statistico. Nello svolgimento dell'analisi si sono aggregate le aziende appartenenti alla medesima categoria ATECO, oppure a categorie strettamente correlate. Inoltre, sono state raggruppate anche altre società, qualora si riscontrasse una sostanziale uguaglianza (o comunque una forte somiglianza) tra le caratteristiche distintive dell'azienda, quali i sistemi di material handling utilizzati e le caratteristiche di prodotto e di mercato.

Infine, nel Capitolo 4, si discuteranno i risultati globali dell'analisi empirica, i quali verranno esposti e sviluppati, per ragioni di chiarezza espositiva, attraverso messaggi-chiave denominati *Proposition*, le quali sono state desunte dal confronto dei casi di studio esaminati (*cross-case analysis*) e dalla comparazione con l'analisi della letteratura scientifica esistente.



## **CAPITOLO 3 – Analisi empirica: panoramica dei casi di studio esaminati**

### **3.1 Introduzione**

In questo capitolo si presenta una panoramica dei 40 casi di studio esaminati (*single-case analysis*). Inizialmente, si fornisce un inquadramento delle aziende considerate (3.2). Successivamente, si svilupperà un'analisi delle diverse realtà aziendali incontrate, aggregandole in base al settore merceologico di appartenenza, considerando quindi il settore farmaceutico (3.2.2), il settore alimentare (3.4), il settore dell'abbigliamento (3.5), il settore della componentistica, delle attrezzature/forniture industriali e dei macchinari (3.6), il settore dell'elettronica di consumo (3.7) e, infine, gli altri settori merceologici (3.8). In quest'ultimo paragrafo, si fornirà una descrizione generale delle rimanenti aziende e dei loro settori merceologici di appartenenza.

### **3.2 Messa a fuoco delle società analizzate nei casi di studio**

#### **3.2.1 Caratteristiche generali delle aziende**

Come già anticipato nel Capitolo 2, sono stati analizzati 40 casi di studio appartenenti a diversi settori merceologici, scegliendo stabilimenti ubicati in Italia. In Tabella 3.1 si presenta una prima panoramica dei casi di studio (*single-case analysis*) proponendo alcune caratteristiche generali dell'azienda, come la tipologia dello stabilimento esaminato, il settore merceologico e la categorizzazione ATECO di appartenenza, il fatturato ed il numero di dipendenti dell'azienda, la funzione del magazzino all'interno della supply chain aziendale, l'origine della merce in ingresso e la destinazione di quella in uscita e, infine, i sistemi di picking adottati.

Azienda	Tipologia stabilimento			Settore Merceologico (categoria ATECO)	Fatturato complessivo (singolo stabilimento) [M€]	Numero dipendenti complessivo (singolo stabilimento)	Funzione del magazzino nella supply chain ***	Origine merce in ingresso			Destinazione merce in uscita			Sistemi picking utilizzati				
	Produttore	Distributore	Operatore logistico					Italia	Europa	Internazionale	Italia	Europa	Internazionale	Picker-to-parts	Pick-to-box	Pick-and-sort	Parts-to-picker	Automated picking
Ambrovit S.r.l.		x		Componentistica, attrezzature e forniture industriale e dei macchinari: Viteria (467410 Commercio all'ingrosso di articoli in ferro e in altri metalli)	11 (n.d.)*	n.d. (21)*	MD (DC)		x	x	x	x		x			x	
Avon Products, Inc.		x		Cosmetico (204200 Fabbricazione di prodotti per toletta: profumi, cosmetici, saponi e simili)	7.230 (n.d.)**	n.d. (n.d.)	MD (DP)		x	x	n.d.				x			

Azienda medical e-odontotecnica (n.d.)	x	x		Componentistica, attrezzature e forniture industriali e dei macchinari (325010) Fabbricazione di mobili per uso medico, apparecchi medicali per diagnosi, di materiale medico-chirurgico e veterinario, di apparecchi e strumenti per odontoiatria)	19 (19)*	31 (31)*	MD (DC) MF	x			x	x	x				x	
BSL S.p.A. (recentemente inglobata da Geodis)			x	Abbigliamento (522922 Servizi logistici relativi alla distribuzione delle merci)	7.400 (n.d.)*	46.000 (n.d.)*	MD	x		x	x	n.d.		x				
C.D. Verte S.p.A.		x		Videogiochi ed accessori (479110) Commercio al dettaglio di qualsiasi tipo di prodotto effettuato via internet)	32 (n.d.)*	39 (n.d.)*	MD (DC)	n.d.			n.d.							x

CAPITOLO 3

Caleffi S.p.A.	x			Componentistica, attrezzature e forniture industriale e dei macchinari: Impianti di riscaldamento, condizionamento e idrosanitari (281400 Fabbricazione di altri rubinetti e valvole)	248 (n.d.)*	1.015 (n.d.)*	MD (DC) MF	x	n.d.	x	x	x					x	
Cef (Cooperativa Esercenti Farmaci a srl)		x		Farmaceutico (464600 Commercio all'ingrosso di prodotti farmaceutici)	452 (n.d.)*	335 (n.d.)*	MD (DC)	n.d.			n.d.				x			x
Ceva Logistics			x	Abbigliamento (522922 Servizi logistici relativi alla distribuzione delle merci)	6.800 (n.d.)*	50.000 (120)*	MD	x		x	x	x		x				
			x	Editoria (522922 Servizi logistici relativi alla distribuzione delle merci)	6.800 (n.d.)*	50.000 (200)*	MD	x	n.d.	x	n.d.		x	x				

Comet S.p.A.		x		Elettronica di consumo (464310 Commercio all'ingrosso di elettrodomestici, di elettronica di consumo audio e video)	629 (n.d.)**	1.871 (40)**	MD (DC)	x	x	x	x			x			
Decathlon S.r.l. (fa parte di OxyLane-group srl)		x		Abbigliamento ed Articoli sportivi (476400 Commercio al dettaglio di articoli sportivi in esercizi specializzati)	6.000 (n.d.)*	n.d. (n.d.)	MD (DC, CD)		x		x			x		x	
Eral S.r.l. (fa parte del gruppo Linea Light s.r.l.)	x	x		Componentistica, attrezzature e forniture industriale e dei macchinari: Articoli per illuminazione (259999) Fabbricazione di altri articoli metallici e minuteria metallica (nca)	52 (n.d.)*	97 (n.d.)*	MD (DC) MF	n.d.			n.d.			x			x
EuroSpin Italia S.p.A.		x		Alimentare (701000 Attività delle holding impegnate nelle attività gestionali)	2.502 (n.d.)**	4.094 (n.d.)*	MD (DC)	n.d.			x	x		x			

Fincom a S.r.l.		x		Componentistica, attrezzature e forniture industriale e dei macchinari: Cuscinetti a sfera e supporti autoallineanti (466999 Commercio all'ingrosso di altre macchine ed attrezzature per l'industria, il commercio e la navigazione nca)	10 (n.d.)*	12 (12)*	MD (DC)	x	x	x	x	x					x	
Fonderi a Boccacci S.p.A.	x			Siderurgico (245100 Fusione di ghisa e produzione di tubi e raccordi in ghisa)	20 (n.d.)*	87 (n.d.)*	MF	n.d.			n.d.							x
GameSt op Corpora tion		x		Videogiochi ed accessori (476500 Commercio al dettaglio di giochi e giocattoli)	6.540 (n.d.)**	17.000 (n.d.)* *	MD (DP)	n.d.			x			x	x			
Giacomi ni S.p.A.	x			Prodotti per l'idraulica (281400 Fabbricazione di altri rubinetti e valvole)	135,4 (n.d.)*	781 (n.d.)*	MF	n.d.			n.d.							x
Granaro lo S.p.A.	x			Alimentare (463310 Commercio all'ingrosso di prodotti lattiero- caseari e di uova)	884 (n.d.)*	1.764 (n.d.)*	MF	x			x							x

Grandi Molini Italiani (Coriano o Veronesi)	x	x		Alimentare (106100 Lavorazione delle granaglie)	268 (n.d.)*	248 (28)*	MD (DC, CD) MF	x	x	x	x	x	x				x	
Grandi Molini Italiani (Porto Marghera)	x			Alimentare (106100 Lavorazione delle granaglie)	268 (n.d.)*	248 (45)*	MF	x	x	x	x	x	x				x	
Künzi S.p.A.		x		Articoli per la vita all'aria aperta e il tempo libero (464440 Commercio all'ingrosso di coltelleria, posateria e pentolame)	10 (10)*	35 (35)*	MD (DC, CD)	x	x	x	x	n.d.		x			x	
MGM Mondo del Vino S.r.l.	x			Alimentare (749010 Consulenza agraria)	48 (43)*	97 (78)*	MD (DC) MF	x	x	x	x	x	x				x	
Neologica S.r.l.			x	Farmaceutico, chimico e cosmetico (521010 Magazzini di custodia e deposito per conto terzi)	11 (n.d.)*	145 (n.d.)*	MD	x	x	x	x			x			x	

CAPITOLO 3

Norbert Dentre sangle			x	Abbigliamento (494100 Trasporto di merci su strada)	2.719 (n.d.)*	26.450 (n.d.)*	MD			x	x			x		x	x		
Novartis Vaccines and Diagnostics S.r.l.	x			Biotechnologie (212009 Fabbricazione di medicinali ed altri preparati farmaceutici)	702 (n.d.)**	2.616 (n.d.)*	MF	n.d.			n.d.						x		
Novelli S.p.A.	x			Lavorazione del vetro per box doccia (259919 Fabbricazione di stoviglie, pentolame, vasellame, attrezzi da cucina e altri accessori casalinghi non elettrici, articoli metallici per l'arredamento di stanze da bagno)	183 (n.d.)**	643 (n.d.)*	MD (DC) MF	n.d.			x						x	x	
Oleifici o Zucchi S.p.A.	x			Alimentare: Oli vegetali (104000 Produzione di oli e grassi vegetali e animali)	113 (n.d.)*	108 (n.d.)*	MD (DC) MF	x	x	x	n.d.			x					
Panifici o San Francesco	x			Alimentare: Pane surgelato (107110 Produzione di prodotti di panetteria freschi)	11 (11)*	22 (22)*	MF	x			x							x	

Perfetti van Melle S.p.A.		x		Alimentare: Caramelle e gomma da masticare (103900 Lavorazione e conservazione di frutta e di ortaggi)	2.079 (n.d.)**	13.143 (n.d.)* *	MD (DC)	x	x	x	x	x	x				x		
Piquadro S.p.A.		x		Accessori di pelletteria (151209 Fabbricazione di altri articoli da viaggio, borse e simili, pelletteria e selleria)	52 (n.d.)*	537 (n.d.)*	MD (DC)	x			x	x	x	x				x	
Polo S.p.A.		x		Alimentare (463910 Commercio all'ingrosso non specializzato di prodotti surgelati)	38	78 (78)*	MD (DC)	n.d.			x							x	x
Rancilio S.p.A.	x			Componentistica, attrezzature e forniture industriale e dei macchinari: Macchine da caffè (289000 Fabbricazione di altre macchine per impieghi speciali)	51 (n.d.)*	220	MD (DC) MF	n.d.			x	x	x	x					x
Safar società cooperativa Arl.		x		Farmaceutico e parafarmaceutico (829999 Altri servizi di supporto alle imprese nca)	176 (n.d.)*	89 (n.d.)*	MD (DC)	x	x	x	x					x			x

CAPITOLO 3

SGM Distribuzione S.r.l. (fa parte del gruppo Expert International)		x		Elettronica di consumo (464310 Commercio all'ingrosso di elettrodomestici, di elettronica di consumo audio e video)	16.000 (n.d.)*	n.d. (65 circa)**	MD (DC)	x	x	x	x			x			
Sirman S.p.A.	x	x		Componentistica, attrezzature e forniture industriale e dei macchinari: Macchine per la ristorazione e la lavorazione delle carni (289300 Fabbricazione di macchine per l'industria alimentare, delle bevande e del tabacco)	25 (n.d.)**	180 (n.d.)*	MD (DC) MF	x			x	x	x				x
SIT S.p.A.		x		Componentistica, attrezzature e forniture industriale e dei macchinari (282000 Fabbricazione di altre macchine di impiego generale)	95 (n.d.)*	640 (n.d.)*	MD (DC, CD)	n.d.			x	x		x			x

Thun S.p.A.		x		Ceramica (234100 Fabbricazione di prodotti in ceramica per usi domestici e ornamentali)	115 (n.d.)*	216 (n.d.)*	MD (DC)	x	n.d.	x	n.d.					x		
Trasporti Lanzi S.r.l.			x	Trasporto di prodotti pesanti (494100 Trasporto di merci su strada)	5 (5)*	n.d. (n.d.)	MD		x				x					
Unico S.p.A.		x		Farmaceutico (464600 Commercio all'ingrosso di prodotti farmaceutici)	1.095 (n.d.)**	700 (100)*	MD (DC)	n.d.			x			x	x			x
Unifarm S.p.A.		x		Farmaceutico (464610 Commercio all'ingrosso di medicinali)	330 (n.d.)**	488 (n.d.)*	MD (DC)	n.d.			n.d.			x	x			x

\*: L'anno di riferimento è il 2010

\*\* : L'anno di riferimento è il 2009

\*\*\*: Le sigle utilizzate sono le seguenti: MD = Magazzino Distributivo; DC = Deposito Centrale; DP = Deposito Periferico; CD = Cross-Docking; MF = Magazzino di Fabbrica

**Tabella 3.1 – Aziende analizzate**

Si è volutamente selezionato un campione di indagine tale da includere aziende molto diverse per numero di dipendenti (si va da poche unità ad alcune migliaia), fatturato (da 5 milioni di euro a 10 miliardi di dollari), numero di referenze gestite (da 5 fino a 80.000), dimensioni del territorio servito (da realtà regionali a società multinazionali) e livello di automazione ed informatizzazione (da soluzioni completamente manuali a magazzini che non richiedono personale). Come già ricordato, tutte le aziende sono però accomunate dal fatto di avere riorganizzato la propria catena logistica negli ultimi anni (tra il 1999 ed il 2011), così da migliorare la gestione dei flussi materiali ed informativi.

In particolare, sono state scelte realtà appartenenti a settori merceologici differenti, con prodotti estremamente eterogenei a livello di peso e volume: ad un estremo si trovano i farmaci ed alcuni piccoli articoli di componentistica meccanica, dove i prodotti possono pesare pochi grammi, mentre nel settore siderurgico pesante (*Trasporti Lanzi*) ogni pezzo può pesare anche 20 tonnellate; inoltre, anche la densità della merce può variare molto, si va dai 140 kg/m<sup>3</sup> del *Panificio San Francesco*, ai quasi 8.000 kg/m<sup>3</sup> dei prodotti in acciaio. A fronte delle specifiche caratteristiche dei prodotti gestiti, anche le conseguenti necessità di stoccaggio e movimentazione sono molto diverse, ad esempio riguardo alla temperatura di conservazione (i surgelati sono conservati a -20°C, mentre l'olio vegetale richiede che il magazzino venga riscaldato di notte); è poi importante la solidità degli articoli, che possono spaziare da codici delicatissimi (vetro e ceramica) a articoli molto robusti (farmaci, prodotti siderurgici). Infine, anche la durevolezza dei prodotti è molto variabile, in termini di deperibilità oppure di obsolescenza: riferendosi al primo aspetto, i prodotti possono durare pochi giorni (es. yogurt, *Granarolo*), 12 mesi (es. surgelati, *Panificio San Francesco*) oppure possono essere anche più longevi (es. componentistica meccanica, *SIT*); riguardo al secondo tema, i prodotti si deprezzano in modo molto diverso, esistono beni che si svalutano rapidamente, come i computer (*Comet*), ed articoli che quasi non perdono valore, ad esempio il settore dell'editoria (*Ceva*). La selezione del campione è stata effettuata anche con lo scopo di includere nell'analisi esempi particolarmente interessanti di automazione del magazzino.

È da rilevare che molte delle società analizzate gestiscono un catalogo di prodotti con esigenze molto diverse tra loro e, quindi, devono attrezzarsi con sistemi sufficientemente flessibili da sopperire a queste differenze (es. *Neologistica* può gestire indifferentemente pallet, colli e pezzi), oppure devono dotarsi di più sistemi, uno per ogni categoria di prodotti, come viene fatto dalla maggior parte delle aziende: un esempio è il settore farmaceutico, in cui i prodotti sono estremamente variabili in termini di peso, volume, solidità, rotazione e conservabilità.

Tutte queste differenze di prodotto e di mercato rendono impossibile uno studio aggregato delle aziende trattate, dunque nei paragrafi successivi si procederà analizzando i casi disaggregandoli nei seguenti settori merceologici:

1. farmaceutico;
2. alimentare;
3. abbigliamento;
4. componentistica, attrezzature e forniture industriali;
5. elettronica di consumo;
6. altri settori merceologici.

Durante l'analisi dei diversi settori merceologici si nota che proprio le caratteristiche del prodotto e del mercato rivestono un ruolo rilevante nella scelta degli apparati di material handling di cui dotarsi, al fine di mantenere un'alta competitività sul mercato.

### **3.2.2 Motivazioni e benefici della riprogettazione dei sistemi di material handling**

Esaminando i diversi casi di studio, sono emersi i motivi che hanno spinto le aziende ad intraprendere questo processo di riprogettazione, cause che sono raggruppabili in tre motivazioni principali. In primis vi è la riduzione dei costi di esercizio (le diverse aziende desiderano aumentare i propri profitti diminuendo i costi operativi della attività, migliorandone l'efficienza).

Una seconda motivazione è legata al miglioramento del livello di servizio offerto ai clienti. Più precisamente, essa consiste in un duplice obiettivo: gli ordini devono essere evasi rapidamente, così da garantire il minor *lead time* possibile, e devono essere completati correttamente in termini di articoli e quantità consegnate rispetto a quanto richiesto e concordato. Questo aspetto rientra in un tema più ampio, quello della crescente competitività del mercato.

Infine, si è rilevata la necessità di un miglioramento della qualità "interna", attivando cioè sistemi di material handling più adeguati alle necessità dettate dai prodotti e dal mercato. Fra questi obiettivi figurano: il controllo e tracciabilità del flusso materiale ed informativo, il miglioramento della flessibilità operativa, l'incremento del numero di referenze, l'aumento dei volumi e delle giacenze che l'azienda deve gestire e, infine, il miglioramento delle condizioni di lavoro dei dipendenti.

Riferendosi alle cause espresse dalle singole aziende, si elencano nella Tabella 3.2 i motivi che le hanno spinte a rinnovare i processi di material handling.

	<b>Efficienza</b>	<b>Efficacia</b>		<b>Migliore “qualità interna”</b>				
<b>Nome azienda</b>	Riduzione costi	Riduzione lead-time	Aumento accuratezza	Migliore controllo, misurabilità e tracciabilità	Aumentare flessibilità operativa	Incremento delle referenze da gestire	Incremento flussi e giacenze da gestire	Miglioramento condizioni di lavoro
Ambrovit	x	x		x			x	
Avon	x				x			
n.d. (Azienda medicale-odontotecnica)				x		x		
BSL					x			
C.D. Verte	x	x	x					
Caleffi	x	x	x	x	x		x	
Cef		x	x				x	
Ceva (abbigliamento)		x		x	x			
Ceva (editoria)	x	x	x					
Comet		x	x	x		x	x	
Decathlon		x						
Eral		x						
EuroSpin		x		x				
Fincoma		x	x	x			x	

Fonderia Boccacci			x	x	
GameStop		x	x		x
Giacomini			x	x	x
Granarolo			x	x	
GMI (Coriano Veronese)	x	x	x		
GMI (Porto Marghera)	x	x	x		
Künzi	x	x		x	x
MGM			x		x x
Neologistica		x	x	x	
Norbert Dentressangle			x	x	
Novartis	x				x
Novellini	x			x	x
Oleificio Zucchi	x				
Panificio San Francesco	x			x	x
Perfetti van Melle		x	x		
Piquadro			x		x
Polo	x		x		x

Rancilio			x	x	x
Safar		x		x	x
SGM	x				
Sirman		x			x
SIT	x	x		x	
Thun	x	x	x	x	x
Trasporti Lanzi	x	x	x	x	
Unico	x			x	
Unifarm		x	x		

**Tabella 3.2 – Obiettivi della riprogettazione degli OPS**

È poi da notare che diverse aziende, nel momento in cui decidono di operare una forte riorganizzazione della supply chain, scelgono anche di perseguire altri obiettivi, pur non essendo vincolate da specifiche leggi: ad esempio, diverse realtà si impegnano per ridurre l'impatto ambientale dello stabilimento (attuando politiche di green logistics oppure limitando l'impatto visivo degli edifici). Altre aziende, invece, ricercano un ritorno d'immagine implementando soluzioni automatizzate particolarmente all'avanguardia rispetto ai competitors, oppure progettando le proprie sedi nel modo esteticamente più gradevole e posizionandole in siti da cui possano essere viste dal maggior numero possibile di persone, ad esempio in prossimità delle maggiori autostrade.

A valle di queste considerazioni, si può affermare che, dall'analisi dei casi di studio, tutte le aziende hanno riscontrato miglioramenti delle loro attività in linea con quanto richiesto ai nuovi sistemi e preventivato dal processo di riorganizzazione: fa eccezione per una sola azienda, *Rancilio*, che non aveva ancora concluso la fase di start-up al momento della redazione dell'intervista.

### 3.3 Settore farmaceutico/medicale

Tra le aziende analizzate, il settore farmaceutico/medicale è uno dei più presenti e studiati, infatti ben quattro società sono distributori farmaceutici e parafarmaceutici, cioè *Unifarm*, *Cef*, *Safar* ed *Unico*. Vi sono poi due realtà per cui il farmaceutico costituisce una parte del business e/o che sono attive in settori connessi ad esso, come il chimico ed il cosmetico: si tratta di *Neologistica* (operatore logistico per i settori farmaceutico, parafarmaceutico, chimico e cosmetico) e *Novartis* (ricerca, sviluppo e produzione di vaccini).

In Italia, la distribuzione farmaceutica è ancora abbastanza frammentata tra numerosi attori, ma negli ultimi anni si è vista una tendenza ad ingrandirsi, in modo da raggiungere la massa critica che permette di rimanere sul mercato in modo competitivo. Questa propensione si è realizzata principalmente tramite acquisizioni e fusioni aziendali (*Unico*) oppure costituendo cooperative (*Safar*). A livello logistico, tale orientamento si attua principalmente tramite una decisa riorganizzazione degli impianti, come è stato fatto ad esempio da *Cef*: la sua struttura distributiva si basava su due centri di distribuzione, ma questa configurazione (caratterizzata da tecnologie superate e molto basate sul manuale) limitava le capacità di stoccaggio e movimentazione, dunque si è scelto di riunire i processi in una sola delle due sedi, ampliandola e modernizzandone le attrezzature. In modo simile, *Unico* ha scelto di concentrare le attività in poche piattaforme logistiche costruite secondo il medesimo standard, realizzando notevoli economie di scala in fase sia operativa, sia progettuale.

Il settore farmaceutico è poi caratterizzato da diversi vincoli legislativi e di mercato che impongono alcune condizioni stringenti all'attività distributiva. Innanzitutto, il prezzo di vendita dei farmaci etici, in Italia, viene regolamentato dallo Stato. Questo aspetto incide notevolmente su questo settore, visto che il prezzo non può più essere pensato come una leva di mercato: diventa dunque fondamentale ridurre i costi di erogazione del servizio, rendendo dunque le attività logistiche ancora più importanti all'interno del settore farmaceutico. Questo settore, inoltre, prevede degli elevatissimi requisiti sull'accuratezza e sulla puntualità delle consegne alle farmacie, che devono essere svolte anche quattro volte al giorno, rispettando brevissimi lead time (non più di due o tre ore) per ordini molto piccoli, numerosi e variabili: ad esempio, l'ordine medio ricevuto da *Unifarm* è costituito da circa 40 righe d'ordine e 3,5 pezzi a riga.

È dunque evidente l'estrema complessità che caratterizza il comparto, soprattutto considerando che, per legge, un distributore farmaceutico deve essere attivo almeno 310 giorni all'anno e deve avere disponibili tutti i farmaci presenti in commercio, aspetto molto critico, in quanto il numero di referenze è molto

elevato (nei casi studiati, si va dalle 32.000 di *Unifarm* alle 65.000 di *Unico*), e negli ultimi anni tale valore è cresciuto a causa dell'aumento dei prodotti parafarmaceutici (es. alimenti per celiaci), dei farmaci "equivalenti" (un singolo farmaco può essere sostituito da molti codici diversi a causa della scadenza del brevetto) e dei prodotti omeopatici. Tutto questo ha provocato un importante aumento dei flussi movimentati e dei volumi stoccati. Un'ulteriore criticità deriva dai farmaci stessi, che possono essere molto variabili dal punto di vista logistico in termini di rotazione, esigenze di stoccaggio (es. prodotti refrigerati), normative, robustezza e dimensioni. I farmaci hanno poi un elevato valore specifico e quindi sono ad alto rischio di furto, in particolare quei codici che possono avere un uso stupefacente oppure dopante.

Per quanto riguarda gli apparati di material handling di cui sono dotati i distributori farmaceutici, si nota la tendenza delle aziende di replicare soluzioni tecnologiche che hanno dimostrato di essere efficaci. Infatti, nei casi di studio esaminati, l'organizzazione delle attività di picking dei distributori farmaceutici è estremamente simile. Tali aziende possiedono una struttura comune costituita da tre categorie, ciascuna di solito prelevata in una specifica zona con diversi OPS:

1. sistemi di picking automatico (tipicamente impiegato per gli articoli a maggiore rotazione);
2. sistemi pick-to-box (codici a media rotazione);
3. sistemi picker-to-parts o pick-to-box (codici a minore rotazione).

Questa struttura è adottata dalle società considerando il trade-off tra il costo delle soluzioni implementate e le prestazioni ottenute dai sistemi nel rispetto dei vincoli dimensionali, delle esigenze di prelievo e movimentazione dei prodotti. La suddivisione delle aree e dei sistemi di picking in uso deriva da un'opportuna segmentazione dei prodotti in catalogo, come si può notare nell'esempio (*Unifarm*) di Tabella 3.3:

Tipo di prodotti	Logiche di picking	Dispositivi in uso
“Standard” alto rotanti	Automated Picking	Dispenser A-frame
“Standard” medio rotanti “Ingombranti”	Pick-to-box	Canali a gravità
“Standard” basso rotanti “Fragili”		Scaffali
“Voluminosi”	Picker-to-parts	Scaffalature porta pallet Carrelli commissionatori
“Da frigorifero”		Celle frigorifere
“Stupefacenti”		Zone ad accesso controllato

**Tabella 3.3 – Esempio (*Unifarm*) di segmentazione dei prodotti**

Le diverse aree di picking sono connesse da un nastro trasportatore che muove i colli-clienti attraverso il magazzino, allestendo porzioni di ordine man mano che passa per ogni zona, con ogni scatola che corrisponde ad un ordine oppure ad una parte di esso.

I dispenser A-frame hanno un altissimo costo di attivazione, dunque sono convenienti solo per i prodotti ad alta rotazione, tali per cui si possano avere notevoli risparmi sui costi operativi. I dispenser svolgono la maggior parte dei prelievi, indicativamente i tre quarti del flusso in uscita dal magazzino, nonostante gestiscano solo pochi codici: nel caso di *Unico*, ad esempio, i dispenser ospitano 2.200 articoli su 65.000 (il 3,4% del totale), ma processano fino al 77% del flusso in volume. Appare evidente una relazione di tipo paretiano estremamente ripida, che si riscontra anche nell'utilizzo delle superfici: in *Cef*, ad esempio, i dispenser occupano il 16% dell'area totale. Vista la grande importanza di questi articoli nel costruire il fatturato, è fondamentale che i dispenser siano estremamente affidabili: ad esempio, ogni canale dei dispenser di *Cef* possiede un proprio motore, cosicché un eventuale guasto blocchi solamente un codice e non l'intero processo.



**Figura 3.1 – Particolare di un dispenser A-frame (*Unifarm*)**



**Figura 3.2 – Linea automatica di prelievo (*Safar*)**

La seconda area è usata per prodotti definibili come “medio-rotanti”. Conviene però precisare che gli aggettivi “alto”, “medio” e “basso” rotante sono sempre da rapportare alla realtà studiata, e non possono essere considerati come caratteristiche assolute: i sistemi pick-to-box possono processare flussi imponenti (Dallari *et al.*, 2008), ma nel settore farmaceutico sono usati per prodotti classificati come medio rotanti, in quanto i flussi non giustificano le spese di attivazione di sistemi automatici.



**Figura 3.3 – Sistema pick-to-box (Cef). Ogni codice viene letto mediante scan ring; dopo il prelievo, i picker inseriscono i prodotti nelle buche operando con logica put-to-light**

La terza area, infine, è destinata ai codici che non sono gestiti, per diversi motivi, in una delle due precedenti zone, ad esempio prodotti poco movimentati, incompatibili con i sistemi automatici oppure ad alto rischio di furto, dedicando loro una zona (o un insieme di zone) del magazzino.

### 3.4 Settore alimentare

Tra le aziende analizzate, il settore alimentare è quello più presente in assoluto, infatti ben nove stabilimenti, per un totale di otto aziende, operano in questo ambito. Tali società sono: *Oleificio Zucchi*, *Granarolo*, *EuroSpin*, *Panificio San Francesco*, *Grandi Molini Italiani (GMI*, due diversi stabilimenti), *MGM Mondo del Vino*, *Perfetti Van Melle* e *Polo*.

Si nota che l'area complessiva degli stabilimenti esaminati è molto variabile (dai 3.000 mq del *Panificio San Francesco* ai 100.000 di *GMI - Porto Marghera*), così come le referenze gestite (dalle 5 del *Panificio San Francesco* alle 3.000 di *Polo*), il fatturato (si va dai 38,2 milioni di euro di *Polo* ai 2,5 miliardi di euro di *EuroSpin*) ed il numero di righe d'ordine evase ogni giorno (dalle 120 di *Oleificio Zucchi* alle 48.000 di *Polo*).

L'evoluzione del mercato globale ha coinvolto anche il settore alimentare, beverage e compatibili alimentari, che si è dovuto adeguare alle nuove esigenze dei consumatori ed alle nuove normative sulla produzione e sulla distribuzione di prodotti alimentari. Tra le principali problematiche, vi sono il forte incremento dei volumi, la grande competitività con i concorrenti, la progressiva diminuzione dei margini e la necessità di offrire ai clienti servizi a valore aggiunto. Un'altra importante criticità è la necessità di offrire la massima trasparenza verso i consumatori, allo scopo di aumentare la fiducia verso il marchio. Nel settore alimentare operano aziende con necessità molto diverse, motivo per cui vi è l'esigenza di soluzioni e know-how logistici progettati in modo personalizzato, al fine di rispondere appieno alle esigenze specifiche di ciascuna merce, come le modalità di conservazione e gestione delle scorte, imballaggio e confezionamento, velocità di consegna, manutenzione durante il trasporto, distribuzione della merce e molto altro ancora. Le aziende, in particolare, devono prestare molta attenzione al controllo della "catena del freddo", cioè il mantenimento delle giuste temperature dei prodotti durante tutto il processo distributivo: questa gestione viene spesso complicata dal fatto che la merce ha una shelf life molto ridotta, fattore che spesso porta ad attivare controlli sistematici ed una logica di prelievo di tipo FIFO per le merci a scadenza rapida.

Tra i 9 magazzini considerati, in 8 di essi sono adottate soluzioni con un elevato sfruttamento superficiale dei magazzini, che implementano degli AS/RS: nello specifico, queste 8 aziende usano sempre trasloelevatori. È interessante notare che *Polo* si avvale anche di un sistema miniload, in quanto la merce viene inizialmente stoccata in un magazzino intensivo su pallet, i quali vengono poi suddivisi in colli gestiti da miniload al fine di alimentare i canali a gravità da cui si effettua il picking.



Figura 3.4 – Corridoio servito da trasloelevatore (*Polo S.p.A.*)



Figura 3.5 – Magazzino miniload (*Polo S.p.A.*)

Solamente *Oleificio Zucchi* non utilizza AS/RS, situazione dovuta al fatto che metà della merce viene venduta come rinfusa liquida, mentre l'altra metà è stoccata tramite sistemi non automatici (scaffalature drive-in ai livelli inferiori e flow-rail ai livelli superiori) a causa dei bassi volumi gestiti.

### 3.5 Settore dell'abbigliamento e degli accessori

Tra le aziende analizzate, tre società svolgono l'attività di operatore logistico nella distribuzione di capi d'abbigliamento (capi appesi e stesi), cioè *BSL*, *Norbert Dentressangle* e *Ceva (abbigliamento)*. A queste società, si aggiungono *Decathlon*, per cui l'abbigliamento costituisce una parte importante del suo business (assieme agli articoli sportivi), e *Piquadro*, che lavora nel settore della pelletteria. In questi ultimi due casi si rilevano numerosi punti di contatto con le aziende distributrici di abbigliamento, come la presenza di un forte effetto moda, l'elevata stagionalità e l'alto numero di referenze (tra i 10.000 ed i 52.000). In totale, dunque, si considerano cinque magazzini appartenenti ad altrettante società.

Le condizioni operative del settore dell'abbigliamento sono ampiamente mutate nel corso degli anni; si tende sempre più a ricercare processi gestionali innovativi ed efficienti che migliorino la propria organizzazione interna, allo scopo di reggere il confronto con la globalizzazione del mercato. In particolare, le aziende devono competere a livello di *time-to-market*, cioè la velocità con cui si riesce a produrre e distribuire gli articoli ai negozi. Servono dunque strutture e competenze tecniche all'avanguardia, un'elevata flessibilità ed un servizio di massima qualità, in grado di soddisfare pienamente una domanda differenziata e sempre più esigente.

Altre peculiarità del settore sono gli elevati volumi, l'eterogeneità dei prodotti da gestire e la forte stagionalità della domanda, che obbliga ad avere una *reverse logistics* molto complessa, con una continua esigenza di riassorbimenti: per le aziende risulta quindi importante garantire la tracciabilità della merce nelle diverse fasi e rapidità nell'evasione degli ordini e nello svolgimento delle attività, il tutto con un'alta flessibilità operativa ed un'interazione costante con il cliente, tipicamente tramite sistemi informativi. Inoltre, data la particolare tipologia di prodotti gestiti, il controllo qualità costituisce una fase decisiva dell'intero processo. Infine, bisogna porre una particolare attenzione all'effetto moda della merce (che causa deprezzamento) ed alle eventuali rimanenze di magazzino, in quanto il life-cycle di un articolo si sta riducendo (da più di due anni a meno di tre mesi circa per le grandi distribuzioni).

La complessità del settore porta le società ad affidarsi sempre di più a terzisti in possesso del know-how e delle attrezzature necessarie. Dal punto di vista delle soluzioni di magazzino, si osserva che nei casi di studio vengono utilizzati soprattutto sistemi del tipo picker-to-parts sia per il prelievo dei capi stesi, i quali sono gestiti solitamente in scaffalature tradizionali, sia per il picking dei

capi appesi, i quali sono gestiti su grucce in apposite corsie di lavoro, come si vede dalla Figura 3.6 e dalla Figura 3.7.



**Figura 3.6 – Gestione dei capi appesi (BSL)**



**Figura 3.7 – Particolare delle grucce scorrevoli su binari (BSL)**

Infine, si nota che lo scarico dei mezzi viene generalmente svolto automaticamente grazie ad impianti telescopici infilabili negli automezzi, sia per i capi appesi, sia per quelli stesi, per i quali si usano, rispettivamente, linee autoportanti e nastri trasportatori.

### 3.6 Settore della componentistica, attrezzature e forniture industriali e dei macchinari

Sono state analizzate cinque aziende impegnate nella produzione e distribuzione di componentistica, attrezzature e forniture industriali: *Ambrovit*, *Fincoma*, *SIT*, *Caleffi* ed *Eral*; a queste aziende si aggiungono *Rancili*, *Sirman* e l'*Azienda medicale-odontotecnica* (il nome non è indicato per ragioni di riservatezza), che producono e distribuiscono macchinari di diverse tipologie, per un totale di otto aziende analizzate. Tali società vengono analizzate congiuntamente perché, di fatto, la natura del materiale stoccato è la medesima, vale a dire componentistica per impianti di diverso tipo.

Tali aziende, a causa della globalizzazione dei mercati, si devono confrontare con diversi problemi logistici, quali la necessità di allestire consegne sempre più frequenti con volumi via via più ridotti (di fatto, il cliente tiene le proprie scorte non più nei propri locali, ma in quelli del distributore), la gestione di un numero di referenze crescente (i clienti preferiscono avere un solo fornitore generalista), il tutto con il vincolo di realizzare una distribuzione in tempi rapidi nonostante l'ampliamento dei mercati: infatti, la maggior parte delle aziende serve sia il mercato nazionale, sia quello estero, avendo di solito una parte molto importante del proprio fatturato derivante dai clienti esteri (si va dal 35% di *Fincoma* all'80% di *Rancilio*). Riguardo all'approvvigionamento della merce in ingresso si notano due diverse tendenze:

1. I produttori/distributori di componentistica, attrezzature e forniture industriali scelgono di acquistare le merci prevalentemente dal Far East, importandole tramite container al fine di contenere i costi di approvvigionamento: in misura molto minore (es. per ordini urgenti) si riforniscono da fornitori locali o dell'Est Europa;
2. I produttori/distributori di macchinari preferiscono rifornirsi da fornitori italiani per massimizzare il controllo sulla qualità delle merci in ingresso.

Le aziende sono eterogenee, avendo una notevole variabilità in termini di referenze gestite (dalle 2.500 di *Sirman* alle 700.000 dell'*Azienda medicale-odontotecnica*), altezza utile del magazzino (dai 4,75 m di *Rancilio* ai 32 di *Sirman*), area del deposito (dai 2.000 di *Ambrovit* ai 70.000 di *Rancilio*). Queste aziende sono di dimensioni non elevate, come si può notare da diversi aspetti. Innanzitutto, tre di loro (*Ambrovit*, *Fincoma* ed *Eral*) hanno un unico stabilimento produttivo/distributivo; due aziende (*SIT* e *Sirman*), invece, possiedono più di uno stabilimento, ma nessuna sede all'estero; infine, solamente *Caleffi* e *Rancilio* possiedono filiali all'estero. La ridotta dimensione delle aziende si riscontra anche nel fatturato: si passa dai 9,6 milioni di euro di *Fincoma* ai 95 di *SIT*, e l'unica azienda ad avere ricavi superiori è *Caleffi* (248

milioni di euro), la quale è però presente anche all'estero. Infine, in modo simile, il numero di dipendenti spazia dai 12 di *Fincoma* ai 640 dell'intero gruppo *SIT*, con *Caleffi* che raggiunge i 1.015 (contando anche quelli esteri).

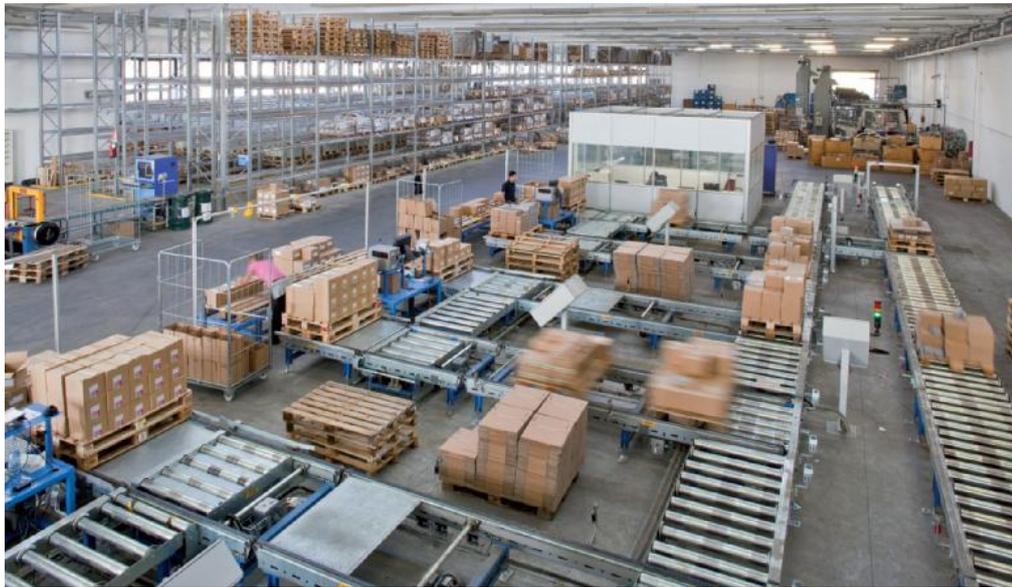
Risulta interessante osservare che, in tutti i depositi, vengono implementati degli AS/RS. Più precisamente, *Fincoma*, *Sirman*, *Ambrovit* e *l'Azienda medicale-odontotecnica* utilizzano un impianto trasloelevatore, *SIT* ed *Eral* adottano la soluzione miniload, mentre in *Caleffi* vengono adottati entrambi i sistemi: infine, *Rancilio* adotta un impianto considerabile come un ibrido (a livello di velocità e di portata) tra un trasloelevatore ed un miniload. Entrando maggiormente nel dettaglio, in *Caleffi* il trasloelevatore gestisce i pallet interi in uscita dal deposito per la spedizione e i pallet in ingresso al sistema miniload dopo la de-pallettizzazione svolta da un robot manipolatore.



**Figura 3.8 – Trasloelevatore utilizzato da *Ambrovit***

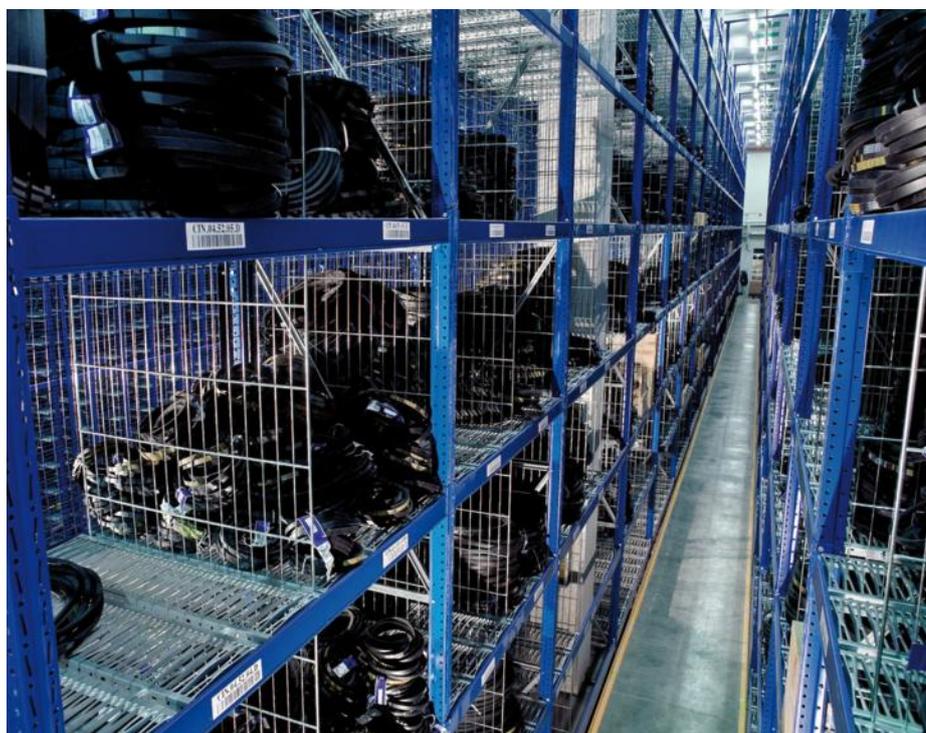
Si nota dunque che le soluzioni di material handling e di picking implementate sono molto simili tra loro e sono generalmente descrivibili dai seguenti sistemi:

1. uno o più magazzini automatici;
2. uno o più AS/RS ad essi asserviti;
3. uno o più sistemi automatici per la movimentazione delle UdC tra le diverse aree dello stabilimento;
4. alcune stazioni di prelievo gestite con logica parts-to-picker.



**Figura 3.9 – Stazioni di picking (Ambrovit)**

A questi sistemi possono aggiungersi una o più aree gestite con logica picker-to-parts per i prodotti a minore movimentazione, delicati oppure fuori sagoma. In particolare, è interessante l'area di stoccaggio adottata da *SIT* per le cinghie di trasmissione costruite in gomma, un materiale particolarmente infiammabile. Ad esse è stata dedicata un'area caratterizzata da ripiani e separatori verticali grigliati: tale scelta si è resa necessaria per il rispetto delle norme antincendio per i prodotti altamente infiammabili, per cui la legge prevede l'uso di ripiani con percentuale vuoto/pieno pari almeno al 50%.



**Figura 3.10 – Area stoccaggio prodotti sfusi (es. cinghie) in *SIT***

### 3.7 Settore dell'elettronica di consumo

Sono due i casi di studio esaminati nel settore dell'elettronica di consumo: *Comet* e *SGM* (appartenente al gruppo Expert Italia). Oltre a questo settore, *Comet* è attiva anche nella distribuzione di materiale elettrico e per l'illuminazione, ma ai fini del presente studio, si esaminerà solo lo stabilimento di *Comet* che funge da deposito centrale per la distribuzione dell'elettronica di consumo, categorie merceologiche che costituiscono per intero il catalogo di *SGM*.

Riguardo alle caratteristiche dei prodotti, in questo settore si assiste a fenomeni quali la continua riduzione del ciclo di vita del prodotto, l'aumento della gamma di codici da gestire, un'alta variabilità in termini di numero di righe da evadere, la crescita delle giacenze per ogni referenza e la presenza di un'estrema competitività tra concorrenti; in particolare, quest'ultimo fenomeno rende gli ordini molto urgenti, pena il rischio di perdere la vendita, complicando la catena logistica ed obbligandola ad essere il più possibile rapida. Si tratta di realtà di grandi dimensioni, in cui le vendite puntano molto sulle promozioni (si pensi ai "volantini") e sono contraddistinte da un'alta stagionalità (in genere, i picchi di vendita sono a Natale, ma questo dipende dai codici). Queste aziende sono quindi estremamente simili in termini di business, ragion per cui è possibile impostare un efficace confronto tra due società che si avvalgono di sistemi di material handling molto simili tra loro.

Analizzando i sistemi in uso e le segmentazioni dei prodotti gestiti, si è notato che le due aziende suddividono il catalogo in modi paragonabili, e che a queste famiglie di prodotti corrispondono, in pratica, gli stessi sistemi di material handling. Tali categorie sono:

1. "bianco";
2. merce pallettizzata (principalmente "bruno");
3. altri prodotti (es. "valore", "inciso", etc.).

La famiglia del "bianco" è indubbiamente quella più specifica di questo settore merceologico: si tratta sostanzialmente di grossi elettrodomestici, ad esempio frigoriferi, lavastoviglie e lavatrici, così soprannominati per il loro aspetto. Tali apparecchi hanno la peculiarità di essere autospedibili, cioè non richiedono di essere imballati, quindi dopo il prelievo possono essere portati immediatamente alle baie di carico per la spedizione. Questi prodotti sono stoccati con sistemi tradizionali e con automazione bassissima o addirittura nulla: il sistema utilizzato da *Comet* (identico alla soluzione precedentemente adottata da *SGM*) consiste in un magazzino a catasta servito da carrelli a pinze, capaci di afferrare gli elettrodomestici lateralmente.



**Figura 3.11 – Stoccaggio a catasta per il “bianco” (Comet)**



**Figura 3.12 – Carrelli a pinze laterali**

Tale sistema presenta i limiti legati all'altezza della catasta, cioè un'efficienza di movimentazione non elevata ed un utilizzo superficiale abbastanza basso (superare certe quote di impilamento comporterebbe rischi elevati). *SGM* ha deciso di modificare questa configurazione, stoccando i prodotti su pallet ed avvalendosi di un sistema misto push-back (per i codici meno movimentati) e drive-in (dedicato agli articoli a maggiore rotazione), in cui i prodotti sono movimentati su pallet da carrelli a montante retrattile, sistema che è stato scelto per il suo migliore sfruttamento superficiale.



Figura 3.13 – Stoccaggio push-back per il "bianco" (SGM)



Figura 3.14 – Stoccaggio drive-in per il "bianco" (SGM): particolare delle mensole di appoggio

È interessante notare come la potenzialità di movimentazione dei carrelli a montante retrattile sia di fatto pari a quella dei carrelli a pinze laterali, infatti questi ultimi possono gestire più di un pezzo alla volta, ma su ogni pallet possono trovare posto alcuni elettrodomestici.

Con la denominazione “bruno” invece si indicano televisori, apparecchi audio-video e piccoli elettrodomestici: essi costituiscono la quasi totalità della merce pallettizzata gestita. In effetti, anche il “bianco” può essere pallettizzato, come dimostra il caso di SGM, ma esistono comunque delle notevoli differenze, quali l’autospedibilità, l’assenza di imballaggio ed il numero di pezzi posizionabili su ogni pallet. La merce pallettizzata viene gestita in modo tradizionale, con scaffalature porta-pallet in cui i livelli superiori sono dedicati allo stoccaggio e quelli più bassi al picking. Tali scaffalature sono servite da carrelli commissionatori per il prelievo e da carrelli a montante retrattile per l’abbassamento dei pallet.



**Figura 3.15 – Area di stoccaggio per la merce pallettizzata (Comet)**

La terza categoria, eventualmente suddivisa in ulteriori sotto-famiglie, comprende articoli di varia natura, tra cui i prodotti di elevato valore, che sono ad alto rischio furto, come i telefoni cellulari: a questi codici si aggiungono altri articoli, quali gli accessori (es. cartucce per stampanti) ed il settore dell’”inciso”, vale a dire i CD ed i DVD. Queste zone hanno ampiezza relativamente ridotta, sono attrezzate con sistemi di stoccaggio tradizionali e tipicamente “manuali”, quali scaffali oppure armadi, e vengono gestite tramite carrelli commissionatori con logica picker-to-parts; nel caso di prodotti di alto valore, l’accesso alle zone può essere permesso solo ad alcuni operatori, similmente ai prodotti stupefacenti nel settore farmaceutico.



Figura 3.16 – Aree dedicate alla merce di valore e agli accessori (*Comet*)

Gli stabilimenti di *Comet* ed *SGM* presentano dunque diversi punti in comune tra loro, come si nota dalla Tabella 3.4:

	<b>Comet</b>	<b>SGM</b>	
numero di dipendenti	30 - 40	50 - 65	
tipo di magazzino	deposito centrale	deposito centrale	
tipo di prodotti gestiti	prodotti finiti	prodotti finiti	
area totale	20.000	14.000	mq
area destinata al “bianco”	5.000	4.000	mq
area destinata alla merce pallettizzata	10.000	6.000	mq
aree destinate agli altri codici	1.500	n.d.	mq
Altezza utile	9,5	9,5	m
Ordini/giorno	400	250	
Righe/giorno	5.000	8.000	
Logiche di picking adottate	Picker-to-parts	Picker-to-parts	

Tabella 3.4 – Confronto tra *Comet* e *SGM*

In entrambi in casi si tratta di depositi centrali destinati a prodotti finiti, prelevati con logica picker-to-parts, caratterizzati da un numero di dipendenti e da una superficie totale abbastanza simile e da un'altezza utile sottotrave uguale: inoltre, anche le quantità medie di ordini e di righe evase ogni giorno sono dello stesso ordine di grandezza. Infine, riguardo a tutte e tre le macrozone del magazzino, si è riscontrata un generale tendenza verso l'abbandono della gestione cartacea degli ordini, a favore di una maggiore informatizzazione delle operazioni, al fine di migliorare la tracciabilità della merce e velocizzare l'evasione degli ordini in un settore dove la lentezza rischia di provocare la perdita della vendita.

## 3.8 Altri settori merceologici

In quest'ultimo paragrafo, si svolge un'analisi delle aziende (e dei loro settori merceologici di appartenenza) che non sono state ancora considerate nell'analisi disaggregata, in quanto non sempre è stato possibile individuare un identikit univoco per il settore merceologico a causa di diversi fattori: infatti, alcune categorie di prodotti sono gestite da un'unica azienda, alcune società sono attive in più di un settore merceologico e, infine, in alcuni casi si è riscontrata una notevole variabilità dei sistemi di material handling adottati all'interno di uno stesso settore.

### 3.8.1 Prodotti con peso ed ingombro elevati

Tra le ditte studiate, sono state individuate tre realtà classificabili in questa categoria: *Fonderia Boccacci* produce fusioni in ghisa con peso medio di 5 tonnellate, con una notevole variabilità dimensionale e massica dei pezzi da gestire a stock e degli articoli da produrre; *Giacomini* fabbrica tubazioni, rubinetteria, valvole, raccordi ed altri prodotti per l'idraulica; *Trasporti Lanzi*, infine, è un operatore multimodale specializzato nel trasporto di merci pesanti, quali prodotti siderurgici, vetro, ceramica ed articoli per l'agricoltura. Caratteristiche fondamentali di tale settore sono ovviamente gli elevati valori di massa, volume e densità dei materiali in gioco: questo obbliga le società a dotarsi di impianti capaci di gestire tali prodotti, come ad esempio il carroponte, il cui uso è stato riscontrato solo in questo gruppo di aziende.

Queste aziende sono diversamente organizzate a seconda delle attività e dei prodotti da gestire, in particolare riguardo al livello di automazione implementato. *Fonderia Boccacci* ha attivato un magazzino servito da trasloelevatore ad alta portata (fino a 6 tonnellate) per la gestione delle anime e dei modelli per le fusioni e capace di funzionare in modo automatico, semiautomatico o manuale (grazie alla cabina di comando di cui è dotato), mentre *Giacomini* si è dotata di AGV a guida laser capaci di spostare fino a 10 tonnellate per la movimentazione dei semilavorati (fasci di barre pesanti anche 1.500 kg e lunghi fino a 4 metri).

In entrambi i casi, tali impianti automatici sono asserviti alla produzione, migliorando la flessibilità operativa, fattore decisivo soprattutto per un'azienda come *Fonderia Boccacci*, i cui piani di produzione sono in continuo cambiamento. Diversamente dai primi due casi, *Trasporti Lanzi* non possiede impianti automatici, essendo dotata solo di un impianto a carroponte per lo scaricamento dei carri ferroviari e di carrelli ad alta portata per la movimentazione dei pezzi, che possono pesare anche 20 tonnellate.



Figura 3.17 – AGV a guida laser (*Giacomini*): missione di prelievo in magazzino cantilever



Figura 3.18 – Carrelli ad alta portata (*Trasporti Lanzi*)



Figura 3.19 – Trasloelevatore ad alta portata (*Fonderia Boccacci*)

Tra gli aspetti comuni, si nota che queste aziende hanno costruito una nuova struttura civile per accogliere gli impianti, aspetto probabilmente motivato dalla difficoltà di adattare un edificio preesistente ad impianti di tali portata, e che i prodotti gestiti sono principalmente semilavorati. Inoltre, tutte le aziende si sono dotate di un alto livello di informatizzazione delle operazioni, soprattutto riguardo alla tracciabilità dei flussi materiali.

### 3.8.2 Videogiochi

Nel campione di aziende analizzate sono presenti due realtà (*C.D. Verte* e *GameStop Corporation*) specializzate nel commercio di videogiochi e di prodotti correlati, come ad esempio le consolle ed i relativi accessori. Caratteristiche comuni del settore sono il valore unitario medio-alto del prodotto, la necessità che gli ordini siano molto accurati e che raggiungano i punti vendita nei giorni prestabiliti: queste specifiche impongono l'attivazione di sistemi di prelievo ad alta produttività, così da poter impostare consegne ai negozi con cadenza anche giornaliera. Da tale punto di vista, il settore dei videogiochi è abbastanza simile a quello farmaceutico, ed infatti condivide con esso le logiche di prelievo, che viene svolto in modalità pick-to-box oppure con sistemi di picking automatizzato: similmente ai settori dell'abbigliamento e dell'elettronica di consumo, invece, il settore dei videogiochi ha una decisa stagionalità, con picchi nelle vendite nel periodo natalizio.

Riguardo alle singole aziende, *C.D. Verte* rappresenta l'unico caso analizzato di un magazzino completamente privo di personale per l'allestimento degli

ordini, essendo totalmente automatizzato a livello di stoccaggio, picking e consolidamento dell'ordine: lo stabilimento è equipaggiato con un magazzino miniload, capace di prendere le cassette contenenti i pezzi e portarle presso le stazioni di picking, dove alcuni robot cartesiani prelevano i pezzi e creano i colli-cliente che sono poi etichettati, confezionati e pallettizzati in automatico.



Figura 3.20 – Robot cartesiano per il picking (C.D. Verte)

In *GameStop Corporation*, invece, il prelievo è svolto con logica pick-to-box, in un'isola di lavoro servita da un nastro trasportatore centrale ed alimentata da canali a gravità, attrezzati con display luminoso per lavorare in modalità pick-to-light: questo sistema è a minore automazione, ma mantiene comunque un'alta produttività, potendo allestire fino a 5.000 colli-cliente al giorno.



Figura 3.21 – Isola di prelievo in *Gamestop* (a sinistra) e particolare del sistema pick-to-light (a destra)

Dai casi di studio analizzati in questo settore, appare evidente che la leva fondamentale per rimanere competitivi sul mercato dei videogiochi è la costante ricerca di un alto livello di servizio, in termini di puntualità, accuratezza e personalizzazione degli ordini.

### 3.8.3 Editoria

Nei casi di studio analizzati è presente una piattaforma logistica multicliente gestita da *Ceva* dedicata al settore editoria, caratterizzata dalla concentrazione di numerosi editori in un unico sito. Tale piattaforma consente la creazione di economie di scala a fronte della condivisione di aree, sistemi informativi, modalità di automazione e personale specializzato. Il settore dell'editoria è caratterizzato da un elevato numero di referenze (62.000 nel magazzino in questione), da articoli di dimensioni medio-piccole e dalla compresenza di articoli a bassa e ad alta richiesta (tipicamente gestiti con sistemi differenti), dunque il successo nel mercato si regge principalmente sulla capacità di fornire un elevato livello di servizio.

Come in altri settori, si nota la compresenza di più di un sistema di picking: gli articoli ad elevata richiesta (le "novità librarie") prevedono l'allestimento di un alto numero di ordini medio-grandi, e nel caso esaminato vengono gestiti con un sistema pick-to-box, con anche la realizzazione di "preconfezionati", ovvero colli preallestiti e stoccati in modo che siano disponibili per la spedizione una volta richiesti dai punti di consegna. Riguardo agli altri articoli gestiti nel magazzino, gli ordini vengono allestiti mediante un sistema picker-to-parts prelevando la merce da scaffalature in cui l'allocazione ai vani è effettuata in funzione della classificazione ABC basata sull'indice di movimentazione.



Figura 3.22 – Particolare dell'area dedicata ai prodotti "education" da *Ceva* (editoria)

### 3.8.4 Cosmetico

Nel settore cosmetico si colloca *Avon*. Mediamente, i prodotti cosmetici sono di piccole dimensioni (dunque ben si prestano ad essere maneggiati manualmente) e di valore medio-alto, similmente ai farmaci, ma, diversamente da loro, sono molto più delicati e fragili (si pensi ad esempio ai profumi), motivo per cui non è pensabile allestire ordini tramite dispenser A-frame. Per questi motivi, *Avon* svolge il prelievo interamente in modalità pick-to-box, con i prodotti suddivisi in base all'indice di rotazione che li caratterizza, posizionandoli in tre diversi tipi di postazioni di prelievo, rispettivamente dedicate ai prodotti basso, medio ed alto vendenti. È da notare l'altissima ergonomia delle stazioni di allestimento per i prodotti a maggiore rotazione (mostrate in Figura 3.23), strutturate in modo innovativo: i prodotti sono infatti posizionati in tre diversi fronti utili di prelievo, cioè davanti, a destra ed a sinistra del picker, con ciascun fronte dotato di 30 canali a gravità da cui effettuare il prelievo, disposti su 5 livelli in altezza.



Figura 3.23 - Stazione di allestimento per prodotti alto vendenti (*Avon*)

### 3.8.5 Articoli per il tempo libero

Tra i casi di studio analizzati è presente il magazzino di *Künzi S.p.A.*, specializzata in articoli per il tempo libero, quali coltelleria, forbiciame, orologeria, attrezzature da cucina, torce, ottica, orientamento, etc. Il mercato di riferimento è molto eterogeneo, situazione rispecchiata dagli ordini, che sono suddivisibili in:

- ordini piccoli: numerose righe d'ordine, ciascuna con piccoli quantitativi (tipicamente fanno riferimento al mercato al dettaglio);
- ordini grandi: poche righe d'ordine, ognuna contraddistinta da elevati quantitativi (di solito si tratta di prodotti promozionali).

Come per altri settori, gli ordini del primo tipo sono in crescita, a causa della ricerca, da parte dei clienti, di ridurre al minimo l'immobilizzo di capitali: di fronte a questa situazione, l'azienda ha cercato una soluzione capace di supportare il crescente carico di lavoro sul magazzino in termini di righe d'ordine evase. Si ha la compresenza di diversi sistemi di picking, con gli ordini che vengono suddivisi in due sub-ordini, poi riuniti in fase di consolidamento:

1. sub-ordine 1: prelievo di tipo picker-to-parts da scaffalature porta pallet, con logica order-picking;
2. sub-ordine 2: prelievo del tipo parts-to-picker da magazzino automatizzato, con logica batch-picking.

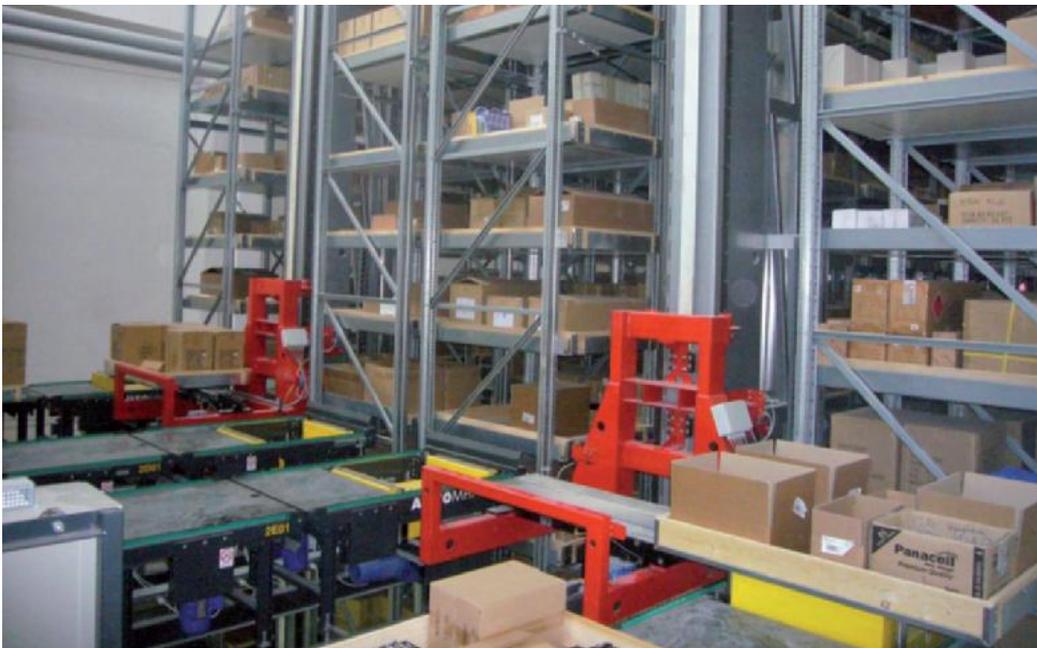


Figura 3.24 – Stazioni di prelievo parts-to-picker (*Künzi*)

### 3.8.6 Ceramica

Nel settore della ceramica si è individuata un'unica azienda, *Thun*, in cui gli apparati logistici adottati nello stabilimento sono frutto di un'accurata analisi dei flussi della società, che ha optato per una tecnologia con logica di prelievo di tipo pick-and-sort. Il catalogo di *Thun* conta oltre 10.000 referenze, ma gli ordini si concentrano su circa 1.000 codici che costituiscono il 98% circa del prelevato, referenze che si alternano nel corso dell'anno a causa della forte stagionalità, guidata dalla regalistica (nel periodo di Natale) e dalle bomboniere (tarda primavera). I vari prodotti sono molto variegati in termini di forma, peso e dimensioni: inoltre, gli articoli sono spesso fragili. Gli ordini possono avere urgenza diversa, passando da quelli pianificabili con largo anticipo a quelli che devono essere evasi in giornata; gli ordini, inoltre, sono numericamente molto elevati, concentrati su pochi codici e di dimensioni diverse (anche se di solito sono di media grandezza).

Tali esigenze dei prodotti e del mercato hanno fatto optare l'azienda per un prelievo di tipo pick-and-sort con sorting automatico, soluzione capace di avere alti livelli di efficienza e di accuratezza: infatti, il profilo variegato degli ordini rende conveniente il prelievo in modalità batch, al fine di minimizzare le percorrenze dei picker. Tale sistema è adatto a processare il ben il 95% dei pezzi venduti, per gli altri articoli si adotta un sistema pick and pack. Infine, si ricorda che, data la natura dei prodotti, è necessaria una fase di packaging estremamente accurata a valle del prelievo, al fine di evitare rotture degli articoli.



Figura 3.25 – Sorter a due livelli ("double-deck") utilizzato da *Thun*

### 3.8.7 Articoli sportivi

Di *Decathlon* si è già parlato riguardo al settore dell'abbigliamento, ora si affrontano le specifiche dell'altra parte del suo catalogo, cioè gli articoli sportivi, che costituiscono la parte maggioritaria delle 40.000 referenze gestite. Il deposito regionale analizzato svolge la funzione di allestimento degli ordini per i punti vendita, che sono privi di scorte, motivo per cui il processo di evasione deve essere estremamente rapido ed accurato.

Dato il profilo degli ordini ed i vincoli del mercato e del livello di servizio, il magazzino ha scelto di attivare un sistema di prelievo del tipo pick-and-sort per gestire tutti gli articoli movimentabili dal sorter automatico, cioè i prodotti sufficientemente piccoli e leggeri, quali ad esempio scarpe ed accessori. Gli altri codici, invece, sono prelevati in modalità picker-to-parts, evadendo un ordine per volta e percorrendo i corridoi con logica traversal: questo viene fatto per le referenze troppo grandi e pesanti, come biciclette, sci e canne da pesca.

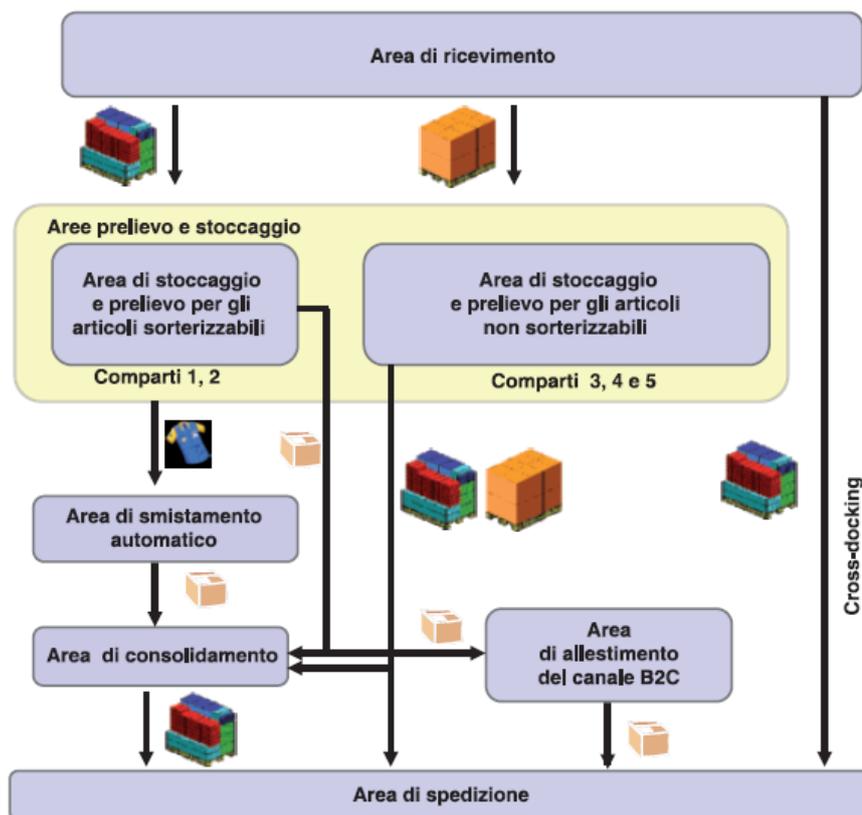


Figura 3.26 – Flussi fisici all'interno di *Decathlon*

### 3.8.8 Lavorazione del vetro

Si è analizzato il caso di *Novellini*, azienda attiva nella vendita di box doccia e zanzariere: in particolare, si è studiato il processo di lavorazione del vetro per la costruzione dei box doccia. La funzione del magazzino è rendere disponibili le lastre di vetro per l'assemblaggio dei box doccia, rispettando le criticità dei prodotti in questione, che sono di grosse dimensioni (le lastre sono anche di 2.000 x 800 mm) e molto fragili. L'azienda dispone di un magazzino servito da un trasloelevatore aereo integrato su una scaffalatura mobile compattabile, con vani di stoccaggio ad altezza modificabile (tra 750 e 1.170 mm): questa soluzione ad alta automazione ben si adatta per lo stoccaggio di prodotti caratterizzati da peso e/o dimensioni rilevanti, con notevoli variabilità dimensionali che tuttavia non presentano una rotazione eccessiva, come nel caso in esame.



Figura 3.27 – Il trasloelevatore aereo implementato da *Novellini* asservito alle scaffalature mobili compattabili



## **CAPITOLO 4 – I risultati dell’indagine empirica: cross-case analysis**

### **4.1 Introduzione**

In questo capitolo si presentano i risultati dell’indagine empirica: per semplicità espositiva, tali risultati vengono riportati ed espressi attraverso proposition. Le prime due proposition riguardano, rispettivamente, il livello di adozione di soluzioni automatizzate (4.2) ed informatizzate (4.3) all’interno del campione esaminato. Successivamente, questo capitolo si dedica al livello di adozione delle diverse tipologie di OPS, quali picker-to-parts e parts-to-picker (analizzati congiuntamente nel paragrafo 4.4), pick-to-box e pick-and-sort (esaminati nel paragrafo 4.5) e completely automated picking (4.6). In seguito, verranno discusse le motivazioni (4.7) e le barriere (4.8) all’adozione di soluzioni automatizzate ed informatizzate. Infine, l’analisi verterà sul tema della sostenibilità ambientale (4.9) e di quali soluzioni siano state implementate per perseguire questo obiettivo.

## 4.2 Livello di adozione di soluzioni automatizzate

*Si osserva una crescente adozione di OPS automatizzati, con una particolare attenzione agli aspetti di flessibilità delle soluzioni (vista come 'adattabilità' a nuovi scenari di business).*

Dall'analisi dei casi di studio si è notato, in accordo con quanto affermato da De Koster *et al.* (2006), che la maggior parte dei magazzini adotta ancora OPS manuali: ciononostante, come detto da Hou *et al.* (2009), il settore logistico-industriale sta gradualmente implementando diverse tecniche di automazione (es. dispenser A-frame) o semi-automazione (es. nastri trasportatori) per svolgere o supportare le operazioni di picking e, più in generale, di material handling. Nell'analisi empirica sono stati tipicamente considerati stabilimenti di medio-grandi società che hanno recentemente riconfigurato i propri apparati logistici: si nota che, in tutti i depositi considerati, la riconfigurazione della supply chain è sempre stata contraddistinta dall'adozione di soluzioni di magazzino più automatizzate rispetto a quelle precedentemente impiegate.

Riprendendo la categorizzazione dei sistemi di picking fornita da Dallari *et al.* (2008), mostrata in Figura 1.1, si è notato che le aziende esaminate utilizzano gli OPS elencati in Tabella 4.1, in cui il livello di automazione è man mano crescente passando dai sistemi picker-to-parts a quelli completely automated:

Logica di picking	Aziende
Picker-to-parts	20
Pick-to-box	7
Pick-and-sort	3
Parts-to-picker	21
Completely automated picking	9

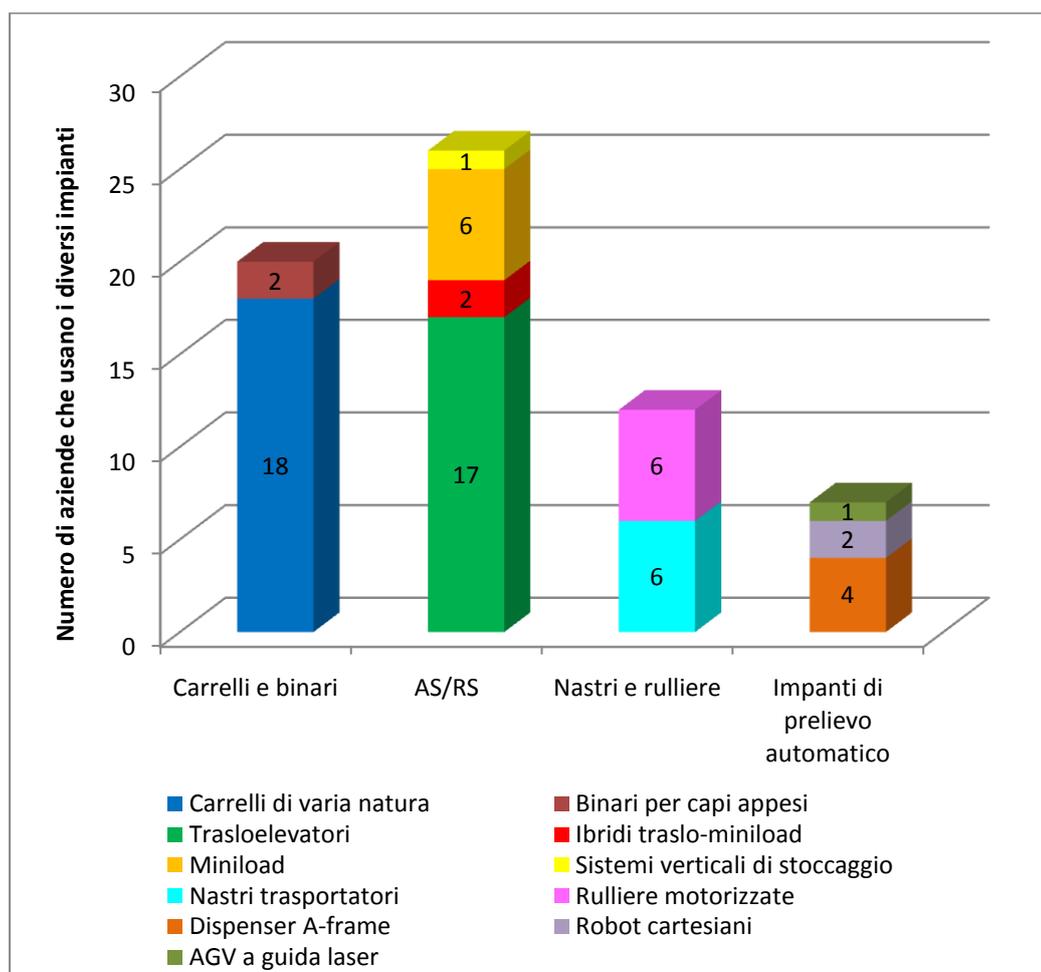
Tabella 4.1 – Sistemi di picking adottati dalle aziende

Spesso, in accordo con De Koster *et al.* (2006), si è riscontrato che gli stabilimenti utilizzano più di un sistema di prelievo a causa delle diversità degli articoli in catalogo e delle UdC da gestire, che possono avere caratteristiche variabili in termini di peso, volume, fragilità, densità, valore, etc.

Si è ritenuto opportuno suddividere i sistemi di prelievo in quattro diverse categorie: carrelli e binari, AS/RS, nastri e rulliere ed impianti di prelievo automatici. In questo calcolo ci si è riferiti esclusivamente ai sistemi utilizzati per svolgere il picking, senza considerare quelli che compiono operazioni a

supporto del prelievo (es. rulliera in testa ad un trasloelevatore): fanno eccezione i nastri trasportatori e le rulliere motorizzate, che sono gli elementi fisici indispensabili per svolgere il prelievo in modalità pick-to-box e pick-and-sort.

Il numero di aziende che svolgono attività di picking con i diversi sistemi è riportato nel Grafico 4.1.



**Grafico 4.1 – Impianti di picking adottati**

Ai carrelli ed ai binari corrispondono sempre logiche di picking in modalità picker-to-parts, così come agli impianti di prelievo automatico corrisponde un OPS del tipo automated picking; gli AS/RS, invece, servono principalmente un prelievo in modalità parts-to-picker (in 24 casi su 26) anche se, in alcuni casi, si tratta di automated picking. Infine, nastri trasportatori e rulliere possono essere asserviti ad un prelievo in modalità pick-to-box (rispettivamente 4 e 5 aziende) oppure pick-and-sort (rispettivamente 2 e una azienda): in particolare, si è notato che due aziende (*Safar e Unico*) utilizzano sia nastri, sia rulliere.

Gli stabilimenti di *Giacomini* e *Fonderia Boccacci* sono due interessanti esempi di automazione dei processi. Nella precedente configurazione del magazzino, *Giacomini* utilizzava carriponti, con notevoli problematiche di sicurezza e forti vincoli sulla flessibilità operativa e sulla potenzialità di movimentazione: i carriponti sono stati sostituiti con AGV a guida laser capaci di sollevare i pezzi, e dunque in grado di svolgere tutte le missioni di movimentazione, prelievo e stoccaggio. Nel caso di *Fonderia Boccacci*, invece, il reparto produttivo era supportato da carrelli trilaterali, con tempi di risposta non soddisfacenti: l'azienda si è dotata di un magazzino cantilever con mensole ad altezza variabile servite da un trasloelevatore ad alta portata (fino a 6.000 kg) capace di funzionare in modalità sia automatica, sia manuale, grazie alla cabina di guida di cui è dotato.

È poi interessante notare che, al fine di massimizzare la qualità e la flessibilità delle operazioni, due aziende (*Eral* e *Rancilio*) stanno valutando la possibilità di aumentare nel futuro il livello di automazione delle attività: altre tre società (*Thun*, *Avon* e *Fincoma*), invece, hanno già predisposto i propri impianti in modo da poter facilmente implementare nuove soluzioni automatiche nei propri magazzini.

Secondo Baker and Halim (2007) esistevano conflitti in letteratura su quanto l'automazione fosse realmente efficace nel ridurre i costi ed i tempi operativi del magazzino, e dunque c'era bisogno di un'ulteriore ricerca chiarificatrice: infatti, esistevano esempi di situazioni in cui l'automazione ha ridotto l'efficienza dello stabilimento, mentre in altri casi i costi e la produttività del magazzino sono migliorati. Ciò è stato fatto in questo lavoro, infatti dai casi di studio esaminati si evince che l'automazione è la leva vincente per aumentare la produttività del deposito e ridurre i costi delle attività interne al magazzino, permettendo all'azienda di svolgere un ruolo da protagonista nel mercato globale.

### 4.3 Livello di adozione di soluzioni informatizzate-ICT a supporto del picking

*Si assiste ad una progressiva informatizzazione/automazione dei processi informativi per ottenere benefici di efficienza ed efficacia.*

Dall'analisi dei casi di studio, si nota che i metodi principalmente utilizzati per aumentare la produttività del picking (svolto manualmente oppure automatizzato) sono l'ottimizzazione del routing, l'allocazione degli articoli e le logiche di prelievo. Tali attività sono tipicamente governate ed ottimizzate da uno o più sistemi informatizzati: infatti, in tutti gli stabilimenti esaminati, vengono adottati alcuni software adibiti alle gestione del magazzino o di una parte di esso: il sistema più utilizzato è il Warehouse Management System, chiamato anche WMS. Oltre a svolgere queste attività, il WMS è in grado di dirigere ed ottimizzare la gestione e l'evasione degli ordini, il coordinamento e l'avanzamento delle attività di picking, la gestione degli inventari e dei sistemi pick-to-light, put-to-light e voice picking.

Riguardo alle logiche di prelievo utilizzate, 13 magazzini (32,5%) adottano il batch picking, 8 (20%) impiegano lo zone picking, mentre 21 (52,5%) adottano il single order picking. In particolare, nonostante quest'ultima logica di prelievo venga usata in più della metà dei casi, è stato osservato che è diventato raro il "vecchio e classico" single order picking, in cui lo spostamento all'interno dell'area di prelievo viene svolto dal picker camminando o guidando un veicolo nell'area di picking, senza utilizzare logiche o tecnologie che ne aumentino la produttività: infatti, una così forte presenza di prelievo in modalità single order picking è motivata dal fatto che molte aziende hanno adottato sistemi di prelievo automatici, in cui gli ordini devono essere per forza evasi in serie (es. prelievo di un pallet intero destinato ad un unico cliente).

Per quanto riguarda l'allocazione degli articoli, si nota che 6 magazzini impiegano soluzioni di stoccaggio *class-based*, 2 stabilimenti adottano la logica *full-turnover*, un deposito impiega la soluzione *closest open location*, mentre un magazzino adotta la logica *random*. È poi interessante osservare che negli stabilimenti dell'*Azienda medicale-odontotecnica*, *Fincoma*, *Novellini* e *Piquadro* viene svolto il riordino notturno delle UdC da parte dei dispositivi AS/RS, in modo da ottimizzare l'allestimento ordini nel giorno successivo.

Infine, si osserva che solamente due stabilimenti hanno esplicitato la politica di routing adottata: logica return per *SIT* e soluzione traversal per *Decathlon*, mentre si registrano più aziende (*Ceva – editoria –*, *Comet*, *SGM* e *Trasporti Lanzi*) in cui il routing è deciso dal WMS (senza specifiche sulla politica implementata).

Dall'analisi dei casi di studio, si nota che, nei sistemi in cui l'allestimento degli ordini viene fatto manualmente, la produttività dei picker può essere migliorata impiegando sistemi informatizzati quali put-to-light, pick-to-light o voice picking. In particolare, il sistema pick-to-light è adottato da quattro magazzini (*Avon*, *Ceva – editoria –*, *Gamestop Corporation* e *Thun*), così come le logiche put-to-light (*BSL*, *Cef*, *Neologista* e *Unifarm*); infine, i sistemi voice picking sono impiegati solamente in due depositi (*Decathlon* e *Thun*).

A livello informativo, è importante che le diverse UdC (così come le postazioni di stoccaggio e prelievo) siano univocamente identificate. Il più importante sistema di identificazione materiali è la tecnologia barcode, la quale, riferendosi ai dati disponibili, viene usata in tutti gli stabilimenti analizzati. Riferendosi al campione d'esame, la sostituzione dei codici a barre con la tecnologia RFID, più evoluta e flessibile, non è ancora avvenuta: all'estero, invece, realtà importanti adottano già questa soluzione, come viene mostrato da *Chow et al.* (2006), mentre tra i magazzini studiati solamente *Thun* pensa ad una futura implementazione di questa tecnologia. Per un esempio di magazzino che implementa la tecnologia RFID, si veda l'Allegato F, in cui si presenta il caso di *Tchibo*, azienda dotata di un impianto con elevatissime dimensioni e complessità.

È poi da considerare *come* i diversi operatori ricevano i dati utili a svolgere il proprio lavoro: considerando i dati disponibili, il principale sistema di trasmissione dati agli operatori, usato nell'81% dei casi di studio, è la tecnologia della radiofrequenza, mentre sono più rari i casi in cui i dati vengono trasmessi tramite lista cartacea (9,7%) o cavo (6,5%). Si assiste infatti ad un progressivo abbandono della componente cartacea a favore di una crescente automazione informativa delle attività (es. *Comet*): inoltre, è interessante osservare che, nei magazzini in cui si utilizzano le liste cartacee (*Ceva – editoria –*, *Comet* e *SGM*), si ha sempre la compresenza di tale sistema con la radiofrequenza. Da segnalare il deposito di *C.D. Verte*, nel quale non si ha la trasmissione dati agli operatori perché non c'è personale nel magazzino adibito allo stoccaggio o al prelievo della merce: ciò permette di avere una precisa e dettagliata raccolta dei dati garantendo la tracciabilità dei flussi e la rintracciabilità dei prodotti.

Infine, si nota che, più i dispositivi implementati nello stabilimento sono automatizzati, maggiore è il grado di adozione ed il livello di complessità dei sistemi informativi adottati. Ad esempio, è ovvio che un magazzino totalmente automatizzato come quello di *C.D. Verte* adotti in grande misura le tecnologie informatizzate con elevata complessità per sopperire alla mancanza degli operatori, mentre nello stabilimento di *Trasporti Lanzi*, in cui si ha movimentazione, stoccaggio e prelievo dei singoli pezzi con sistema picker-to-parts, è normale che il livello di informatizzazione sia inferiore al primo caso.

In Tabella 4.2 vengono fornite, per le aziende esaminate, informazioni riguardo alle logiche di prelievo utilizzate, all'allocazione degli articoli ed alle tecnologie di identificazione dei materiali e di trasmissione dati agli operatori.

<b>Azienda</b>	<b>Logiche Prelievo</b>	<b>Allocazione articoli</b>	<b>Trasmissione dati agli operatori</b>	<b>ID item</b>
Ambrovit	Batch	n.d.	n.d.	Barcode
Avon	Zone	n.d.	RF	Barcode
n.d. (Azienda medicale-odontotecnica)	Single	Random	RF	Barcode
BSL	Batch	Class-based	RF	Barcode
C.D. Verte	Batch	n.d.	Non esistono operatori (completa automazione)	n.d.
Caleffi	Batch	n.d.	RF	Barcode
Cef	Zone	n.d.	RF	Barcode
Ceva (abbigliamento)	Batch, Single	n.d.	RF	Barcode
Ceva (editoria)	Batch, Zone, Single	Class-based, Closest open location	RF, Cartaceo	Barcode
Comet	Batch, Single	n.d.	RF, Cartaceo	Barcode
Decathlon	Single, Zone	n.d.	RF	Barcode
Eral	n.d.	n.d.	RF	Barcode
EuroSpin	Single	n.d.	n.d.	Barcode
Fincoma	n.d.	n.d.	RF	Barcode
Fonderia Boccacci	Single	n.d.	n.d.	Barcode
GameStop	Zone	n.d.	RF	Barcode
Giacomini	Single	n.d.	n.d.	Barcode
GMI (Coriano Veronese)	Single	n.d.	n.d.	Barcode

GMI (Porto Marghera)	Single	n.d.	n.d.	Barcode
Granarolo	Single	n.d.	Cavo	Barcode
Künzi	Batch, Single	n.d.	RF	Barcode
MGM	Single	Class-based	n.d.	Barcode
Neologistica	Batch	n.d.	n.d.	Barcode
Norbert Dentressangle	n.d.	n.d.	RF	n.d.
Novartis	n.d.	n.d.	RF	Barcode
Novellini	Single	n.d.	Cavo	Barcode
Oleificio Zucchi	Single	n.d.	RF	Barcode
Panificio San Francesco	n.d.	n.d.	n.d.	Barcode
Perfetti van Melle	n.d.	Full-turnover	RF	Barcode
Piquadro	Batch	n.d.	RF	Barcode
Polo	Batch	n.d.	RF	Barcode
Rancilio	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Safar	Single, Zone	n.d.	n.d.	n.d.
SGM	Single	n.d.	RF, Cartaceo	Barcode
Sirman	n.d.	Class-based	RF	n.d.
SIT	Batch, Single	Class-based	RF	Barcode
Thun	Batch	n.d.	RF	Barcode
Trasporti Lanzi	Single	n.d.	RF	Barcode
Unico	Single, Zone	Class-based	RF	Barcode
Unifarm	Single, Zone	Full-turnover	n.d.	Barcode

Tabella 4.2 – Tecnologie informatiche adottate dalle aziende

## 4.4 Sistemi picker-to-parts & parts-to-picker

*Nel caso di ordini sia grandi sia piccoli e con un basso numero di righe d'ordine da evadere giornalmente, i classici sistemi picker-to-parts rimangono tuttora diffusi, ma si assiste ad un progressivo incremento di soluzioni parts-to-picker.*

Dall'analisi dei casi di studio, è emerso che la maggior parte delle aziende continua ad usare sistemi picker-to-parts, nonostante esistano ormai moltissime alternative tecnologiche a maggiore automazione ed informatizzazione, in accordo con quanto espresso da De Koster *et al.* (2006): in particolare, sta aumentando l'adozione di sistemi parts-to-picker. Queste due tipologie, come mostrato da Dallari *et al.* (2008), si adattano a profili di ordini simili tra loro, infatti sono utilizzati per ordini di dimensioni sia grandi sia piccole, e con un numero non elevato di righe d'ordine ricevute al giorno (indicativamente, non oltre le 1.000): tutto questo concorda con quanto mostrato dall'analisi empirica, in cui, limitatamente ai dati disponibili, si sono riscontrati i valori mostrati in Tabella 4.4, i quali confermano i risultati espressi da Dallari *et al.* (2008).

Queste tipologie di prelievo sono quelle più utilizzate, infatti ben 20 aziende (la metà del totale) sfruttano sistemi picker-to-parts e 21 (il 52,5%) usano sistemi parts-to-picker. Allo scopo di capire quali elementi portino alla scelta dei sistemi picker-to-parts oppure parts-to-picker, si analizzano i pregi di tali OPS, secondo quanto riscontrato nell'analisi empirica.

Riguardo ai sistemi picker-to-parts, innanzitutto, vi sono i bassi costi fissi e di investimento: tali OPS necessitano di una ridotta spesa di avviamento, in pratica limitata al mezzo con cui il picker preleva gli articoli: infatti, anche nelle configurazioni più evolute (es. carrello trilaterale con operatore a bordo), questo costo è molto minore rispetto ad un trasloelevatore oppure un miniload. A livello tattico-strategico, ciò permette di riconfigurare i sistemi picker-to-parts rapidamente e con costi inferiori rispetto ad un sistema parts-to-picker (Park *et al.*, 2006); a livello operativo, invece, un altro pregio è l'alta flessibilità delle attività, in quanto l'uso di persone (e non di macchine) permette di fronteggiare praticamente qualsiasi imprevisto, mentre un sistema parts-to-picker potrebbe esserne incapace a causa della mancanza di "elasticità", sia a livello decisionale (es. software non programmato per agire in una certa situazione), sia a livello fisico (es. rotaie che vincolano i movimenti). Infine, le tecnologie esistenti sono spesso inadeguate: per quanto gli impianti automatici si stiano evolvendo, questi non sono ancora capaci di svolgere tutte le attività che una persona può fare, o almeno non riescono a farlo in modo economicamente conveniente in rapporto alla potenzialità di movimentazione richiesta, soprattutto per i prodotti fragili, voluminosi o pesanti (es. vetro, ceramica, prodotti "bianchi").

Di contro, i sistemi “parts-to-picker” hanno diversi vantaggi, principalmente legati all’elevato sfruttamento superficiale che gli AS/RS consentono: infatti, si possono raggiungere altezze maggiori rispetto ai normali carrelli elevatori ed i corridoi tra le scaffalature possono essere più stretti, in quanto non serve spazio per le manovre dei muletti: ad esempio, nel caso di *GMI (Coriano Veronese)*, si raggiunge l’altezza di 40 metri. L’uso di sistemi parts-to-picker permette dunque di effettuare investimenti più limitati sul terreno, massimizzando la potenzialità ricettiva: ad esempio, *Oleificio Zucchi* (scaffalature tradizionali affiancate da cataste) è in grado di stoccare 8.000 pallet in 10.000 m<sup>2</sup> di magazzino (sfruttamento superficiale di 0,8 pallet/m<sup>2</sup>), mentre l’*Azienda medicale-odontotecnica*, usando AS/RS, riesce a stoccare 5.000 pallet in 1.000 m<sup>2</sup> (pari a 5 pallet/m<sup>2</sup>). Un altro beneficio è rappresentato dai minori costi operativi e dalla riduzione degli operatori: i picker, infatti, incidono profondamente sui costi operativi totali del deposito e, inoltre, va considerato che in alcuni contesti è difficile reperire personale, dunque le aziende sono sempre più spinte a dotarsi di dispositivi automatici per sostituire gli operatori. Si deve poi considerare l’elevata disponibilità lavorativa delle macchine, che possono lavorare anche 24 ore al giorno: tramite un’opportuna turnazione dei picker, quindi, è possibile aumentare le ore di lavoro del magazzino. Non si deve poi dimenticare la possibilità di migliorare notevolmente il livello di servizio, in quanto un sistema automatico ha velocità ed accuratezza di esecuzione intrinsecamente superiori, potendo così ridurre notevolmente gli errori in fase di allestimento ordini. Infine, negli ultimi anni, si è registrato un continuo miglioramento della tecnologia costruttiva e di controllo degli AS/RS, che ne ha incrementato la velocità operativa, la portata e l’affidabilità.

Per quanto riguarda l’adozione dei sistemi picker-to-parts, il prelievo viene svolto utilizzando uno o più dei sistemi riportati in Tabella 4.3.

Sistema in uso		Numero aziende
Binari per capi appesi		2
Carrelli	Roll container	3
	Commissionatori	5
	Transpallet	3
	Frontali / a contrappeso	1
	Montante retrattile	5
	Trilaterali	2
	Pinze laterali	2
	Alta portata	1
	Non è specificato il tipo di carrello	11

Tabella 4.3 – Sistemi di prelievo a bassa automazione utilizzati dalle aziende

Per quanto concerne l'adozione dei sistemi picker-to-parts, nel Grafico 4.2 si mostra il numero di impianti AS/RS impiegati dalle aziende che svolgono il prelievo in modalità parts-to-picker.

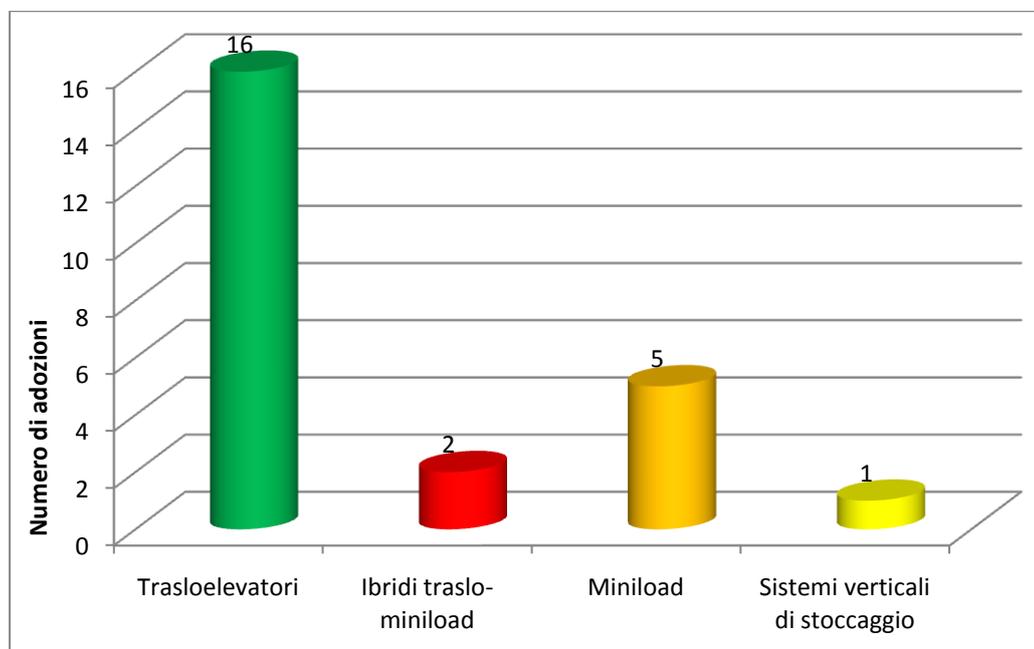


Grafico 4.2 – Impianti del tipo parts-to-picker implementati

Nel campione esaminato non sono adottati caroselli verticali o orizzontali, mentre è stato riscontrato un unico sistema verticale automatici di stoccaggio (*Piquadro*). Inoltre, si nota che nei magazzini di *Caleffi* e *Neologistica* coesistono sia impianti trasloelevatori sia miniload. Uno specifico problema dei sistemi AS/RS è il rischio di effettuare troppe movimentazioni, prelevando più volte lo stesso contenitore per soddisfare diversi ordini-cliente. Tale problematica è stata spesso risolta con l'utilizzo di piccole o grandi aree di buffer, mentre *Künzi*, ad esempio, ha adottato differenti strategie, quali il prelievo in logica batch picking, il potenziamento delle prestazioni dei propri AS/RS ed un'ottimizzazione dell'allocazione degli articoli nei contenitori: si è infatti analizzato lo storico degli ordini per evidenziare la correlazione tra le richieste degli articoli, così da associarli nello stesso contenitore.

Appare evidente che i sistemi picker-to-parts rimangono irrinunciabili per un grande numero di aziende, anche se molte di loro li stanno abbandonando in favore di OPS a maggior tasso di automazione: infatti ben 6 aziende (*Game Stop*, *Thun*, *BSL*, *Eral*, *Piquadro* e *Rancilio*), pari al 22,5% del totale, hanno in programma di ridurre la percentuale delle attività svolte manualmente nel proprio magazzino. Inoltre, si nota che è in atto una crescita dei magazzini che

utilizzano i sistemi parts-to-picker, in cui lo spostamento e il picking della merce vengono svolti da apparecchiature AS/RS (quali trasloelevatori, miniload, sistemi verticali automatici di stoccaggio, etc.) e non più manualmente, come è avvenuto negli stabilimenti di *Ambrovit*, *Fincoma*, *Fonderia Boccacci*, *Polo*, *Azienda medicale-odontotecnica*, *Starlim* e *Rancilio*. È poi interessante notare come molte aziende, vista la difficoltà di riconfigurare un sistema parts-to-picker, si siano preparate a future evoluzioni, spesso predisponendo il magazzino per la costruzione di ulteriori dispositivi automatici.

Dall'analisi empirica emerge, quindi, che i sistemi picker-to-parts, pur essendo ancora pesantemente presenti nel contesto industriale, sono destinati a diminuire, venendo sostituiti da OPS via via più precisi e performanti grazie al progresso tecnologico ed organizzativo, anche se è lecito presumere che tali sistemi non potranno mai scomparire del tutto, grazie alla versatilità ed alla economicità che li contraddistingue. I sistemi parts-to-picker, invece, grazie al continuo miglioramento tecnologico, stanno conquistando sempre più porzioni di mercato, ma si può pensare che non potranno mai sostituire completamente i picker-to-parts a causa degli alti costi e della bassa flessibilità che li caratterizza.

In Tabella 4.4 si riportano alcuni dati delle aziende esaminate che utilizzano OPS picker-to-parts e/o parts-to-picker: numero di referenze gestite, righe evase mediamente al giorno, altezza utile del deposito, area deposito e OPS adottati.

Azienda	Numero di referenze gestite	Righe / giorno evase in media	Altezza utile deposito	Area deposito	Picker-to-parts	Parts-to-picker
Ambrovit	10.000	1.200	25	2.000	x	x
n.d. (Azienda medicale-odontotecnica)	700.000	60	26	9.000		x
BSL	52.000	2.500	9,5	22.000	x	
Caleffi	4.000	n.d.	31,65	43.000		x
Ceva (abbigliamento)	40.000	n.d.	7,3	20.000	x	
Ceva (editoria)	62.000	n.d.	n.d.	80.000	x	
Comet	20.000	5.000	9,5	20.000	x	
Decathlon	40.000	35.000*	10	32.000	x	
Eral	80.000	144	10,5	12.000	x	x
EuroSpin Italia	n.d.	48.000	10,8	80.000	x	
Fincoma	15.000	640	23; 11**	34.000		x
GameStop	4.400	n.d.	7	1.500	x	
Granarolo	40	n.d.	15	34.000		x
GMI (Coriano Veronese)	80	n.d.	15	4.500		x
Künzi	4.000	750	12,7	5.000	x	x
MGM	500	n.d.	22,5	1.700		x
Neologista	n.d.	n.d.	29	17.000	x	x
Norbert Dentressangle	n.d.	n.d.	6; 12,5***	42.000	x	x
Novartis	n.d.	n.d.	22	1.700		x
Novellini	50	n.d.	7	n.d.		x
Oleificio Zucchi	350	120	6,5	80.000	x	

Panificio San Francesco	5	n.d.	13,2	3.000		x
Perfetti van Melle	n.d.	600	18,5	2.160		x
Piquadro	10.000	n.d.	n.d.	8.000	x	x
Polo	3.000	n.d.	15	20.000		x
Rancilio	n.d.	n.d.	n.d.	70.000	x	x
SGM	5.000	8.000	9,5	14.000	x	
Sirman	2.800	n.d.	15,4	24.000		x
SIT	15.000	650	11	12.000	x	x
Trasporti Lanzi	n.d.	n.d.	9	33.000	x	
Unico	65.000	n.d.	n.d.	13.000	x	
Unifarm	50.000	42.000	18	14.000	x	

\*solo codici sorterizzabili; \*\*rispettivamente, magazzino massivo e magazzino intensivo;  
 \*\*\* il primo edificio ha altezza utile tra 10,5 e 12,5 metri, il secondo di 6 metri

**Tabella 4.4 – Aziende che utilizzano sistemi picker-to-parts e parts-to-picker**

## 4.5 Sistemi pick-to-box & pick-and-sort

*I sistemi pick-to-box e pick-and-sort, nonostante risultino ancora scarsamente approfonditi in letteratura, trovano impiego in diversi settori in presenza di tanti ordini di piccole-medie dimensioni e di un elevato numero di referenze.*

Dall'analisi della letteratura si evince come sia tuttora poco approfondita l'analisi dei sistemi pick-to-box (Marchet *et al.*, 2011) e pick-and-sort (Melacini *et al.*, 2011): in effetti, questi sistemi sono usati in un numero contenuto fra i magazzini analizzati (7 e 3 aziende, rispettivamente, si avvalgono di tali OPS), ma è interessante notare come questi siano, tipicamente, magazzini distributivi di aziende di grandi dimensioni (si va dai 115 milioni di euro di fatturato di *Thun* ai 452 milioni di *Cef*). In accordo con quanto affermato da Dallari *et al.* (2008), i sistemi pick-to-box e pick-and-sort sono adatti a processare un alto numero di ordini di medio-piccole dimensioni, con un alto numero di righe da prelevare giornalmente e con un catalogo molto ampio, come si può osservare dalla Tabella 4.5, in base ai dati delle aziende esaminate.

Si osserva come sia le referenze, sia le righe d'ordine prelevate, siano molto elevate, passando dai 4.400 codici di *GameStop* ai 65.000 di *Unico* e dalle 35.000 righe/giorno di *Decathlon* (solo per gli articoli sorterizzabili) alle 120.000 di *Avon*. Da segnalare, inoltre, che gli ordini sono tendenzialmente molto frammentati (per *Unifarm*, in media, sono composti da più di 40 righe). Come già detto, i volumi processati non sono molto consistenti, così come la dimensione media dell'ordine (10 capi/ordine per *Ceva – abbigliamento* – e 3 colli/ordine per *GameStop*), dunque gli ordini vengono perlopiù spediti sottoforma di colli come consegne *multidrop*, spesso affidandosi a corrieri.

Un pregio dei sistemi pick-to-box è la loro flessibilità rispetto al carico di lavoro degli operatori, che può essere facilmente ritarato per evitare sbilanciamenti. Si è rilevato che i sistemi pick-to-box e pick-and-sort sono spesso affiancati da altri OPS, infatti, su 10 aziende che adottano tali sistemi:

- 6 hanno attivato anche sistemi picker-to-parts;
- una possiede un sistema parts-to-picker;
- 4 hanno sistemi di picking automatizzato.

Nel primo caso, si tratta di referenze inadatte ad essere gestite coi sistemi pick-to-box o pick-and-sort, in quanto voluminose, pesanti, delicate, poco movimentate, fuori sagoma oppure non sorterizzabili; in altre situazioni, invece, il prelievo picker-to-parts è presente in quanto serve a svolgere il *replenishment* delle postazioni di picking (consistenti in scaffali, canali a gravità, etc.), come

ad esempio in *GameStop*. Nel secondo caso, *Norbert Dentressangle* si affida ad un magazzino miniload per gestire i prodotti già allestiti in colli per la consegna, in attesa di un ulteriore prelievo per allestire pallet multi-articolo. Infine, è interessante notare come le quattro aziende che usano anche OPS automatizzati siano i quattro distributori farmaceutici (*Unico*, *Unifarm*, *Cef*, *Safar*) analizzati nel campione, i quali si affidano a dispenser per prelevare gli articoli a maggiore rotazione, lasciando ai sistemi pick-to-box (e, in alcuni casi, a quelli picker-to-parts) il compito di gestire i codici con minore rotazione e quelli che i dispenser non potrebbero prelevare (es. fragili, ingombranti).

Azienda	Numero di referenze gestite	Righe / giorno evase in media	Altezza utile deposito	Area deposito	Pick-to-box	Pick-and-sort
Avon	10.000	120.000	10,5	14.000	x	
Cef	40.000	65.000	12	9.380	x	
Ceva (editoria)	62.000	n.d.	n.d.	80.000	x	
Decathlon	40.000	35.000*	10	32.000		x
GameStop	4.400	n.d.	7	1.500	x	
Norbert Dentressangle	n.d.	n.d.	6; 12,5***	42.000		x
Safar	60.000	40.000	n.d.	10.200	x	
Thun	10.000	n.d.	12	52.000		x
Unico	65.000	n.d.	n.d.	13.000	x	
Unifarm	50.000	42.000	18	14.000	x	

\*solo codici sorterizzabili; \*\*\* il primo edificio ha altezza utile tra 10,5 e 12,5 metri, il secondo di 6 metri

**Tabella 4.5 – Aziende che utilizzano sistemi pick-to-box e pick-and-sort**

## 4.6 Completely automated picking

*L'applicazione di soluzioni "completely automated picking" trova impiego ormai consolidato in alcuni settori specifici, ma altrove è spesso ostacolata dall'elevato investimento iniziale.*

Dall'analisi degli articoli internazionali si evince come le soluzioni di prelievo del tipo "completely automated picking" siano poco utilizzate a causa degli alti costi di attivazione e dei pochi contesti in cui essi si dimostrano efficienti, ragion per cui esiste poca letteratura su questi temi (Dallari *et al.*, 2008; Baker and Halim, 2007); nell'analisi empirica, invece, si nota che ben 9 magazzini (il 22,5% del totale) adottano impianti di questo tipo, per la maggior parte dispenser A-frame e robot cartesiani. Gli stabilimenti che utilizzano sistemi "completely automated picking" sono elencate in Tabella 4.6 assieme ad alcune loro caratteristiche.

La disparità tra letteratura ed analisi empirica deriva da due aspetti principali: innanzitutto, l'analisi della letteratura si basa su articoli mediamente più datati rispetto ai casi di studio esaminati. Secondariamente, nell'analisi empirica sono stati tipicamente considerati stabilimenti di medio-grandi società che hanno recentemente riconfigurato ed ammodernato i propri apparati logistici, spesso costruendo una nuova struttura civile più adatta ad ospitare i nuovi impianti: risulta quindi naturale che in tali magazzini siano state implementate soluzioni mediamente più automatizzate, grazie al continuo progresso tecnologico.

Esaminando i casi di studio, sono stati riscontrati diversi vantaggi e svantaggi dei sistemi "completely automated picking", in parte coincidenti con quelli dei sistemi parts-to-picker. Tra i pregi, figurano la bassa incidenza degli errori dei macchinari utilizzati, la precisione e l'accuratezza di lavoro intrinsecamente superiori rispetto ad un picker, la maggiore disponibilità lavorativa (le macchine possono lavorare anche 24 ore al giorno), la notevole produttività di tali sistemi e la riduzione dei costi operativi. Di contro, gli svantaggi sono legati agli alti costi e tempi di implementazione, alla modesta flessibilità operativa ed alla difficoltà di riconfigurazione dopo la sua realizzazione.

Si è notato come la scelta di sistemi ad alta automazione sia praticamente obbligatoria per rimanere sul mercato in modo competitivo in settori merceologici dove gli articoli hanno un valore unitario medio-alto, sono di piccole o medie dimensioni, non fragili, di forma (e dimensioni) uniformi e dove vi sono forti vincoli di puntualità ed accuratezza delle consegne. Nella letteratura internazionale (Van den Berg and Zijm, 1999; Dallari *et al.*, 2008) si nota che le soluzioni "completely automated picking" vengono spesso associate ad articoli quali compact disc o prodotti farmaceutici: nei casi di studio, in accordo con la letteratura scientifica, si osserva un impiego consolidato di

sistemi ad alta automazione nel settore farmaceutico/medicale, in cui tutte le aziende che svolgono l'attività di distribuzione (*Unifarm, Cef, Safar* ed *Unico*) adottano dispenser A-frame per il picking dei codici con altissima rotazione. Inoltre, un altro comparto in cui vengono tipicamente utilizzati dispositivi automatici, è il settore dei videogiochi: nello stabilimento di *C.D. Verte* vi è una totale assenza di personale, sia in fase di stoccaggio che di prelievo, il tutto grazie alla presenza di robot cartesiani che effettuano in automatico le operazioni di picking per allestire i colli-cliente, lavorando 24 ore al giorno con accuratezza elevatissima.

Poiché i sistemi “completely automated picking” vengono adottati solo in presenza di particolari caratteristiche di mercato e di prodotto, tali soluzioni sono utilizzate solo in alcuni settori merceologici, e non vengono tipicamente impiegate negli altri comparti analizzati (Alimentare, Abbigliamento ed accessori, Elettronica di consumo, Componentistica, attrezzature e forniture industriali e macchinari ed Altri settori merceologici).

Per cautelarsi dal rischio di perdere in flessibilità, diverse aziende hanno adottato alcuni accorgimenti: ad esempio, *Unifarm* ha scelto di utilizzare, per il replenishment dei dispenser, delle scaffalature flessibili costituite da ripiani che possano contenere in futuro delle cassette di dimensioni differenti. Si può quindi desumere che, negli stabilimenti esaminati, le politiche per migliorare la flessibilità degli OPS automatizzati non riguardano direttamente le macchine automatiche, ma i sistemi o le aree che comunicano con loro, nell'ottica di mantenerle nelle condizioni adatte per funzionare al meglio, in quanto esse soffrono di un'elevatissima difficoltà di riconfigurazione.

Infine, occorre ricordare che, per sistemi “completely automated picking” non si intendono solo i singoli apparecchi quali dispenser o robot, ma si considerano nella loro interezza quei sistemi in cui la merce viene raccolta da dispositivi automatici, in accordo con la classificazione data da Dallari *et al.* (2008): un esempio è lo stabilimento di *Giacomini*, dove alcuni AGV si occupano interamente della movimentazione e del prelievo della merce, connettendo efficacemente il magazzino cantilever, il reparto produzione ed il magazzino per semilavorati.

<b>Azienda</b>	<b>Numero di referenze gestite</b>	<b>Righe / giorno evase in media</b>	<b>Altezza utile deposito</b>	<b>Area deposito</b>	<b>Dettagli</b>
C.D. Verte	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	Robot cartesiano
Cef	40.000	65.000	12	9.380	2 dispenser A-frame
Fonderia Boccacci	n.d.	n.d.	18-19	26.000	2 trasloelevatori ad alta portata (uno è in costruzione)
Giacomini	n.d.	n.d.	9,5	5.000	3 AGV a guida laser
Novellini	50	n.d.	7	n.d.	Robot cartesiano
Polo	3.000	n.d.	15	20.000	2 miniload
Safar	60.000	40.000	n.d.	10.200	5 dispenser A-frame
Unico	65.000	n.d.	n.d.	13.000	2 dispenser A-frame
Unifarm	50.000	42.000	18	14.000	4 dispenser A-frame

Tabella 4.6 – Aziende che utilizzano sistemi automated picking

## **4.7 Spinte all'adozione di soluzioni automatizzate ed informatizzate**

*L'adozione di soluzioni automatizzate ed informatizzate è principalmente spinta dalla necessità di un incremento in termini di efficienza ed efficacia.*

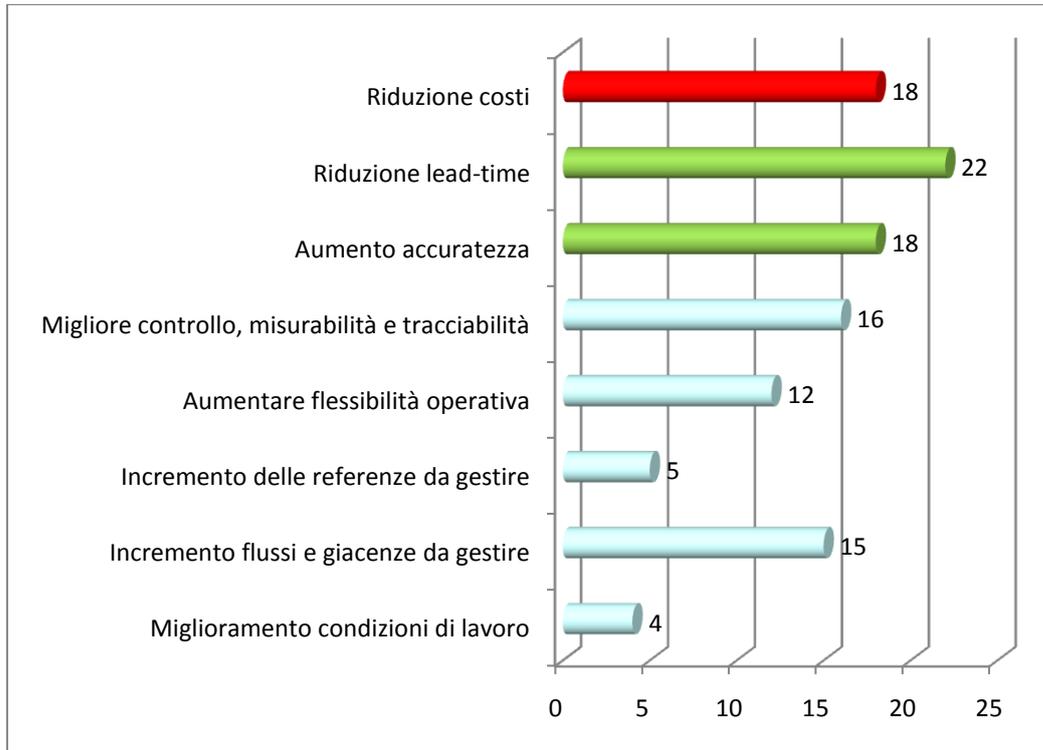
I risultati emersi dai casi di studio confermano e ampliano i risultati delle interviste svolte da Baker and Halim (2007), mostrando che le ragioni principali per cui si automatizzano i magazzini sono la necessità di adattarsi alla crescita dell'azienda e di aumentarne la competitività, principalmente attraverso una riduzione dei costi operativi ed un aumento del livello di servizio. Le altre motivazioni prevalenti che inducono alla realizzazione di soluzioni automatizzate sono collegate all'aumento della capacità di stoccaggio, al considerare la logistica un fattore competitivo, alla ricerca di maggiore sicurezza e benessere di lavoro per il personale (si pensi a settori come a quello del "freddo"), ai vincoli legislativi che impongono una serie di condizioni stringenti sull'attività distributiva e sul mercato (es. nel settore farmaceutico), alla necessità di garantire maggiore ordine e pulizia nell'ambiente di magazzino e, infine, alla ricerca di una considerevole riduzione del personale addetto alla movimentazione, correlata ad una riduzione degli errori in fase di allestimento ordini. Le altre ragioni che spingono un'azienda ad attivare soluzioni automatiche sono la necessità di fronteggiare dei forti cambiamenti, come ad esempio la sostanziale riduzione del tempo per consegnare la merce (causato anche dalle mutate necessità dei punti vendita, che hanno ridotto drasticamente il loro magazzino e, conseguentemente, necessitano di un elevato servizio per seguire la domanda del cliente), lo stravolgimento dei volumi in gioco o dell'ampiezza della gamma dei prodotti da servire.

Riguardo alle soluzioni informatizzate, invece, si sono riscontrate varie motivazioni che spingono le aziende ad adottare tali sistemi: esse sono legate alla volontà di migliorare la tracciabilità della merce all'interno del deposito, all'esigenza di controllare più direttamente i processi attraverso dati ed indicatori misurabili, all'ampiezza della gamma dei prodotti da servire, alla riduzione del personale addetto all'allestimento degli ordini e, infine, al desiderio di migliorare la qualità del servizio ai clienti in termini di tempi di risposta e di accuratezza. Per soddisfare queste richieste, le tecnologie attualmente disponibili sul mercato sono sempre più complesse: adattabilità e versatilità sono diventate requisiti indispensabili di ogni applicazione all'interno di uno stabilimento. Dall'analisi empirica si evince che, come detto da Brynzèr and Johansson (1995), utilizzando sistemi più informatizzati si può risparmiare sul lavoro dei picker e ridurre gli errori umani (principale causa di irritazione dei clienti), senza per questo ridurre la produttività degli operatori. Inoltre, si

osserva che, non solo non si riduce la produttività dei picker utilizzando sistemi informatici innovativi, ma la si può anche aumentare.

A causa della stretta correlazione tra l'informatizzazione e l'automazione, appare evidente che una buona parte delle motivazioni che spingono verso l'informatizzazione coincidono con quelle che portano alla ricerca dell'automazione. Infatti, molto spesso, queste due tipologie di sistemi sono affiancate: nel campione esaminato, ad esempio, *Fonderia Boccacci*, è passata da un OPS picker-to-parts (carrelli trilaterali) ad uno automatizzato in cui il prelievo è svolto da un trasloelevatore, e che viene governato da un sistema altamente informatizzato (assente nella configurazione precedente). Estendendo questo concetto, si può dire che, in generale, gli impianti automatizzati servono soprattutto a sostituire gli operatori nello *svolgimento* delle diverse attività, mentre i sistemi informatizzati hanno una funzione più focalizzata sul *controllo* (es. tracciatura delle merci mediante barcode) e/o sull'*ottimizzazione* delle operazioni (es. sistemi voice picking).

Riprendendo la categorizzazione esposta in Tabella 3.2, si nota che le motivazioni che hanno spinto verso l'automazione e l'informatizzazione della supply chain sono di fatto coincidenti con quelle che hanno spinto le aziende a riprogettare gli impianti di material handling: infatti, le diverse riorganizzazioni sono sempre state fatte nella direzione di una maggiore automazione e informatizzazione. Esse vengono riassunte nel Grafico 4.3:



**Grafico 4.3 – Motivazioni all’adozione di soluzioni automatiche ed informatizzate**

Il motivo predominante che, di fronte ad una riprogettazione della catena logistica, induce le aziende all’automazione e all’informatizzazione, è la riduzione del lead-time, seguita dall’aumento dell’accuratezza e dalla riduzione dei costi. Nella continua ricerca di soluzioni che permettano sempre più di raggiungere tali obiettivi, in questi ultimi anni le aziende hanno compreso il valore aggiunto garantito dai sistemi informatizzati a supporto dell’attività di picking.

## 4.8 Barriere all'adozione di soluzioni automatizzate ed informatizzate

*L'adozione di soluzioni automatizzate ed informatizzate è tuttora ostacolata da alcune barriere e criticità – principalmente i costi, le difficoltà di implementazione ed il rischio di ridurre la flessibilità – che ne limitano la diffusione.*

Dall'analisi empirica, si deduce che ci sono delle barriere e delle criticità che riguardano l'adozione di soluzioni automatizzate, e che quindi ne frenano la realizzazione. Innanzitutto, bisogna considerare i vincoli di edificabilità in altezza, imposti dalle amministrazioni, ed il rispetto delle norme (antincendio e sicurezza): nel primo caso, le aziende interessate (*Novartis, MGM, Panificio San Francesco e Perfetti Van Melle*) o hanno modificato il loro progetto iniziale riducendo l'altezza del deposito, o hanno interrato al di sotto del livello del suolo lo stabilimento, come fatto da *MGM* (per ben 10,5 metri) e da *Novartis* (6 metri). Nel secondo caso, invece, il rispetto delle norme antincendio ha coinvolto *Avon* e *SIT*, poiché utilizzano prodotti altamente infiammabile (rispettivamente cosmetici contenenti aerosol e cinghie in gomma), mentre il rispetto di specifiche norme di sicurezza ha coinvolto *Avon* e *MGM*.

In accordo con Baker and Halim (2007), altre criticità sono rappresentate dalla possibilità di perdere flessibilità a lungo termine e dall'elevato costo di investimento: spesso le aziende temono che i costi di riprogettazione ed attivazione delle nuove soluzioni siano troppo alti rispetto ai risparmi ottenibili sui costi operativi, e che dunque la spesa iniziale non sia recuperabile in tempi accettabili. A questi aspetti, si aggiunge l'elevata durata temporale di questa fase: di solito, la riprogettazione di una catena logistica o di una sua parte, impegna l'azienda per un tempo notevole (anche alcuni anni), rischiando di distoglierla dal suo core business. Un'altra barriera è il timore della fase di start-up dei nuovi sistemi: esiste una fase di passaggio tra l'abbandono del vecchio sistema e la piena entrata a regime di quello nuovo. Questa fase può essere critica e, in generale, viene temuto il fatto che possa causare una riduzione del livello di servizio nel medio-breve periodo, in accordo con quanto detto da Baker and Halim (2007) e da Hackman *et al.* (2001). Inoltre, si deve considerare la difficoltà di reperire concessioni edilizie per costruire una nuova sede. Infine, l'ultima barriera che riguarda l'adozione dei sistemi automatizzati è relativa all'affidabilità: imprevisti o malfunzionamenti delle soluzioni implementate possono creare notevoli problemi.

Non si deve poi dimenticare che, in uno o più comparti dell'azienda, può esistere una certa resistenza culturale al cambiamento: infatti, in un contesto di alta competitività e di esasperata ricerca della propria quota di mercato, è

naturale che un'azienda provi un certo timore di fronte all'idea di modificarsi profondamente, temendo che il rinnovamento possa peggiorare il contesto anziché migliorarlo. Infine, alcuni ostacoli possono derivare dall'avversione dell'utilizzatore finale del sistema, che si sente defraudato della totale autonomia che aveva utilizzando un sistema di magazzino più tradizionale. Questi rischi possono essere mitigati o evitati programmando accuratamente la fase di start-up dei nuovi sistemi, ad esempio con implementazioni graduali e/o opportune fasi di addestramento agli operatori.

Dall'analisi empirica si deduce che le principali criticità e barriere riguardanti l'adozione di soluzioni informatizzate sono rappresentate dai costi per implementare tali sistemi e dalle difficoltà di apprendimento degli operatori. Inoltre, si ricorda che i sistemi informatizzati condividono in parte le stesse criticità e barriere di quelli automatizzati, vista la stretta correlazione che esiste tra questi due aspetti. Nei casi di studio analizzati, a fronte di un miglioramento continuo delle tecnologie informatiche, si registra comunque una crescita ininterrotta della complessità gestionale dei flussi fisici e informativi causati da fenomeni già descritti (es. maggior livello di servizio richiesto e aumento delle referenze e dei volumi).

## 4.9 Livello di adozione di soluzioni 'green'

*In accordo con il crescente interesse verso le tematiche di eco-compatibilità e sostenibilità ambientale, numerose fra le aziende esaminate adottano soluzioni 'green'.*

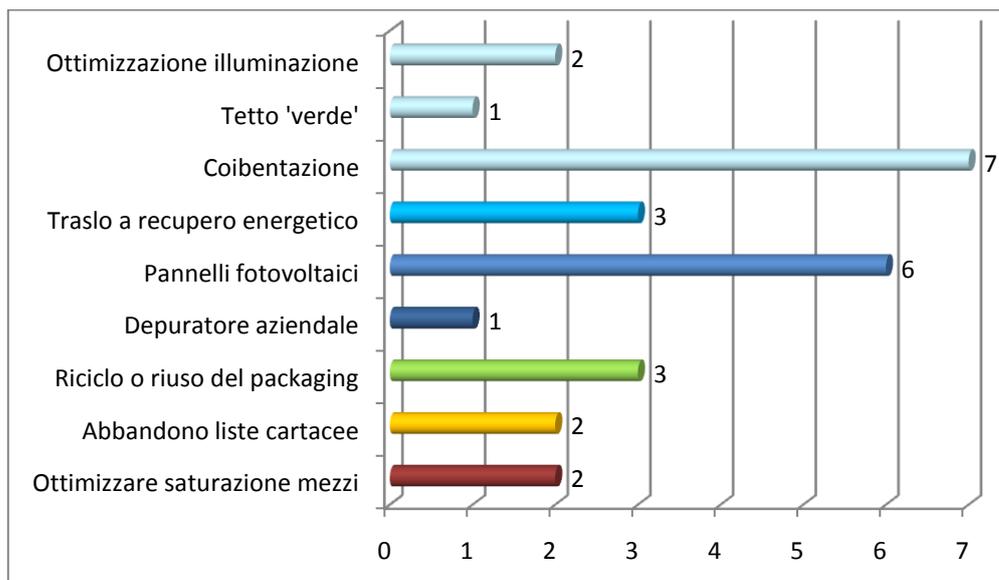
Nonostante la sostenibilità ambientale (e, in particolare, l'efficienza energetica) sia di forte interesse nella comunità scientifica e nella realtà industriale, vi è ancora poca letteratura su questo tema nell'ambito della progettazione di nuovi stabilimenti o le modifiche di depositi preesistenti (Dhooma and Baker, 2009): questo tema viene trattato in questa sede, grazie all'analisi svolta sui 40 casi di studio considerati. Analizzando i casi di studio, è possibile distinguere diversi approcci al tema della sostenibilità ambientale, la quale può essere perseguita tramite diverse iniziative, ciascuna realizzata con l'implementazione di una o più soluzioni specifiche: tali iniziative, insieme alla letteratura scientifica internazionale di riferimento, sono riportate in Tabella 4.7.

<b>Approccio</b>	<b>Iniziative</b>	<b>Soluzioni implementate</b>	<b>Aziende</b>	<b>Letteratura di riferimento</b>
Concezione 'green' dello stabilimento	Progettazione ecosostenibile dei magazzini	Ottimizzazione illuminazione	<i>BSL, Polo</i>	Murphy and Poist (2000); Hervani <i>et al.</i> (2005); Zhu and Sarkis (2007); Ciliberti <i>et al.</i> (2007); Lin and Ho (2008); Lieb and Lieb (2010); Jumadi and Zailani (2010)
		Tetto verde	<i>Unifarm</i>	
		Coibentazione	<i>Granarolo, Panificio San Francesco, MGM, Novartis, Neologista, Polo, Unifarm</i>	
	Efficienza energetica delle attrezzature di material handling	Traslo a recupero energetico	<i>Granarolo, Neologista, Novartis</i>	Jumadi and Zailani (2010)
	Sorgenti energetiche alternative	Pannelli fotovoltaici	<i>BSL, Ceva -Editoria-, Giacomini, GMI (Coriano Veronese), Künzi, Unifarm</i>	Murphy and Poist (2000); Hervani <i>et al.</i> (2005); Zhu and Sarkis (2007); Ciliberti <i>et al.</i> (2007)
Minore uso d'acqua	Depuratore aziendale	<i>MGM</i>	Murphy and Poist (2000); Jumadi and Zailani (2010);	

Packaging	Riduzione imballaggi	Riciclo o riuso del packaging	<i>Decathlon, Norbert Dentressangle, Künzi</i>	Murphy and Poist (2000); Gonzàles and Gonzàles (2006); Tsoufàs and Pappis (2008); Lieb and Lieb (2010); Jumadi and Zailani (2010)
Gestione interna	Riduzione consumi	Abbandono liste cartacee	<i>Comet, Trasporti Lanzi</i>	Murphy and Poist (2000); Lieb and Lieb (2010)
Esecuzione del trasporto	Riduzione 'trasporto d'aria'	Ottimizzare saturazione mezzi	<i>Granarolo, Panificio San Francesco</i>	Faruk et al.(2002); Gonzàles and Gonzàles (2006); Ciliberti et al.(2007); Lieb and Lieb (2010)

**Tabella 4.7 – Iniziative 'green' implementate dalle aziende**

Nel Grafico 4.4 è possibile notare il numero di aziende che hanno implementato le diverse soluzioni di sostenibilità ambientale individuate nel campione d'indagine.



**Grafico 4.4 – Numero di aziende che hanno implementato soluzioni 'green'**

La soluzione più utilizzata per migliorare la sostenibilità ambientale è la coibentazione, principalmente realizzata tramite pannelli termici isolanti: inoltre, nello stabilimento di *Polo*, si usano speciali vetrate che, oltre a fornire un ottimo isolamento termico, forniscono anche un efficace isolamento acustico per l'area degli uffici. Sono poi ampiamente diffusi i pannelli fotovoltaici, soluzione che ben si presta ad essere implementata sopra il tetto dei magazzini, visti gli ampi

spazi a disposizione. Altre metodologie utilizzate sono l'adozione di trasloelevatori a recupero energetico (durante le fasi di discesa e di frenata) e la riduzione degli imballaggi utilizzati (spaziando da *Künzi*, che opera le spedizioni usando cassette di plastica riutilizzabili, a *Decathlon*, che riutilizza, ove possibile, i cartoni in ingresso). Inoltre, vengono adottate alcune soluzioni per ottimizzare l'illuminazione degli ambienti (*BSL* ha inserito numerose finestre nel magazzino per sfruttare al massimo la luce naturale, mentre *Polo* ha installato lampade autoregolanti che dosano il consumo energetico in base alla luce solare percepita). Solo in un caso si utilizza un tetto "verde" per ridurre i consumi e si risparmia l'acqua (recupero dal depuratore aziendale). Infine, sono da segnalare due soluzioni correlate alla sostenibilità ambientale: l'aumento delle aree verdi del deposito (*Unifarm*) e la riduzione dell'impatto visivo, tipicamente realizzata dipingendo le pareti esterne del magazzino con una colorazione ben inserita nel paesaggio circostante (*Novartis*, *Fincoma*, *MGM* e *Giacomini*).

È interessante osservare il magazzino di *Polo*, in cui vengono adottate numerose soluzioni a favore della sostenibilità ambientale: coibentazione, tetto "verde" ed ottimizzazione dell'illuminazione. Inoltre, *Polo* è l'unica azienda, assieme ad *Unifarm*, che ha già in programma l'implementazione di ulteriori soluzioni sostenibili: nello specifico, *Polo* punta all'adozione di pannelli fotovoltaici, mentre *Unifarm* mira ad un futuro ampliamento dell'area destinata a tale soluzione.

Purtroppo, mancano strumenti e metodologie condivise per quantificare i costi ed i benefici delle singole iniziative a favore della sostenibilità ambientale (Rizzo, 2006), quindi sono necessarie ulteriori ricerche su questo tema, in particolar modo per poter capire e quindi migliorare il consumo energetico delle soluzioni implementate negli stabilimenti: va menzionato che, tra tutte le aziende considerate, nessuna di esse ha accusato problemi o inefficienze delle soluzioni impiegate, mentre due società hanno espresso la volontà di aumentare l'adozione di soluzioni per ridurre il consumo energetico. Quindi, le considerazioni svolte in questa sede possono essere usate come base di partenza per ricerche future.



## Conclusioni

La presente ricerca si è posta l'obiettivo di esaminare e discutere i risultati dell'indagine empirica basata su un campione di 40 magazzini italiani riguardo al tema dell'adozione di soluzioni di picking (Order Picking System, OPS). Per semplicità espositiva, tali risultati sono stati discussi criticamente aggregandoli attraverso *propositions*, supportate anche da un confronto con la letteratura scientifica internazionale.

Si è partiti da un'attenta analisi della letteratura scientifica internazionale, focalizzandosi in particolare su articoli recenti, così da fornire una panoramica il più possibile aggiornata e consistente dello stato dell'arte e delle criticità espresse dal settore e dal mondo accademico; in seguito, si è svolta un'analisi empirica sugli OPS adottati da un campione di 40 stabilimenti ubicati in Italia. Le aziende sono state intervistate allo scopo di raccogliere il maggior numero di dati qualitativi e quantitativi: tali dati sono stati poi analizzati, operando una *single-case analysis* su ogni azienda, un'analisi aggregata in base ai relativi settori merceologici d'appartenenza ed una *cross-case analysis* tra le diverse società. A supporto di questa ricerca, si è utilizzato un foglio di lavoro Excel per raccogliere ed organizzare i dati relativi alle realtà esaminate: in questo foglio sono stati raccolti i riferimenti dei casi di studio, le generalità delle aziende e degli specifici stabilimenti analizzati e, infine, i diversi sistemi di material handling utilizzati.

La decisione di compiere uno studio di questo tipo nasce dalla rilevanza del ruolo e dei costi delle attività di prelievo all'interno del contesto aziendale. Ciò è spesso accompagnato dalla difficoltà che le aziende hanno nello scegliere l'OPS più adatto allo specifico contesto in cui operano. Nel complesso emerge un crescente interesse verso la valutazione di soluzioni automatizzate ed informatizzate a supporto delle operazioni di picking, allo scopo di velocizzarne l'esecuzione e di ridurre i costi e gli errori causati dalla presenza di operatori. In questo senso, l'analisi empirica sembra dimostrare che fra i casi esaminati l'automazione è la leva vincente per aumentare l'efficienza e l'efficacia del magazzino ed evidenzia che, più le soluzioni implementate nello stabilimento sono automatizzate, maggiore è il grado di adozione ed il livello di complessità dei sistemi informativi adottati.

La metodologia di ricerca seguita è basata principalmente su quattro fasi:

- La ricerca bibliografica allo scopo di comprendere lo stato dell'arte e di individuare i benefici e le criticità legati all'adozione ed alla progettazione dei diversi OPS, considerando anche l'importante ruolo che possono svolgere l'automazione e l'informatizzazione;
- La descrizione delle metodologie di analisi seguite per raccogliere e riordinare i dati ricavati dai casi di studio all'interno del foglio di lavoro Excel;
- L'analisi empirica per dare una panoramica delle società esaminate (*single-case analysis*): si ha un'iniziale messa a fuoco degli stabilimenti, seguita da un'analisi aggregata in base al settore merceologico di appartenenza;
- L'individuazione delle proposition, cioè i messaggi-chiave e le linee di tendenza riguardanti gli OPS, ottenute dal confronto dei casi di studio (*cross-case analysis*).

Il presente studio è stato, perciò, organizzato come segue.

Il primo capitolo esamina la letteratura scientifica internazionale, includendo l'analisi approfondita di 66 articoli scientifici di ricerca sugli OPS. Più fonti autorevoli evidenziano che il picking rappresenta più della metà dei costi totali di un magazzino. Inoltre, si nota che il sistema picker-to-parts corrisponde alla grande maggioranza dei sistemi di picking in uso. È anche emerso che i temi dell'automazione e dell'informatizzazione (per svolgere o supportare le attività di picking) sono di grande interesse per la letteratura scientifica, nonostante esistano alcuni conflitti sull'effettiva efficacia di tali tecnologie. In seguito, sono state fatte delle considerazioni riguardanti la progettazione dei sistemi di picking, spaziando dalle decisioni di livello strategico, che necessitano di notevoli investimenti in termini economici e di tempi d'implementazione, a quelle di livello operativo, che hanno costo e durata molto minori, ed in cui i processi devono essere eseguiti entro i limiti fissati dalle decisioni prese a livello tattico e strategico. Infatti, la scelta del miglior sistema di picking non è né semplice né immediata, ma costituisce uno dei maggiori problemi che le aziende devono affrontare: nel livello strategico, tattico ed operativo della riprogettazione degli OPS viene deciso quale sistema adottare, considerando quindi le politiche più appropriate di picking, routing e stoccaggio, scegliendo il giusto layout del magazzino ed il corretto livello di automazione ed informatizzazione.

Questo capitolo rileva anche che alcuni temi importanti sono poco affrontati, alla luce delle problematiche attuali relative all'adozione ed alla progettazione degli OPS. Innanzitutto, si nota la mancanza di studi che esplorano l'interazione

tra diversi problemi decisionali. Allo stesso modo, è stata rivolta poca attenzione ai sistemi pick-to-box ed al quadro generale dei pick-and-sort. Inoltre, si nota che la progettazione dei layout, in particolar modo per sistemi picker-to-parts low-level, non è abbondante, ma il loro numero è in crescita. Si osserva poi che soltanto poche ricerche esplorano l'implementazione dell'automazione nei magazzini, anche se ciò coinvolge una buona parte del budget della Supply Chain. Infine, si è notato che esiste poca ricerca sulle tematiche della sostenibilità ambientale ed energetica applicata alle attività di magazzino, anche se essa è in crescita. Questi *research gaps* indirizzano future ricerche su tali argomenti.

Nel secondo capitolo si descrive dettagliatamente la metodologia seguita per svolgere, nelle sue diverse fasi, l'analisi empirica. Le informazioni raccolte sono state riordinate ed organizzate in un foglio di lavoro Excel, che è stato descritto nelle sue diverse parti, spiegando anche le logiche utilizzate per compilare le diverse celle. Successive analisi più approfondite potranno impostare un confronto con alcuni dei risultati emersi da questo lavoro e dall'analisi della letteratura internazionale. Infine, viene descritta brevemente la metodologia di lavoro seguita nei Capitoli 3 e 4.

Nel terzo capitolo si descrivono le aziende studiate durante l'analisi empirica (*single-case analysis*), mostrando una panoramica dei dati raccolti al fine di inquadrare efficacemente le realtà esaminate, considerando anche le motivazioni alla base dei rinnovamenti ed i benefici riscontrati. L'analisi dei casi di studio ha volutamente tenuto conto di aziende con caratteristiche eterogenee tra loro riguardo a fatturato, numero di dipendenti, ampiezza del mercato servito, localizzazione e tipo di fornitori/clienti, volumi fisici e finanziari gestiti, caratteristiche (peso, volume, valore, robustezza, densità) dei prodotti stoccati, UdC in ingresso ed uscita, tipologia di mercato ed eventuali normative. In questo contesto, si è scelto di svolgere un'analisi aggregando le aziende in base ai diversi settori merceologici di appartenenza, considerando la categorizzazione ATECO della società ed anche le eventuali analogie tra i sistemi di picking e tra le caratteristiche di prodotto e di mercato: qualora le società interne ad un settore fossero troppo poche per costituire un campione significativo (in alcuni casi si è analizzata una sola azienda) oppure quando tali società utilizzano OPS molto diversi tra loro, ci si è limitati ad un'analisi non aggregata di tali aziende.

Nel quarto capitolo si espongono i risultati dell'analisi empirica, svolgendo un confronto dei casi di studio esaminati (*cross-case analysis*) ed una comparazione con la letteratura scientifica esistente, esprimendo e discutendo questi risultati attraverso le seguenti *proposition*.

- P1 - Si osserva una crescente adozione di OPS automatizzati, con una particolare attenzione agli aspetti di flessibilità delle soluzioni (vista come ‘adattabilità’ a nuovi scenari di business).
- P2 - Si assiste ad una progressiva informatizzazione/automazione dei processi informativi per ottenere benefici di efficienza ed efficacia.
- P3 - Nel caso di ordini sia grandi sia piccoli e con un basso numero di righe d’ordine da evadere giornalmente, i classici sistemi picker-to-parts rimangono tuttora diffusi, ma si assiste ad un progressivo incremento di soluzioni parts-to-picker.
- P4 - I sistemi pick-to-box e pick-and-sort, nonostante risultino ancora scarsamente approfonditi in letteratura, trovano impiego in diversi settori in presenza di tanti ordini di piccole-medie dimensioni e di un elevato numero di referenze.
- P5 - L’applicazione di soluzioni “completely automated picking” trova impiego ormai consolidato in alcuni settori specifici, ma altrove è spesso ostacolata dall’elevato investimento iniziale.
- P6 - L’adozione di soluzioni automatizzate ed informatizzate è principalmente spinta dalla necessità di un incremento in termini di efficienza ed efficacia.
- P7 - L’adozione di soluzioni automatizzate ed informatizzate è tuttora ostacolata da alcune barriere e criticità – principalmente i costi, le difficoltà di implementazione ed il rischio di ridurre la flessibilità – che ne limitano la diffusione.
- P8 - Nonostante la letteratura approfondisca scarsamente il tema della sostenibilità ambientale, numerose aziende adottano soluzioni ‘green’.

## **Allegato A – Introduzione al Material Handling**

In questo allegato si fornirà un breve inquadramento della supply chain nel suo complesso e delle attività di material handling, allo scopo di contestualizzare le attività di picking. Si precisa che il presente capitolo, pur focalizzandosi sugli OPS, tratterà anche di aspetti collaterali ad esso, come ad esempio lo stoccaggio e la movimentazione della merce nei magazzini, visto che la progettazione degli OPS non può prescindere dalle fasi di lavoro ad essa limitrofe. Nei seguenti paragrafi si presenterà innanzitutto un breve glossario dei termini chiave usati nel prosieguo del lavoro. Successivamente, si darà un inquadramento del contesto industriale-commerciale in cui il picking si inserisce, descrivendo brevemente il funzionamento globale di una supply chain. Infine, si entrerà nel dettaglio dei sistemi di material handling utilizzati dalle aziende.

### **Glossario**

Prima di iniziare una trattazione completa degli OPS, si ritiene utile fornire un breve glossario per definire alcuni dei termini che verranno richiamati più frequentemente all'interno di questo lavoro.

**Logistica** → insieme delle attività organizzative, gestionali e strategiche che governano nell'azienda i flussi di materiali e delle relative informazioni dalle origini presso i fornitori fino alla consegna dei prodotti finiti ai clienti e al servizio post-vendita.

**Supply chain** → insieme delle differenti attività (e dei legami tra esse) di approvvigionamento materie prime, trasformazione in semilavorati e prodotti finiti e distribuzione dei prodotti finiti ai clienti, nonché degli attori che le effettuano e delle infrastrutture e risorse necessarie.

**Material handling** → consiste nella movimentazione, stoccaggio, controllo e protezione dei beni materiali attraverso il processo di produzione, distribuzione, consumo e smaltimento. Nel tema rientrano le logiche e gli apparecchi materiali ed informativi utilizzati per ben svolgere queste attività.

**Picking** → prelievo selettivo di UdC da UdC di ordine superiore allo scopo di allestire ordini: tipicamente, si tratta del prelievo di pezzi o cartoni da pallet oppure da contenitori di diversa natura.

**Lead-time** → intervallo di tempo che intercorre tra l'emissione dell'ordine ed il ricevimento dei prodotti conformi alle richieste.

**Accuratezza** → Conformità qualitativa e quantitativa della merce, degli imballaggi e dei documenti accompagnatori rispetto alle condizioni pattuite al momento dell'ordine. Specificatamente, l'accuratezza di prelievo è la corrispondenza tra gli articoli da prelevare durante una missione di prelievo e quelli effettivamente raccolti.

**Routing** → attività di scelta del percorso più efficiente con cui compiere una missione di prelievo all'interno dell'area di picking.

**Sorting** → processo mediante cui gli articoli prelevati vengono suddivisi in base alla loro destinazione finale.

**Consolidamento ordini** → processo mediante il quale vengono formate e riunite le UdC di trasporto (destinate a singoli clienti o a singole destinazioni) provenienti dalle diverse operazioni di picking e dall'eventuale sorting. Comprende il controllo finale delle UdC e l'abbinamento con i documenti di spedizione.

**Stock-out** → situazione che si verifica quando, a fronte di un ordine per un articolo in giacenza, le scorte sono insufficienti per soddisfare la domanda.

**Grado di copertura scorte** → probabilità di non avere stock-out durante il lead-time di rifornimento.

## **Panoramica sul settore**

La criticità delle fasi di prelievo è provocata innanzitutto dalla continua evoluzione del mercato, in cui ormai la competizione non si gioca più solo sul *prodotto*, ma anche e soprattutto sul *servizio* che l'azienda è in grado di offrire, specialmente a livello di accuratezza e di lead-time di evasione degli ordini. Inoltre, la crescente competitività del mercato ha reso necessaria la riduzione degli immobilizzi di capitale da parte delle aziende, che hanno progressivamente ridotto le scorte, fino al punto che alcune realtà non possiedono un magazzino vero e proprio, e vengono frequentemente rifornite (anche varie volte al giorno) dai loro fornitori e distributori. In questo contesto, è evidente come la gestione efficiente ed integrata di tutte le attività logistiche sia una leva fondamentale per vincere le sfide del mercato: il picking è un'attività importantissima all'interno della supply chain, in quanto incide profondamente sui costi e sulle performance del magazzino, al punto che gli apparati di material handling vengono spesso progettati attorno alle attività di prelievo, che maggiormente incidono sulla qualità di evasione degli ordini.

Lo svolgimento di attività di picking presuppone la presenza di scorte all'interno dell'apparato logistico di un'azienda: infatti, se per ipotesi le società

non si dotassero di scorte, allora tutti gli ordini ricevuti sarebbero evasi ordinando oppure producendo sul momento la merce richiesta. Tutto questo non è ovviamente possibile, in quanto si creerebbero ritardi nella consegna che i clienti non potrebbero mai accettare: infatti, all'interno di un qualunque sistema produttivo-distributivo, esiste un punto di disaccoppiamento che separa le attività gestite su previsione da quelle gestite su ordine. Se, ad esempio, un bene ha un tempo di consegna pari a tre mesi, le fasi di lavoro che richiedono meno tempo possono essere gestite su ordine, mentre quelle che hanno bisogno di più di tre mesi devono basarsi su previsioni e su un adeguato livello di scorte. Questa separazione è appunto possibile grazie alle scorte, le quali permettono di disaccoppiare le fasi operative, introducendo maggiori gradi di libertà nel processo e consentendo di mettere in serie processi caratterizzati da ritmi operativi diversi, il tutto garantendo un migliore livello di servizio (riduzione del lead-time, minore probabilità di andare incontro a stock-out) ed aumentando la continuità di funzionamento dei processi. Di contro, le scorte comportano due costi rilevanti che, sommati assieme, danno il cosiddetto costo di mantenimento delle scorte:

1. Oneri finanziari → le scorte sono considerabili come un capitale immobilizzato, il cui costo sarà pari al costo del denaro, cioè un opportuno tasso;
2. Oneri di stoccaggio → questa voce è data dalla somma di diversi aspetti, quali il costo degli impianti di stoccaggio (terreno, immobile, illuminazione, riscaldamento, etc.), gli oneri assicurativi ed i costi delle scorte “morte”, cioè quelle che hanno subito un deprezzamento a causa di obsolescenza tecnica, effetto moda oppure deperibilità del prodotto.

Per la maggior parte delle aziende, le attività logistiche prevedono numerose interazioni tra diversi attori e stabilimenti. Innanzitutto, ogni società possiederà un certo numero di fornitori da cui acquistare i beni ed i servizi che non produce autonomamente. Tra i beni comprati possono trovarsi indifferentemente materie prime, semilavorati o prodotti finiti, mentre tra i servizi acquisiti si hanno ad esempio le attività di trasporto, quelle di consulenza oppure una parte della forza lavoro, quest'ultima spesso fornita da cooperative specializzate. Oltre ai fornitori, ogni azienda possiederà diversi clienti, la cui incidenza sul fatturato è spesso descrivibile con una curva di tipo paretiano, con pochi clienti a dare la maggior parte degli introiti. I clienti potranno essere di diverso tipo: punti vendita, utilizzatori finali, industrie, enti pubblici, piattaforme distributive, depositi centrali/periferici oppure altre filiali della stessa azienda. Conviene precisare che i concetti di “fornitore” e “cliente” non sono da intendere esclusivamente nella forma propria del termine, ma anche in modo più ampio, a seconda del livello di dettaglio con cui si considera la catena logistica: ad esempio, i clienti di uno stabilimento produttivo saranno i diversi depositi

centrali e periferici, mentre i suoi fornitori diretti saranno le aree di stoccaggio ad esso dedicate.

Considerando gli stabilimenti aziendali, le diverse società sono dotate di uno o più impianti ove stoccare i prodotti acquistati, che potranno poi seguire diversi percorsi. Una tra le situazioni più frequenti è l'ingresso in uno stabilimento produttivo, in cui materie prime e semilavorati subiscono una serie di trasformazioni fisiche che ne aumenta il valore: in seguito, i prodotti trasformati possono essere direttamente stoccati in attesa della vendita o spediti ad ulteriori livelli della catena logistica (dove potranno subire successive trasformazioni oppure essere venduti). La fase produttiva può essere tuttavia assente: in questo caso la merce viene semplicemente stoccata in attesa della spedizione a clienti oppure ad altri depositi, spesso subendo una de-unitizzazione a causa della ridotta dimensione degli ordini-clienti. Nel caso di cross-docking la fase di stoccaggio può essere addirittura assente, con la merce che subisce solo un trasferimento da un mezzo di trasporto ad un altro.

## **Sistemi di material handling**

In questo paragrafo si descrivono gli apparati di material handling interni agli stabilimenti aziendali. Bisogna precisare che ogni singolo apparecchio può essere usato per svolgere più di un'attività all'interno dello stesso magazzino: ad esempio, i carrelli elevatori possono essere usati sia per il carico/scarico dei mezzi di trasporto, sia per movimentare le UdC. Tuttavia, in questa sede si preferisce dare una descrizione dei sistemi disaggregando l'analisi in base alle funzioni svolte.

### *(i) Ricezione merci*

La prima fase di lavoro che ogni stabilimento deve affrontare è la ricezione della merce in ingresso, che deve essere scaricata dai mezzi di trasporto e portata all'interno del magazzino. Nelle configurazioni di material handling più semplici, la merce viene scaricata manualmente dagli operatori, ma questa variante è possibile solo nel caso di quantità ridottissime in termini di peso e volume (es. la consegna di un collo da parte di uno spedizioniere), pena una drastica perdita di efficienza. Inoltre, non bisogna dimenticare che esistono normative che regolamentano in modo rigido le eventuali movimentazioni manuali della merce, allo scopo di evitare danni ed infortuni agli operatori. Per questi motivi, nella maggior parte dei casi i mezzi vengono scaricati con carrelli elevatori comandati da operatori a bordo del mezzo: questa soluzione garantisce un buon compromesso in termini di costi d'impianto, portata dei mezzi, rapidità d'esecuzione e flessibilità operativa. In un numero ristretto di casi si usano sistemi ad alta automazione, ad esempio nastri trasportatori o bracci telescopici che vengono inseriti nei mezzi di trasporto: questi impianti hanno migliori

prestazioni rispetto ai precedenti, anche se i costi d'attivazione sono molto superiori e sono caratterizzati da una minore flessibilità operativa. Dopo lo scaricamento dei mezzi, la merce subisce diversi controlli, principalmente per verificare la conformità dei prodotti ricevuti all'ordine: in particolare, si esaminano il peso ed il volume dell'UdC e si svolgono controlli a campione sulla qualità della merce.

*(ii) Preparazione della merce allo stoccaggio*

Dopo la loro ricezione, le merci possono subire alcune operazioni per adattare al sistema di stoccaggio utilizzato, proteggerle da eventuali danni ed identificare l'UdC:

1. standardizzazione dimensioni → spesso le UdC ricevute non hanno ancora la forma e la dimensione ottimale per essere inserite nel sistema di stoccaggio, ad esempio perché sono state ricevute dal Far East sottoforma di colli o di pallet non EUR all'interno di container, quindi devono essere de-pallettizzate e ripallettizzate sopra bancali di formato standard;
2. filmatura → spesso i pallet vengono avvolti in apposite pellicole per proteggerli dalla polvere o da altri agenti (acqua, olio) che possono rovinare la merce o rendere l'imballaggio meno presentabile alla vendita;
3. etichettatura → ogni UdC deve essere univocamente identificabile: per fare questo si appone, nella quasi totalità dei casi, un'etichetta adesiva dotata di un codice a barre ad alto contrasto che possa essere letta da un apposito sensore ottico;
4. ulteriori controlli → infine, si fanno altri esami per verificare che le UdC siano effettivamente compatibili con le dimensioni del sistema di stoccaggio; talvolta, inoltre, le UdC vengono pesate per ben distribuire le masse nelle varie aree di stoccaggio.

*(iii) Stoccaggio*

Una volta approntate le UdC, esse sono pronte per l'ingresso nell'area di stoccaggio. Sebbene esistano moltissime varianti per il deposito della merce, tra le più utilizzate figurano:

1. scaffalature porta pallet a profondità singola o doppia;
2. scaffalature per lo stoccaggio di colli o cassette;
3. cataste;
4. serbatoi o silos per rinfuse liquide o secche;
5. mensole cantilever per prodotti lunghi.

La scelta del sistema di stoccaggio si basa innanzitutto sulla definizione della potenzialità ricettiva (PR) e sulla potenzialità di movimentazione (PM) che il sistema dovrà avere. La PR e la PM vengono stabilite in funzione delle previsioni di vendita e del livello di servizio (velocità di evasione degli ordini, grado di copertura scorte) che si vorrà fornire ai clienti, fermo restando la necessità di opportune scorte di sicurezza per cautelarsi dall'imprevedibilità del mercato. Si dovranno inoltre considerare anche altri aspetti, ad esempio la natura fisica degli articoli stoccati (peso, volume, robustezza) ed i vincoli legislativi e di mercato. Ogni sistema ha le proprie prestazioni, valutabili in termini di:

1. costi di stoccaggio e movimentazione;
2. sfruttamento superficiale → è il rapporto tra la PR e l'area di stoccaggio: valori alti permettono di risparmiare sul terreno utilizzato, ma causano maggiori costi di attivazione dei sistemi, che dovranno essere più evoluti;
3. selettività degli articoli → è la percentuale di UdC direttamente accessibili rispetto al totale.

Infine, si ricorda che, oltre alla scelta dei sistemi fisici, si dovranno valutare anche i criteri di allocazione della merce nel magazzino.

#### *(iv) Picking*

Come già detto, i sistemi di picking sono estremamente importanti, in quanto costituiscono la maggior parte dei costi di magazzino, anche se la loro scelta non può prescindere dalla scelta dei sistemi di stoccaggio e movimentazione: tuttavia, visto che è proprio la politica di prelievo a determinare primariamente le prestazioni della fase di allestimento ed evasione degli ordini, sarà importante scegliere l'OPS più adatto a garantire il livello di servizio necessario per rimanere competitivi sul mercato. Come per tutti i sistemi utilizzati negli stabilimenti, è in corso una progressiva automatizzazione ed informatizzazione dei sistemi di picking, nel tentativo di migliorarne la precisione ed il rendimento: tuttavia, per attivare la soluzione più personalizzata, performante e flessibile, è necessario compiere un'accurata analisi qualitativa e quantitativa del contesto aziendale, e solo dopo si potrà passare effettivamente alla progettazione degli OPS. È da notare che esistono attualmente molte società di consulenza e progettazione dei sistemi di material handling, realtà per cui il core business consiste proprio nel loro know-how logistico.

Il tempo totale di una missione di prelievo è dato dalla somma del tempo di viaggio attraverso l'area di picking, del tempo di presa e verifica dell'articolo (presso i punti dove si svolge il prelievo) e dei tempi amministrativi ad inizio e fine missione (ottenimento della lista di prelievo, deposito merce, etc.). Diversamente dalle altre due componenti, il tempo di viaggio ideale, il quale

non considera un'eventuale congestione, dipende strettamente dalla lunghezza percorsa nell'area di picking, dunque è importante scegliere l'accoppiamento tra politiche di routing e politiche di allocazione degli articoli che dia la massima efficienza possibile.

(v) *Movimentazione interna*

Le merci, ovviamente, dovranno essere spostate tra le diverse aree del magazzino nel modo più rapido ed efficiente possibile. La scelta dei sistemi di movimentazione interna, come già ricordato, non può prescindere da quella delle soluzioni di stoccaggio e picking, in quanto le prestazioni di tali apparati si influenzeranno reciprocamente. Ad esempio, si dovrà considerare l'altezza raggiungibile dai sistemi di movimentazione e la larghezza che dovranno avere i corridoi tra le scaffalature per permettere le manovre dei sistemi stessi: questi valori condizionano direttamente lo sfruttamento superficiale ed i costi dell'area di stoccaggio, infatti esisterà un trade-off tra il costo e le prestazioni di questi impianti, quindi si dovrà scegliere la soluzione più efficiente per lo specifico contesto. Tra i sistemi di movimentazione più utilizzati si ricordano:

1. carrelli manuali;
2. transpallet;
3. carrelli elevatori:
  - a. a contrappeso;
  - b. a montante retrattile;
  - c. trilaterali;
  - d. bidirezionali → vengono usati nei magazzini cantilever perché possono ruotare di 90° le ruote;
4. sistemi automatici (trasloelevatori e miniload);
5. carrelli commissionatori → usati soprattutto per le attività di picking;
6. sistemi continui → si tratta di dispositivi convogliatori di vario tipo che possono spostare la merce a bordo di rulli, catene, rotelle, nastri, vassoi o rotaie; possono essere folli, a gravità oppure motorizzati e quindi capaci di spostare la merce anche in salita;
7. robot di varia natura.

(vi) *Smistamento e sorting*

A rigore, le attività di smistamento e sorting sono una parte di quelle di movimentazione interna della merce, infatti i sistemi utilizzati possono essere i medesimi, principalmente convogliatori a vassoi, a nastro o a rulliere: tuttavia, viste le loro peculiari caratteristiche e funzionalità, conviene analizzarle separatamente. Nello specifico, questa fase di lavoro avviene contestualmente al picking oppure dopo di esso e spesso coinvolge UdC più piccole (colli o pezzi) di quelle processate prima del prelievo della merce (tipicamente pallet): inoltre,

tali operazioni sono asservite al consolidamento degli ordini, con i sistemi di movimentazione che sono dotati di opportuni dispositivi per deviare la merce ed indirizzarla verso le postazioni in cui avranno luogo gli eventuali imballaggi e ripallettizzazioni della merce.

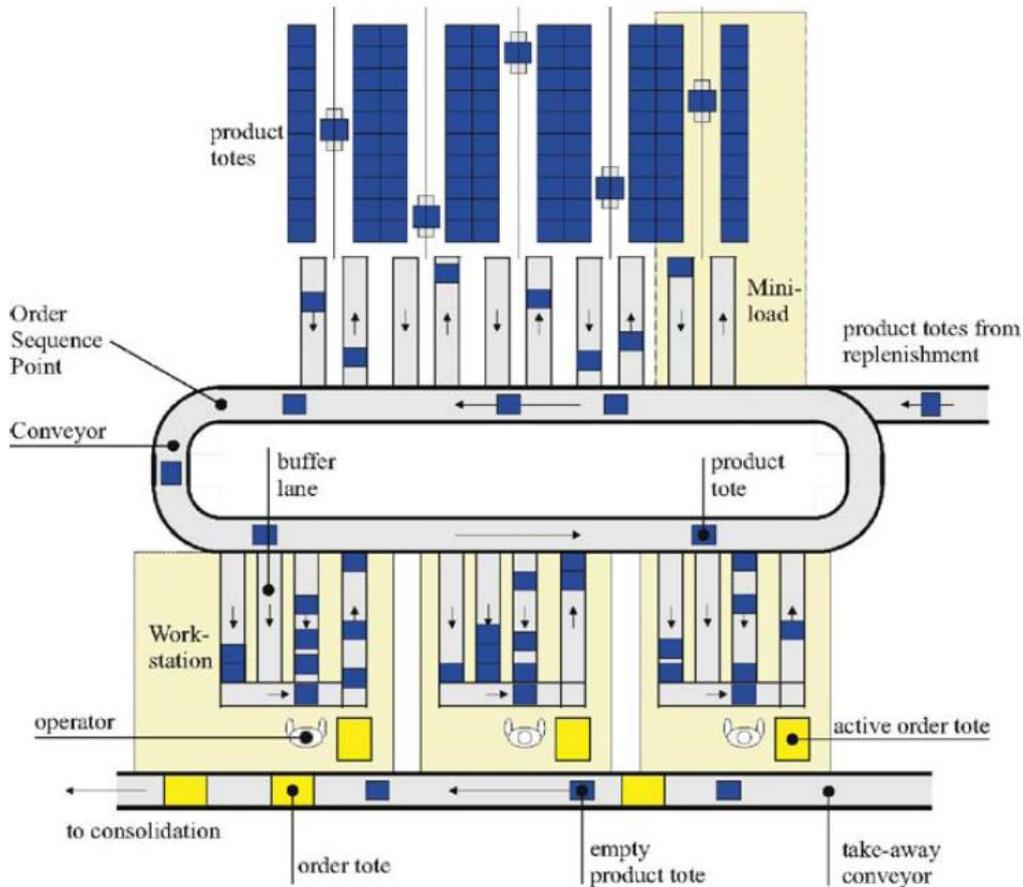


Figura A.1 – Esempio di magazzino automatizzato con miniload (Andriansyah *et al.*, 2010)

(vii) *Spedizione e trasporto*

L'ultima funzione svolta all'interno di uno stabilimento aziendale è la spedizione della merce alle destinazioni prestabilite. Questa fase deve essere preparata accuratamente allo scopo di ottimizzarne i costi: per raggiungere tale obiettivo, è importante raggiungere la massima saturazione a peso dei mezzi, così da ridurre il "trasporto d'aria", che aumenta le spese per l'azienda e genera costi esterni di inquinamento e congestione per la collettività.

*(viii) Gestione e controllo*

In numerosi stabilimenti vengono utilizzati dei sistemi informatizzati per gestire e sovrintendere a ricevimento, movimentazione, stoccaggio, prelievo, smistamento e spedizione dei materiali e delle informazioni ad essi connesse. Inoltre, tali sistemi permettono anche di gestire l'intera catena logistica dell'azienda, includendo le eventuali vendite e-commerce. Il Warehouse Management System (WMS) è il sistema informatizzato che permette di svolgere tutte le attività sopra citate e di ottimizzare lo stoccaggio dei materiali, basandosi su informazioni in tempo reale circa lo stato dell'utilizzo dello spazio nel deposito; offre quindi una svariata serie di funzionalità utilizzabili sia per la gestione dei flussi logistici che per il coordinamento delle attività operative di magazzino. Tra le principali attività che può gestire ed ottimizzare compaiono:

- la mappatura delle aree di magazzino;
- la gestione e l'evasione degli ordini;
- il coordinamento e l'avanzamento delle attività di picking e packing;
- l'allestimento delle liste di prelievo;
- la gestione dei sistemi pick-to-light e put-to-light;
- la gestione delle spedizioni;
- la gestione degli inventari;
- riempimento automatizzato della forward area;
- riallocazione notturna delle UdC;
- creazione dei percorsi di routing.

Nella maggior parte dei casi, tale sistema permette di effettuare una precisa e dettagliata raccolta dei dati, garantendo la tracciabilità dei flussi e la rintracciabilità dei prodotti. In alcuni casi, il WMS gestisce i sistemi automatici di movimentazione (trasloelevatori e miniload), oppure può interagire con il sistema informativo che svolge tale compito. Si ricorda che, in alcuni contesti, esiste anche un sistema informativo centrale (ERP, Enterprise Resource Planning) di gestione che integra tutti i processi di business rilevanti di un'azienda (vendite, acquisti, contabilità, etc.); i moderni sistemi di ERP coprono tutte le aree che possono essere automatizzate e monitorate all'interno di un'azienda, permettendo così agli utilizzatori di operare in un contesto uniforme ed integrato, indipendentemente dall'area applicativa.



## Allegato B – Riferimenti bibliografici dei casi di studio analizzati

Nome azienda	Riferimenti del caso di studio				
	Anno	Mese	Rivista	Autori	Altre fonti
Ambrovit	2010	Settembre	Logistica	Alessandro Creazza, Marco Melacini	2009, Luglio- Agosto, Euromerci, Sara Perotti
Avon Products	2010	Giugno	Logistica	Marco Melacini, Valentina Pontiggia	
Azienda medicale- odontotecnica (n.d.)	2009	Marzo	Logistica	Marco Melacini, Sara Perotti	
BSL	2010	Febbraio	Logistica	Sara Perotti, Marco Melacini	2009, Novembre, Euromerci, Sara Perotti
C.D. Verte	2010	Marzo	Euromerci	Sara Perotti	
Caleffi	2010	Gennaio- Febbraio	Euromerci	Sara Perotti	
Cef	2008	Febbraio	Logistica	Marco Melacini, Sara Perotti	
Ceva Logistics (abbigliamento)	2010	Giugno	Euromerci	Sara Perotti	
Ceva Logistics (editoria)	2011	Marzo	Euromerci	Sara Perotti	
Comet	2008	Aprile	Logistica	Marco Melacini, Sara Perotti	
Decathlon	2011	Maggio	Logistica	Marco Melacini, Elena Tappia	
Eral	2010	Novembre	Logistica	Paolo Romeo	2009, Dicembre, Euromerci, Sara Perotti

ALLEGATO B

---

EuroSpin	2009	Aprile	Logistica	Marco Melacini, Sara Perotti	
Fincoma	2010	Ottobre	Logistica	Claudia Colicchia, Marco Melacini	
Fonderia Boccacci	2008	Maggio	Logistica	Marco Melacini, Manolo Mizzi	
GameStop Corporation	2008	Settembre	Logistica	Marco Melacini, Manolo Mizzi	
Giacomini	2008	Ottobre	Logistica	Marco Melacini, Manolo Mizzi	
Granarolo	2008	Marzo	Logistica	Marco Melacini, Manolo Mizzi	
Grandi Molini Italiani (GMI)	2009	Ottobre	Logistica	Marco Melacini, Alessandro Creazza	
Künzi	2010	Marzo	Logistica	Marco Melacini, Valentina Pontiggia	
MGM Mondo del Vino	2010	Maggio	Logistica	Alessandro Creazza, Marco Melacini	
Neologistica	2011	Gennaio	Logistica	Alessandro Creazza	2009, Aprile, Euromerci, Sara Perotti
Norbert Dentressangle	2010	Maggio	Euromerci	Sara Perotti	
Novartis Vaccines and Diagnostics	2011	Febbraio	Logistica	Alberto Zampieri	
Novellini	2008	Luglio	Logistica	Marco Melacini, Manolo Mizzi	
Oleificio Zucchi	2007	Marzo	Logistica	Marco Melacini, Sara Perotti	
Panificio San Francesco	2009	Giugno	Logistica	Marco Melacini, Alessandro Creazza	
Perfetti van Melle	2009	Maggio	Logistica	Marco Melacini	

Piquadro	2009	Settembre	Euromerci	Sara Perotti	
Polo	2011	Marzo	Logistica	Alessandro Creazza	
Rancilio	2010	Ottobre	Euromerci	Sara Perotti	
Safar società cooperativa	2011	Aprile	Logistica	Cesare Cernuschi	
SGM	2010	Gennaio	Logistica	Marco Melacini	
Sirman	2009	Ottobre	Euromerci	Sara Perotti	
SIT	2009	Febbraio	Logistica	Gino Marchet, Sara Perotti	
Thun	2009	Settembre	Logistica	Cesare Cernuschi	
Trasporti Lanzi	2009	Gennaio	Logistica	Marco Melacini	
Unico	2009	Maggio	Euromerci	Sara Perotti	
Unifarm	2007	Ottobre	Logistica	Marco Melacini, Manolo Mizzi	

**Tabella B.1 – Riferimenti bibliografici dei casi di studio esaminati**



## Allegato C – La Tabella Excel

Si presenta la tabella Excel usata per raccogliere e riordinare i dati dei diversi casi di studio.

		<b>Dato</b>	<b>Riempimento</b>
<b>Generalità azienda</b>	Nome azienda		Testo
	Nazione		Scelta multipla
	Città		Scelta multipla
	Provincia		Scelta multipla
	Settore merceologico	Interviste	Testo
		ATECO	
		Descrizione Aida	
	Tipo di stabilimento	Produttore	Binaria
		Distributore	
		Operatore logistico	
	Fatturato (anno di riferimento)	Interviste	Numerica
		Mondiale	
		Italiano	
Stabilimento			
Numero di dipendenti (anno di riferimento)	Interviste	Numerica	
	Mondiale		
	Italiano		
	Stabilimento		
Dettagli		Testo	
<b>Generalità magazzino</b>	Funzione del magazzino		Scelta multipla
	Prodotti gestiti	Materie prime	Binaria
		Semilavorati	
		Prodotti finiti	
	Anno di entrata in esercizio della struttura civile		Numerica
	Tipo di struttura civile		Scelta multipla
	Area (mq)	Valore	Numerica
		Dettagli	Testo
	Altezza utile (m)	Valore	Numerica
		Dettagli	Testo
N° referenze gestite		Numerica	

		Caratteristiche prodotti gestiti	Dettagli1	Testo		
			Dettagli2	Testo		
		N° ordini/anno ricevuti		Numero/Testo		
		N° medio righe/ordine		Numero/Testo		
		Flussi IN		Numero/Testo		
		Origine della merce in ingresso		Testo		
		Flussi OUT		Numero/Testo		
		Destinazione della merce in uscita		Testo		
		Stagionalità		Testo		
		Eventuali vincoli		Testo		
		Soluzioni precedenti		Testo		
		Motivi adozione nuovi sistemi e benefici riscontrati	Vedere paragrafo 3.2.2	Binaria		
		<b>Soluzioni di material handling in uso</b>	Parte generale	Sistema in uso		Scelta multipla
				Specifiche del sistema in uso		Testo
Anno di entrata in esercizio delle soluzioni attivate				Numerica		
Fornitore della soluzione				Scelta multipla		
Funzione/i del sistema	Ricezione merci		Binaria			
	Stoccaggio					
	Picking					
	Movimentazione					
	Smistamento e sorting					
Picking	Sistema di picking		Picker-to-parts	Binaria		
			Pick-to-box			
			Pick-and-sort			
			Parts-to-picker			
			Automated picking			
			No picking			
Logiche di picking			Scelta multipla			
Dettaglio sul picking			Testo			
Stoccaggio	Potenzialità ricettiva		Numerica			
	Tipo di UdC gestite		Scelta multipla			
	Dimensioni UdC gestite		Numerica			
	Dettaglio sulla potenzialità ricettiva		Testo			
	Politiche di allocazione articoli		Testo			

	Movimentazione	Potenzialità di movimentazione complessiva e parziale	IN	Numerica
			OUT	Numerica
	Reparto spedizioni	Tipo di UdC spedite		Scelta multipla
		Dimensioni UdC spedite		Numerica
	Identificazione e scambio informativo	Sistemi di trasmissione dati agli operatori		Scelta multipla
		Sistemi di identificazione dei materiali		Scelta multipla
<b>Riferimenti articolo</b>	Anno		Numerica	
	Mese		Scelta multipla	
	Rivista		Scelta multipla	
	Autori		Scelta multipla	
	Pagine		Numerica	
	Altra fonte		Testo	
<b>Altro</b>	Breve riassunto		Testo	
	NOTE		Testo	

Tabella C.1 – Intestazione della tabella Excel usata

È utile, ai fini della comprensione, entrare nel dettaglio di alcune delle colonne. Riguardo al “settore merceologico” si sono considerati tre dati, cioè “interviste” (descrizione derivata dalle interviste alle aziende e riportata negli articoli conseguenti), “ATECO” (categorizzazione rilevata dal database AIDA) e “Descrizione AIDA” (una breve descrizione delle attività svolte, anch’essa ricavata dal database AIDA). Per le colonne “fatturato” e “numero di dipendenti” si sono indicate quattro diverse informazioni, cioè “interviste” (il valore ricavato dalle interviste) ed i valori “mondiale”, “italiano” e “stabilimento”, rilevati dal database AIDA. Si precisa che, in alcuni casi, due o più degli ultimi tre dati possono coincidere (es. per un’azienda dotata di un’unica sede); inoltre, alcuni dati possono essere aggiornati ad anni diversi (le interviste sono più datate dei valori forniti da AIDA).

La “funzione del magazzino” è quella che lo stabilimento svolge all’interno della supply chain aziendale: a seconda dei casi, si è indicato “deposito centrale”, “deposito periferico”, “magazzino di fabbrica”, “cross-docking”, “centro distributivo” oppure una combinazione di queste voci, in base al tipo di prodotti gestiti, all’origine/destinazione della merce ed al tempo di permanenza dei prodotti magazzino. Il “tipo di struttura civile” indica se, durante la riorganizzazione della supply chain, il magazzino sia stato costruito *ex novo*, se sia stato ampliato un edificio preesistente oppure se si siano solo rinnovati gli impianti al suo interno: le celle sono state compilate, rispettivamente, con la

dicitura “nuova”, “ampliamento”, “esistente” oppure con una combinazione di questi (es. *Safar*, ha affiancato alla sua vecchia sede un nuovo edificio). Per quanto riguarda l’“area” e l’“altezza utile” del magazzino, si è ritenuto utile affiancare, in entrambi i casi, una colonna numerica ed una di testo: la prima indica l’effettivo valore dei parametri richiesti, mentre la seconda serve a specificare le suddivisioni della superficie interna del magazzino e le eventuali diverse altezze nelle varie zone dell’impianto.

Alle “caratteristiche dei prodotti gestiti” sono state dedicate due colonne con diverso livello di dettaglio: la prima elenca le specifiche comuni a tutte o quasi le referenze gestite, mentre nella seconda, i prodotti sono suddivisi in sottoinsiemi, tipicamente in base ai sistemi di material handling con cui vengono gestiti, i quali sono descritti nelle colonne “sistema in uso” e nelle successive. Per maggiore chiarezza, si riportano come esempio alcune colonne relative a *Comet*, che categorizza i prodotti in 5 gruppi.

Caratteristiche dei prodotti gestiti		Sistema in uso	Specifiche
<p>- cicli di vita del prodotto sempre più ridotti</p> <p>- elevata stagionalità</p> <p>- forte competitività, che rende gli ordini molto urgenti, pena il rischio della mancata vendita</p> <p>- elevata variabilità in termini di numero di righe da evadere</p> <p>- alte giacenze per codice</p>	1. "bianco" (sostanzialmente i grandi elettrodomestici, quali frigoriferi, lavatrici, etc.)	Catasta	Area complessiva di 5.000 m <sup>2</sup> ; numero di livelli variabile da 3 a 4; l'altezza dipende dalle specifiche del prodotto e tiene conto dell'altezza massima di sollevamento dei carrelli (< 5 m); ogni corsia può contenere 16, 24 o 48 pezzi; la movimentazione è svolta da carrelli a pinze laterali; i prodotti qui gestiti sono di solito autospedibili.
		Carrelli a pinze laterali	
	2. merce pallettizzata (tipicamente "bruno", ossia audio, video e piccoli elettrodomestici in genere)	Scaffalatura	Scaffalature porta-pallet (dedicate perlopiù al "bruno"); area 10.000 m <sup>2</sup> ; circa 2.000 referenze (numero molto variabile a causa del ridotto ciclo di vita dei prodotti, della elevata obsolescenza di alcuni codici, e dell'esplosione della gamma); 4 livelli di altezza, i 2 più bassi per il prelievo, gli altri per lo stoccaggio; gli abbassamenti si fanno con carrelli retrattili, il picking con carrelli commissionatori.
		Carrelli a montante retrattile	
		Carrelli commissionatori	
	3. "valore" (telefoni cellulari, i-pod, etc.)	Scaffalature	Scaffalature (non è specificato di che tipo); l'accesso è permesso solo ad alcuni operatori; area di circa 500 m <sup>2</sup> ; 5 livelli in altezza; ci sono 5 corridoi; gli operatori usano roll container per effettuare il giro di prelievo nei corridoi; il sistema di gestione elabora le missioni in modo da ottimizzare la percorrenza.
4. "accessori" (auricolari, cartucce per stampante, etc.)	Armadi	Zona quasi analoga alla precedente; circa 500 m <sup>2</sup> ; consiste in armadi disposti lungo 12 corridoi; il prelievo è svolto nello stesso modo.	
5. "inciso" (CD, DVD, etc.)	Armadi	Area di circa 500 m <sup>2</sup> ; è attrezzata con armadi per stoccare pezzi e/o colli; in ogni ubicazione possono essere gestiti anche più codici prodotto differenti; il prelievo è svolto con roll container come nelle 2 aree precedenti	
		Roll container	Usati per svolgere il prelievo nelle aree "valore", "accessori" e "inciso"

Tabella C.2 – Esempio (Comet) di segmentazione degli articoli

Le colonne “N° ordini/anno ricevuti”, “N° medio righe/ordine”, “Flussi IN” e “Flussi OUT” sono state pensate per essere compilate numericamente ma, durante il lavoro, ci si è scontrati con l’impossibilità di rintracciare negli articoli una serie di dati omogenei a livello dimensionale. Un esempio è il numero di ordini ricevuti, riferito di volta in volta a diversi periodi (ora, giorno, settimana), senza però disporre dei parametri che avrebbero permesso di calcolare valori equivalenti dei dati (es. le ore di lavoro al giorno, il numero e la durata dei turni, i giorni di lavoro settimanali e le settimane di attività all’anno). Tutto questo ha costretto ad una soluzione di ripiego, inserendo il valore numerico se disponibile, optando altrimenti per una descrizione del valore che, per quanto “esatto”, non era quello effettivamente ricercato.

Nella colonna “sistema in uso” si elencano gli impianti con cui si svolge fisicamente il material handling nelle sue fasi (ricezione merci, movimentazione, stoccaggio, picking, etc.), aggregandoli in base alle categorie di prodotti, come già detto riguardo alle “caratteristiche dei prodotti gestiti”. Nella colonna successiva si sono aggiunti alcuni dettagli dei vari sistemi in uso e delle attività svolte (es. prestazioni degli AS/RS, superfici di stoccaggio, numero di operatori dedicati, etc.), ad eccezione del picking, di cui si è data una descrizione particolareggiata nella colonna “dettaglio di picking”. Ricordando che lo scopo di questo lavoro è l’analisi degli OPS, ci si è limitati allo studio delle attività ed agli apparati “interni” agli stabilimenti, ignorando dunque il trasporto della merce, data la sua minore relazione con le attività di prelievo. Nella colonna “funzione dei sistemi” si riprende parzialmente la categorizzazione data nell’Allegato A.

Le “Soluzioni di picking” si basano sulla classificazione data da Dallari *et al.* (2008), che divide gli OPS nei 5 gruppi descritti nel paragrafo 1.3.2: ad essi si è aggiunta una sesta possibilità, chiamata “no picking”, per indicare che, per quella categoria di prodotti, le attività di picking sono limitate o addirittura assenti. Un esempio è *Granarolo*, i cui flussi in uscita alimentano quasi esclusivamente piattaforme logistiche, e dunque spedisce perlopiù pallet interi: in casi come questo, oltre all’indicazione “no picking”, si è aggiunta anche quella relativa alla logica di prelievo che si segue per evadere uno dei pochi ordini che richiede prelievo selettivo. Un esempio di assenza totale di picking, invece, è *Grandi Molini Italiani (Porto Marghera)*, in cui le materie prime sono gestite in silos, da cui evidentemente non si può realizzare picking. Infine, nella colonna “logiche di picking” sono stati elencati gli eventuali altri criteri per svolgere o supportare le operazioni di picking, ad esempio le logiche batch e zone picking, o i sistemi pick-to-light e put-to-light.

## **Allegato D – Esempio di caso di studio**

Si riporta un esempio (*Comet*) di caso di studio trattato secondo le logiche finora descritte.

ALLEGATO D

Nome azienda	Comet	
Nazione	Italia	
Città	Budrio	
Provincia	Bologna	
Settore merceologico	Interviste	Distribuzione di materiale elettrico, elettronica di consumo e materiale per l'illuminazione
	ATECO	464310 Commercio all'ingrosso di elettrodomestici, di elettronica di consumo audio e video
	AIDA	Commercio all'ingrosso e al dettaglio di elettrodomestici, materiale elettrico, materiale e prodotti dell'illuminazione con annessa attività illuminotecnica, prodotti audio video e stereo, telefoni e relativi accessori, elaboratori elettronici e relativi accessori, prodotti e materiale da ferramenta, prodotti da condizionamento, mobili componibili.
Tipo stabilimento	Produttore	
	Distributore	x
	Operatore logistico	
Fatturato (anno di riferimento)	Interviste	700 milioni di euro (considerando anche altri magazzini) (2007)
	Mondiale	629,072,035 (2009)
	Italiano	
	Stabilimento	n.d.
Numero dipendenti	Interviste	30 normalmente, nei periodi di picco 40 organizzati su 2 turni lavorativi; 2000 (considerando anche altri magazzini)
	Mondiale	1,871 (2009)

		Italiano					
		Stabilimento		30 normalmente, nei periodi di picco 40 organizzati su 2 turni lavorativi; 2000 (considerando anche altri magazzini)			
Funzione del magazzino		Deposito centrale					
Prodotti gestiti	Materie prime						
	Semilavorati						
	Prodotti finiti	x					
Anno di entrata in esercizio della struttura civile		2005					
Tipo di struttura civile		Nuova					
Area (mq)	Valore	20.000					
	Dettagli	area "bianco" 5.000 mq; area merce pallettizzata 10.000 mq; area valore circa 500 m2; area accessori circa 500 m2; area inciso circa 500 m2					
Altezza utile (m)	Valore	9,5					
	Dettagli	Sotto trave					
N° referenze gestite		20.000					
Caratteristiche prodotti gestiti	Dettagli1	cicli di vita del prodotto sempre più ridotti; elevata stagionalità; forte competitività, che rende gli ordini molto urgenti, pena il rischio della mancata vendita; elevata variabilità in termini di numero di righe da evadere; alte giacenze per codice					
	Dettagli2	1. "bianco" (i grandi elettrodomestici, quali frigoriferi, lavatrici, etc.)	2. merce pallettizzata (tipicamente "bruno", ossia audio, video e piccoli elettrodomestici in genere)	3. "valore" (telefoni cellulari, i-pod, etc.)	4. "accessori" (auricolari, cartucce, etc.)	5. "inciso" (CD, DVD, etc.)	
N° ordini/anno ricevuti		400 ordini/giorno (non è noto il numero di giorni/anno)					
N° medio righe/ordine		12,5 righe/ordine (si hanno in media 5.000 righe/giorno)					

## ALLEGATO D

Flussi IN	pezzi autospedibili (ad esempio “bianco”); colli (misti o monoprodotto) pallet interi (generalmente monoreferenza)	
Origine della merce in ingresso	L’approvvigionamento avviene direttamente dai distributori e/o dai fornitori dei principali marchi	
Flussi OUT	fino a 25.000 pezzi/giorno, pari a circa oltre 5.000 righe d’ordine picchi di 40.000 pezzi/giorno a fronte dell’elevata stagionalità Il trasporto verso i punti vendita di solito è fatto da trasportatori autonomi (cooperative); in rari casi si usano mezzi propri. Dal deposito di Budrio escono in media 10-12 automezzi in uscita/giorno, ciascuno che serve fino a 3-4 punti vendita per giro di consegna, a seconda delle caratteristiche dei singoli ordini e del periodo dell’anno.	
Destinazione della merce in uscita	La vendita è fatta sia all’ingrosso sia al dettaglio; i clienti sono consumatori, punti vendita ed aziende (installatori, industrie, enti pubblici, alberghi)	
Stagionalità	Elevata: picchi in ottobre-dicembre oppure in corrispondenza di promozioni da volantino	
Eventuali vincoli		
Soluzioni precedenti	Le attività di movimentazione interna e allestimento ordini si realizzavano interamente in modo manuale, supportate da base cartacea e prive di tracciabilità	
Motivi adozione nuovi sistemi e benefici riscontrati	Riduzione costi	
	Riduzione lead-time	x
	Aumento accuratezza	x
	Adeguamento material handling	x
	Miglior controllo, misurabilità e tracciabilità	x
	Aumentare flessibilità operativa	
	Esplosione gamma	x
	Incremento flussi e giacenze da gestire	x
Benessere lavoratori, cura per l’ambiente, visibilità		

Sistema in uso		Catasta	Carrelli a pinze laterali	Scaffalatura	Carrelli a montante retrattile	Carrelli commissionatori	Scaffalature	Armadi	Armadi	Roll container
Specifiche		Si veda la Tabella C.2								
Anno di entrata in esercizio		2008								
Fornitore della soluzione		Gruppo Incas								
Funzione/i del sistema	Ricezione merci									
	Stoccaggio	x		x			x	x	x	
	Picking		x			x				x
	Movimentazione		x		x					
	Smistamento e sorting									
Sistema di picking	Picker-to-parts	x			x		x	x	x	
	Pick-to-box									
	Pick-and-sort									
	Parts-to-picker									
	Automated picking									
	No picking	x								

## ALLEGATO D

Logiche di picking			
Dettaglio sul picking		Il picking si fa con carrelli commissionatori (altezza sollevamento forche di 2,5 m). dopo il prelievo, realizzato col supporto della radiofrequenza e coordinato dal WMS che ottimizza il giro all'interno dei corridoi, la merce è portata verso l'area di imballaggio e successivamente alle baie di spedizione per il consolidamento degli ordini.	Il picking si fa in modalità picker-to-parts usando roll container; gli operatori effettuano il giro di prelievo in base alle indicazioni elaborate dal sistema per ridurre la percorrenza. Nell'area "inciso", accanto a ogni codice (di solito CD o DVD), si ha anche il titolo esteso e una descrizione del prodotto, poiché nella stessa ubicazione si trovano anche 10 codici diversi, così da ridurre gli errori. Dopo il prelievo, i prodotti sono collocati in un'area intermedia e poi imballati, consolidati e spediti
Potenzialità ricettiva		n.d.	
Tipo di UdC gestite		Pezzi	Colli e Pezzi
Dimensioni UdC gestite		Varie	800 x 1.200 x h = 1.000-1.800 mm
Dettagli PR			
Politica di allocazione articoli			
Potenzialità di movimentazione complessiva e parziale	IN	80 ÷ 120 pallet	
	OUT	n.d.	
Tipo di UdC spedite		Pallet	
Dimensioni UdC spedite		800 x 1.200 x h = 1.000-1.800 mm	
Sistemi di trasmissione dati agli operatori		Radiofrequenza	

Sistemi di identificazione dei materiali	Barcode
Breve riassunto	
NOTE	
Anno	2008
Mese	Aprile
Rivista	Logistica
Autori	Marco Melacini, Sara Perotti
Pagine	74-79
Altra fonte	

**Tabella D.1 – Esempio (Comet) di caso di studio analizzato**



## **Allegato E – Altezza dei magazzini**

Nel Grafico E.1 sono rappresentate le altezze, ove reperibili, di tutti i magazzini esaminati. L'altezza media dei 36 stabilimenti considerati in quest'analisi è di 15,1 metri. In questo allegato ci si sofferma sui depositi appartenenti a tre differenti settori merceologici:

1. Alimentare;
2. Abbigliamento ed accessori;
3. Componentistica, attrezzature e forniture industriali e macchinari.

Dai casi di studio si osserva che l'altezza media dei magazzini del settore alimentare, che utilizzano dispositivi AS/RS (*Granarolo, EuroSpin, Panificio San Francesco, Grandi Molini Italiani, MGM Mondo del Vino, Perfetti Van Melle e Polo*), è pari a 18,1 metri, cioè il 20% superiore rispetto la media dei depositi esaminati. Inoltre, si nota che l'altezza media dei magazzini che operano nel settore della componentistica, delle attrezzature e forniture industriali e dei macchinari è pari a 18,4 metri, cioè superiore del 22% rispetto la media dei depositi esaminati. Infine, si osserva che l'altezza media dei depositi che operano nel settore dell'abbigliamento e degli accessori è pari a 9,8 metri, ed è quindi inferiore del 35% rispetto la media dei magazzini esaminati; ciò è dovuto alle caratteristiche del prodotto ed alle peculiarità che influenzano il settore dell'abbigliamento.

Questa differenza di altezze tra i settori merceologici sotto esame è dovuta alle diverse caratteristiche del prodotto ed alle peculiarità che influenzano i settori: nei casi di studio esaminati, le aziende che operano nel settore dell'abbigliamento utilizzano dei sistemi picker-to-parts sia per il prelievo dei capi stesi, gestiti solitamente in scaffalature tradizionali, sia per il picking dei capi appesi, gestiti su gru in apposite corsie di lavoro, mentre la maggior parte delle aziende che operano nel settore alimentare e nel settore della componentistica, delle attrezzature e forniture industriali e dei macchinari utilizzano dei sistemi AS/RS, che implicano un elevato sfruttamento verticale del terreno.

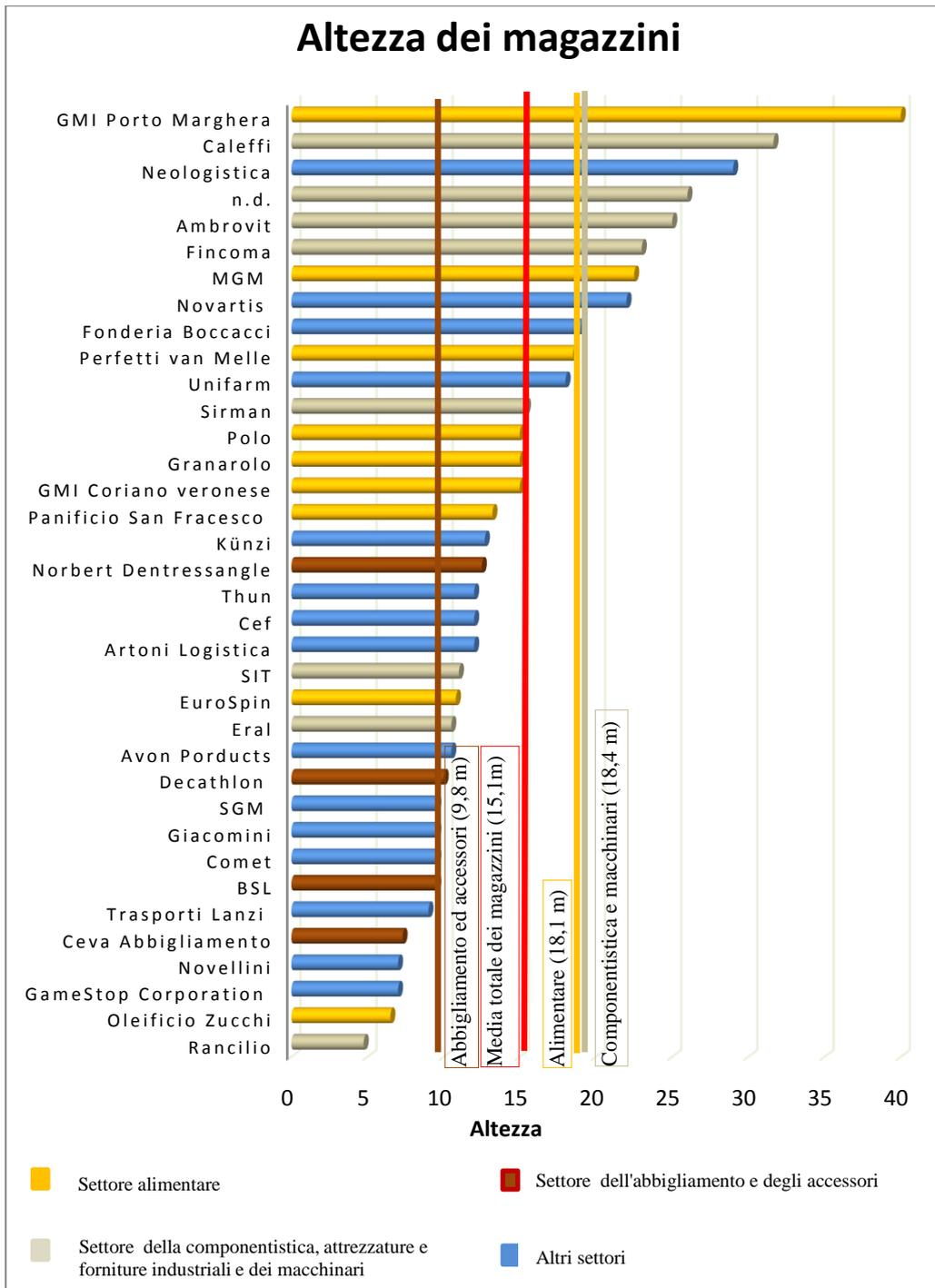


Grafico E.1 – Altezza dei magazzini analizzati

## **Allegato F – Alcuni stabilimenti europei**

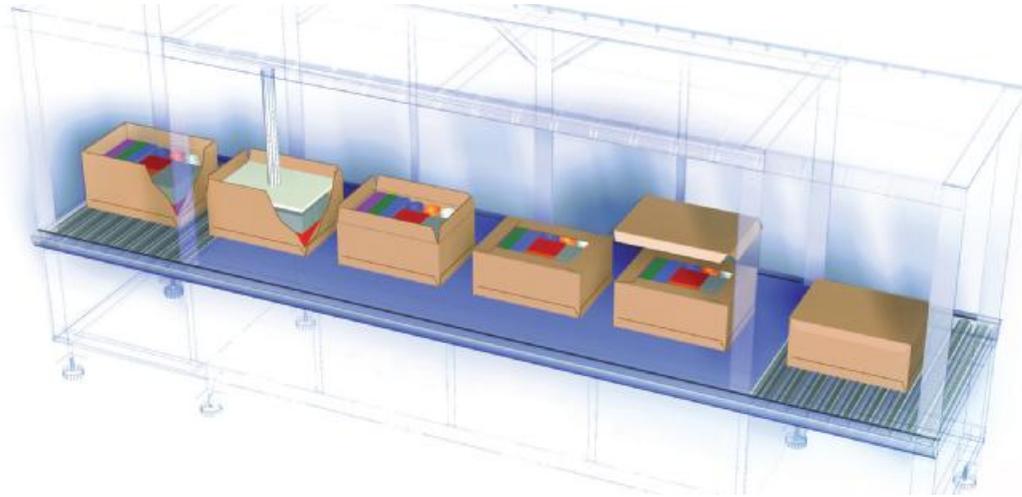
Si presentano alcuni casi di studio di stabilimenti esteri che abbiano attivato soluzioni di material handling e di picking particolarmente interessanti. Anche queste aziende hanno recentemente riconfigurato la propria catena logistica, e vengono presentate perché possiedono alcune soluzioni innovative non riscontrate tra i magazzini italiani.

### **Johnson & Johnson Medical**

*Johnson & Johnson* è un'azienda multinazionale attiva nei settori farmaceutico, medicale/diagnostico e del largo consumo (es. cura del corpo). In particolare, *Johnson & Johnson Medical* ha recentemente attivato un deposito centrale per il mercato europeo situato in Belgio, in modo da ottimizzare i costi di gestione delle scorte e migliorare il presidio dei mercati serviti. Visto il profilo degli ordini (medio-piccoli, in media 3 righe/ordine) ed il loro numero (5.000 ordini/giorno in media), l'ampiezza del catalogo (180.000 referenze), le caratteristiche dei prodotti (tipicamente di ridotte dimensioni) e la necessità di accuratezza e rapidità nell'evasione delle commesse, l'azienda ha optato per un prelievo in modalità pick-to-box, adatto per tutti i codici, ad eccezione delle poche referenze fuori sagoma, che vengono gestite in modo tradizionale.

L'azienda si è dotata di stazioni di picking ad alta ergonomia identiche tra loro, in cui gli articoli sono disposti in base al loro indice di rotazione: quelli ad alta richiesta sono posizionati in canali a gravità soprastanti il nastro trasportatore, di fronte al picker, mentre quelli a minore domanda sono posizionati in corridoi alle spalle degli operatori, progressivamente più lontani al diminuire della rotazione. Gli ordini sono allestiti dentro cassette di plastica oppure scatole di cartone.

Particolarmente interessante è la soluzione adottata per il compattamento e l'imballaggio degli ordini, al fine di ridurre il "trasporto d'aria" e minimizzare i costi e l'impatto ambientale del trasporto. Nel caso delle cassette di plastica (30% degli ordini totali), esse vengono compattate manualmente: i cartoni, invece, subiscono un processo più articolato e totalmente automatico, che comincia con l'inserimento di un airbag di dimensioni variabili, utile a proteggere gli articoli delicati durante il trasporto; successivamente, i documenti di spedizione sono stampati ed inseriti nel cartone; in seguito, se lo spazio occupato nel cartone è minore della capienza, la macchina taglia la parte di scatola in eccesso; infine, la scatola viene chiusa con l'apposito coperchio.



**Figura F.1 – Linea di compattamento delle scatole di cartone (Johnson & Johnson Medical). Per migliorare l'affidabilità del sistema, sono presenti due macchine uguali che lavorano in parallelo.**

## Tchibo

L'azienda *Tchibo* si dedica alla gestione di prodotti pallettizzati non food, principalmente articoli per la casa. I prodotti vengono proposti sul mercato soprattutto attraverso promozioni di durata temporale limitata, similmente alla politica del “volantino” utilizzata nel settore dell'elettronica di consumo: infatti, ogni settimana viene proposta presso i punti vendita una serie di prodotti legati ad un tema o un soggetto diverso, con lo scopo di fare da traino alla domanda dell'intero catalogo offerto.

L'azienda si avvale di un deposito di grandissime dimensioni: 200.000 mq di superficie e 42 metri di altezza utile, suddiviso in tre magazzini automatici, i primi due serviti da 11 trasloelevatori ciascuno, mentre il terzo è servito da 9 trasloelevatori. La politica commerciale attuata provoca un continuo ricambio delle referenze in vendita ed un ritiro degli invenduti, dunque l'azienda ha deciso di fronteggiare la complessità del mercato attivando una rete distributiva a più livelli, con un unico deposito centrale europeo (quello in esame) e diversi depositi periferici che servono i singoli mercati. Il deposito centrale deve fronteggiare un'elevata rotazione del monte scorte, con la movimentazione di grandissimi flussi (9.000 pallet/giorno in media) e con un catalogo molto eterogeneo, con articoli differenti per tipologia, peso, volume e valore.

A causa degli ingenti volumi movimentati, i materiali vengono gestiti con sistemi altamente automatizzati (nastri trasportatori, trasloelevatori, rulliere automatizzate e linee automatizzate di trasferimento) ed informatizzati (sistemi di identificazione automatica – codici a barre e RFID – e software per la gestione e sincronizzazione dati) allo scopo di migliorare l'efficienza operativa

ed il presidio sulle attività. È da notare che *Tchibo* adotta, diversamente dagli stabilimenti italiani, la tecnologia RFID, adozione che è stata probabilmente determinata dagli elevatissimi volumi gestiti.

Si è cercato di evitare che l'elevato grado di automazione dell'impianto precludesse la sua flessibilità: per fare questo, si è scelta una soluzione modulare, suddivisa in 3 magazzini, e con anche la possibilità di futuri ampliamenti del deposito.



## **Elenco Acronimi e Sigle**

---

AS/RS	Automated Storage/Retrieval System
CAPS	Computer Aided Picking System
CD	Cross-Docking
DC	Deposito Centrale
DP	Deposito Periferico
FRP	Forward-Reserve Problem
MD	Magazzino Distributivo
MF	Magazzino di Fabbrica
OPS	Order Picking System
RFID	Radio Frequency IDentification
TSP	Travelling Salesman Problem
UdC	Unità di Carico



## Bibliografia

---

### *Letteratura scientifica internazionale*

Andriansyah, R., De Koning, W.W.H., Jordan, R.M.E., Etman, L.F.P. and Rooda, J.E. (2010), "A process algebra based simulation model of a miniload-workstation order picking system", *Computers in Industry*, Vol. 62, pp 292-300.

Armstrong, R. D., Cook, W. D. and Saipé, A. L. (1979), "Optimal Batching in a Semi-Automated Order Picking System", *The Journal of the Operational Research Society*, Vol. 30, No. 8, pp. 711-720.

Baker, P. (2006), "Designing distribution centres for agile supply chains", *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 9, No. 3, pp. 207–221.

Baker, P. and Canessa, M. (2007), "Warehouse design: A structured approach", *European Journal of Operational Research*.

Baker, P. and Halim, Z. (2007), "An exploration of warehouse automation implementations: cost, service and flexibility issues", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 12, No. 2, pp. 129–138.

Baker, P. and Sleeman, J. (2003), "How changes in supply chains are affecting warehouse property requirements", *Supply Chain Practice*, Vol. 5., No. 4, 34-45.

Brynzér, H. and Johansson, M. I. (1995), "Design and performance of kitting and order picking systems", *International Journal of Production Economics*, Vol. 41, pp. 115-125.

Brynzér, H., Johansson, M. I. and Medbo, L. (1994), "A Methodology for Evaluation of Order Picking Systems as a Base for System Design and Managerial Decisions", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 14, No. 3, pp. 126-139.

Caron, F., Marchet, G. and Perego, A. (1998), "Routing policies and COI-based storage policies in picker-to-part systems", *International Journal of Production Research*, Vol. 36, No. 3, pp. 94-103.

Caron, F., Marchet, G. and Perego, A. (2000), "Layout design in manual picking systems: a simulation approach", *Integrated Manufacturing System*, Vol. 11, No. 2, pp. 94-104.

Caron, F., Marchet, G. and Perego, A. (2000), "Optimal layout in low-level picker-to-part systems", *International Journal of Production Research*, Vol. 38, No. 1, pp. 101-117.

Chang, F., Liu, Z., Xin, Z. and Liu, D. (2007), "Research on Order Picking Optimization Problem of Automated Warehouse", *Systems Engineering - Theory & Practice*, Vol. 27, No. 2, pp. 139-143.

Chena, M.C., Huang, C. L., Chen, K.Y. and Hsiao, P. W. (2005), "Aggregation of orders in distribution centers using data mining", *Expert Systems with Applications*, Vol.28, pp. 453-460.

Chowa, H., Choy, K. L., Lee, W.B. and Lau, K.C. (2006), "Design of a RFID case-based resource management system for warehouse operations", *Expert Systems with Applications*, Vol. 30, pp. 561-576.

Dallari, F., Marchet, G. and Ruggeri, R. (2000), "Optimisation of man-on-board automated storage/retrieval systems", *Integrated Manufacturing System*, Vol. 11, No. 2, pp. 87-93.

Dallari, F., Marchet, G. and Melacini, M. (2008), "Design of order picking system", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*.

Daniels, R. L., Rummel, J. L. and Schantz, R. (1998), "A model for warehouse order picking", *European Journal of Operational Research*, Vol. 105, pp. 1-17.

De Koster, R. and Van Der Poort, E. (1998), "Routing orderpickers in a warehouse: a comparison between optimal and heuristic solutions", *IIE Transactions*, Vol. 30, pp. 469-480.

De Koster, R., Jan Roodbergen, K. and Van Voorden, R. (1999), "Reduction of walking time in the distribution center of De Bijenkorf", *IIE Transactions*.

De Koster, R., Le-Duc, T. and Roodbergen, K. J. (2006), "Design and Control of Warehouse Order Picking: a literature review", *Journal of Economic Literature*.

Gademann, A.J.R.M., Van den Berg, J.P. and Van der Hoff, H. H. (2001), "An order batching algorithm for wave picking in a parallel-aisle warehouse", *IIE Transactions*, Vol.33, pp. 385-398.

Goetschalckx, M. and Ashayeri, J. (1989), "Classification and design of order picking", *Logistics World*, pp. 99-106.

Goetschalckx, M., McGinnis, L., Sharp, G., Bodner, D., Govindaraj, T. and Huang, K. (2002), "Development of a design methodology for warehousing systems: hierarchical framework", *The International Journal of Logistics Management*.

Hackman, S. T., Rosenblatt, M. J. and Olin, J. M.(1990), "Allocating Items to an Automated Storage and Retrieval System", *IIE Transactions*, Vol. 22, No. 1, pp. 7-14.

Heragu, S.S. and Huang, J.C.S. (2005), "A Mathematical Model for Warehouse Design and Product Allocation", *International Journal of Production Research*.

Ho, Y. C., Wee, H. M. and Chen, H. C. (2007), "A Geometric Design of Zone-Picking in a Distribution Warehouse", *Computer Science*, pp. 625-636.

Hou, J. L., Wu, N. and Wu, Y. J. (2008), "A job assignment model for conveyor-aided picking system", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 56, pp. 1254–1264.

Hsieh, L. F. and Huang, Y. C. (2011), "New batch construction heuristics to optimise the performance of order picking systems", *International Journal of Production Economics*.

Hsieh, L. F. and Tsai, L. (2006), "The optimum design of a warehouse system on order picking efficiency", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 28, pp. 626–637.

Hwang, H.S. and Cho, G.S. (2006), "A performance evaluation model for order picking warehouse design", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 51, pp. 335–342.

Koh, S. G., Kwon, H. M. and Kim, Y. J. (2005), "An analysis of the end-of-aisle order picking system: Multi-aisle served by a single order picker", *International Journal of Production Economics*, Vol. 98, pp. 162–171.

Lin, C.H. and Lu, I. Y. (1999), "The procedure of determining the order picking strategies in distribution center", *International Journal of Production Economics*, Vol. 60-61, pp. 301-307.

Litvak, N. (2006), "Optimal picking of large orders in carousel systems", *Operations Research Letters*, Vol. 34, pp. 219 – 227

Maimborg, C. J., Krishnakumar, B. and Simons, G. R. (1988), "A mathematical overview of warehousing systems with single/dual order-picking cycles", *Applied Mathematical Modeling*, Vol. 12.

Manzini, R., Gamberi, M. and Regattieri, A. (2005), "Design and control of a flexible order-picking system (FOPS)", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 16, No. 1, pp. 18-35.

Manzini, R., Gamberi, M., Persona, A. and Regattieri, A. (2007), "Design of a class based storage picker to product order picking system", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 32, pp. 811–821.

Manzini, R., Gamberi, M. and Regattieri, A. (2006), "Design and control of an AS/RS", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 28, pp. 766–774.

Marchet, G., Melacini, M. and Perotti, S. (2011), "A model for design and performance estimation of pick-and-sort order picking systems", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 22, No. 2, pp. 261-282.

Melacini, M., Perotti, S. and Tumino, A. (2011), "Development of a framework for pick-and-pass order picking system design", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 53, pp. 841–854.

Pan, J. C. H. and Shih, P. H. (2008), "Evaluation of the throughput of a multiple-picker order picking system with congestion consideration", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 55, pp. 379–389.

Pan, J. C. and Wu, M. H. (2009), "A study of storage assignment problem for an order picking line in a pick-and-pass warehousing system", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 57, pp. 261–268.

Parikh, P.J. and Meller, R.D. (2008), "Selecting between batch and zone order picking strategies in a distribution center", *Transportation Research Part E*, Vol. 44, pp.696–719.

Parikh, P.J. and Meller, R.D. (2010), "A travel-time model for a person-onboard order picking system", *European Journal of Operational Research*, Vol. 200, pp. 385–394.

Park, B. C., Foley, R. D. and Frazelle, E. H. (2006), "Performance of miniload systems with two-class storage", *European Journal of Operational Research*, Vol. 170, pp. 144–155.

Petersen, C. G. (1997), "An evaluation of order picking routeing policies", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 17, No. 11, pp. 1098-1111.

Petersen, C. G. (2000), "An evaluation of order picking policies for mail order companies", *Production and operations management*, Vol. 9, No. 4, pp. 319-335.

Petersen, C. G., "Considerations in order picking zone configuration", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 22, No. 7, pp. 793-805.

Petersen, C.G. and Aase, G. (2004), "A comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking", *International Journal of Production Economics*, Vol. 92, pp. 11–19.

Petersen, C. G. and Schmenner, R. W. (1999), "An Evaluation of Routing and Volume-based Storage Policies in an Order Picking Operation", *Decision Sciences*, Vol. 30, No. 2, pp. 481-501.

Ratliff, H. D. and Rosenthal, A. S. (1983), "Order-Picking in a Rectangular Warehouse: A Solvable Case of the Traveling Salesman Problem", *Operations Research*, Vol. 31, No. 3, pp. 507-521.

Rim, S. C. and Park, I. S. (2008), "Order picking plan to maximize the order fill rate", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 55, pp. 557–566.

Roodbergen, K. J. and De Koster, R. (2001), "Routing methods for warehouses with multiple cross aisles", *International Journal of Production Research*, Vol. 39, No. 9, pp. 1865-1883.

Roodbergen, K. J. and De Koster, R. (2001), "Routing order pickers in a warehouse with a middle aisle", *European Journal of Operational Research*, Vol. 133, pp.32-43.

Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., Van Houtum, G. J., Mantel, R. J. and Zijm, W.H.M. (2000), "Warehouse design and control: Framework and literature review", *European Journal of Operational Research*, Vol. 122, pp. 515-533.

Shen, C., Wu, Y. and Zhou, C. (2011), "Selecting between Sequential Zoning and Simultaneous Zoning for Pickertoparts Order Picking System Based on Order Cluster and Genetic Algorithm", *Chinese Journal of mechanical engineering*, Vol. 24.

Simpson, N. C. and Erenguc, S. S. (2001), "Modeling the order picking function in supply chain systems: formulation, experimentation, and insights", *IIE Transactions*, Vol.33, pp. 119-130.

Tang, L. C. and Chew, E. P. (1997), "Order Picking Systems: Batching and Storage Assignment Strategies", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 33, No. 3-4, pp. 817-820.

Theys, C., Bräysy, O., Dullaert, W. and Raa, B. (2010), "Using a TSP heuristic for routing order pickers in warehouses", *European Journal of Operational Research*, Vol. 200, pp. 755–763.

Van den Berg, J. P. (1999), "A literature survey on planning and control of warehousing systems", *IIE Transactions*, Vol. 31, 751-762.

Van den Berg, J. P. and Gademann, A.J.R.M. (1999), "Optimal routing in an automated storage/retrieval system with dedicated storage", *IIE Transactions*, Vol. 31, pp. 407-415.

Van Den Berg, J.P., and Zijm, W.H.M. (1999), "Models for warehouse management: Classification and examples", *International Journal of Production Economics*, Vol. 59, pp. 519-528.

Van den Berg, J. P., Sharp, G. P., Gademann, A.J.R.M. and Pochet, Y. (1998), *European Journal of Operational Research*, Vol. 111, pp. 98-113.

Vijayaraman, B.S. and Osyk, B. A., "An empirical study of RFID implementation in the warehousing industry", *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 17, No. 1, pp. 6-20.

Yoon, C.S. and Sharp, G.P. (1995), "Example application of the cognitive design procedure for an order pick system: Case study", *European Journal of Operational Research*, Vol. 87, pp. 223-246.

Yu, M. and De Koster, R. (2007), "Performance Approximation and Design of Pick-and-Pass Order Picking Systems", *Journal of Economic Literature*.

Yu, M. and De Koster, R.B.M. (2009), "The impact of order batching and picking area zoning on order picking system performance", *European Journal of Operational Research*, Vol. 198, pp. 480-490.

---

#### *Casi di studio*

Cernuschi, C. (Aprile 2011), "Farmaci ad alta velocità", *Logistica*, pp. 68-72.

Cernuschi, C. (Settembre 2009), "Il laboratorio delle ceramiche", *Logistica*, pp. 64-70.

Colicchia, C. and Melacini, M. (Ottobre 2010), "Il magazzino "intelligente", *Logistica*, pp. 44-46, 48.

Creazza, A. (Gennaio 2011), "Automazione flessibile", *Logistica*, pp. 46-50.

Creazza, A. (Marzo 2011), "Soluzioni per l'automazione totale dello stoccaggio e del prelievo", *Logistica*, pp. 73-77.

Creazza, A. and Melacini, M. (Ottobre 2009), "Una cantina 'automatica'", *Logistica*, pp. 56-61.

Creazza, A. and Melacini, M. (Settembre 2010), "Automatizzare una logistica 'filettata'", *Logistica*, pp. 30-34.

Marchet, G. and Perotti, S. (Febbraio 2009), "criteri 'logistici' del magazzino", *Logistica*, pp. 66-71.

- Melacini, M. (Gennaio 2009), “L’ottimizzazione dei processi”, *Logistica*, pp. 58-62.
- Melacini, M. (Gennaio 2010), “Il magazzino dei ‘bianchi’ ”, *Logistica*, pp. 16-19.
- Melacini, M. (Maggio 2009), “Un magazzino al servizio del canale retail”, *Logistica*, pp. 90-95.
- Melacini, M. and Creazza, A. (Giugno 2009), “Un magazzino automatico per il pane”, *Logistica*, pp. 66-71.
- Melacini, M. and Creazza, A. (Ottobre 2009), “Automazione completa di processo”, *Logistica*, pp. 58-64.
- Melacini, M. and Mizzi, M. (Luglio 2008), “Un magazzino ‘flessibile’ ”, *Logistica*, pp. 70-74.
- Melacini, M. and Mizzi, M. (Maggio 2008), “Un magazzino per i modelli e uno per le anime”, *Logistica*, pp. 72-76.
- Melacini, M. and Mizzi, M. (Marzo 2008), “La catena del freddo è automatizzata”, *Logistica*, pp. 66-70.
- Melacini, M. and Mizzi, M. (Ottobre 2007), “Largo all’automazione e alla sostenibilità”, *Logistica*, pp. 86-90.
- Melacini, M. and Mizzi, M. (Ottobre 2008), “AGV per la movimentazione”, *Logistica*, pp. 74-78.
- Melacini, M. and Mizzi, M. (Settembre 2008), “I flussi dei giochi ‘nuovi’ ”, *Logistica*, pp. 80-83.
- Melacini, M. and Perotti, S. (Aprile 2008), “Il supporto di RF e WMS ”, *Logistica*, pp. 74-79.
- Melacini, M. and Perotti, S. (Aprile 2009), “Stoccaggio e movimentazione di articoli ‘alto-rotanti’ ”, *Logistica*, pp. 54-57.
- Melacini, M. and Perotti, S. (Febbraio 2008), “Implementazione ‘a cuore aperto’ ”, *Logistica*, pp. 36-41.

Melacini, M. and Perotti, S. (Marzo 2007), “Un magazzino liscio come... l’olio”, *Logistica*, pp. 80-84.

Melacini, M. and Perotti, S. (Marzo 2009), “L’automazione dello stoccaggio in un magazzino di fabbrica”, *Logistica*, pp. 68-71.

Melacini, M. and Pontiggia, V. (Aprile 2010), “Il magazzino dei cosmetici”, *Logistica*, pp. 42-47.

Melacini, M. and Pontiggia, V. (Giugno 2010), “Centri operativi evoluti”, *Logistica*, pp. 50-55.

Melacini, M. and Pontiggia, V. (Marzo 2010), “Un magazzino su misura”, *Logistica*, pp. 66-70.

Melacini, M. and Tappia, E. (Maggio 2011), “La logistica al servizio del punto vendita”, *Logistica*, pp. 64-68.

Perotti, S. (Aprile 2009), “Strategie ‘green’ per la logistica farmaceutica”, *Euromerci*, pp. 20-22.

Perotti, S. (Dicembre 2009), “Così si automatizza l’illuminazione a led”, *Euromerci*, pp. 42-44.

Perotti, S. (Gennaio-Febbraio 2010), “Ecco come gestire bene uno start-up”, *Euromerci*, pp. 50-53.

Perotti, S. (Giugno 2010), “A Limena la moda è semi-automatizzata”, *Euromerci*, pp. 54-56.

Perotti, S. (Luglio-Agosto 2009), “Automazione spinta per viti e bulloni”, *Euromerci*, pp. 16-18.

Perotti, S. (Maggio 2009), “Due piattaforme gemelle per Unico”, *Euromerci*, pp. 28-30, 32.

Perotti, S. (Maggio 2010), “Per l’abbigliamento ecco il caso Coin-ND”, *Euromerci*, pp. 52-54.

Perotti, S. (Marzo 2010), “Videogiochi tutti automatizzati”, *Euromerci*, pp. 30, 31, 33.

- Perotti, S. (Marzo 2011), “Hub multi-cliente solo per l’editoria”, *Euromerci*, pp. 36-38.
- Perotti, S. (Novembre 2009), “Quando la moda è tecnologica”, *Euromerci*, pp. 22-24.
- Perotti, S. (Ottobre 2009), “Una produzione razionalizzata”, *Euromerci*, pp. 36-39.
- Perotti, S. (Ottobre 2010), “Automazione per macchine da caffè”, *Euromerci*, pp. 80-82.
- Perotti, S. (Settembre 2009), “Piquadro: ogni borsa al suo posto”, *Euromerci*, pp. 14-16.
- Perotti, S. and Melacini, M. (Febbraio 2010), “Un deposito ‘di moda’ ”, *Logistica*, pp. 58-61.
- Romeo, P. (Novembre 2010), “Picking intensivo”, *Logistica*, pp. 68-70.
- Zampieri, A. (Febbraio 2011), “Il magazzino dei vaccini”, *Logistica*, pp. 36-40.
- 

### *Green Warehousing*

- Ciliberti, F., Pontrandolfo, P., & Scozzi, B. (2007), "Logistics social responsibility: Standard adoption and practices in italian companies", *The International Journal of Production Economics*, Vol.113, pp.88-106.
- Dukic, G., Cesnik, V. and Opetuk, T. (2010), “Order picking methods and technologies for greener warehousing”, *Strojarstvo: Journal for Theory and Application in Mechanical Engineering*, Vol. 52, No. 1, pp. 23-31.
- Dhooma, J. and Baker, P. (2009), “A methodology for energy conservation in existing Warehouses”, *14<sup>th</sup> Annual Logistics Research Network Conference*, pp. 94-101.
- Faruk, A.C., Lamming, R.C., Cousins, P.D. and Bowen, F.E. (2002), “Analyzing, Mapping, and Managing Environmental Impacts along Supply Chains”, *Journal of Industrial Ecology*, Vol.5 No.2, pp.13-36.

Gonzalez-Benito, J. and Gonzalez-Benito, O. (2006), "The role of stakeholder pressure and managerial values in the implementation of environmental logistics practices", *International Journal of Production Research*, Vol.44 No.7, pp.1353-1373.

Hervani, A.A., Helms, M.M. and Sarkis, J. (2005), "Performance measurement for green supply chain management", *Benchmarking: An International Journal*, Vol.12 No.4, pp.330-353.

Jumadi, H. and Zailani, S. (2010), "Integrating green innovations in logistics services towards logistics service sustainability: a conceptual paper", *Environmental Research Journal*, Vol. 4 No. 4, pp. 261-271.

Lieb, K.J. and Lieb, R.C. (2010), "Environmental sustainability in the third-party logistics (3PL) industry", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 40 No. 7, pp. 524-533.

Lin, C.Y. and Ho, Y.H. (2008), "An empirical study on logistics service providers' intention to adopt green innovations", *Journal of Technology Management and Innovation*, Vol.3 No.1, pp.17-26.

Murphy, P.R. and Poist, R.F. (2000), "Green logistics strategies: an analysis of usage patterns", *Transportation Journal*, Vol.40 No.2, pp.5-16.

Rizzo, J. (2006), "Logistics Distribution & Warehousing 2006: Green Building: A New Priority".

Tsoulfas, G.T. and Pappis, C.P. (2008), "A model for supply chains environmental performance analysis and decision making", *Journal of Cleaner Production*, Vol.16, pp.1647-1657.

Zhu, Q., and Sarkis, J. (2007), "The moderating effects of institutional pressures on emergent green supply chain practices and performance", *International Journal of Production Research* , Vol.45 No.18-19, pp.4333-4355.

---

### *Altre fonti*

Melacini, M. and Perotti, S. (Novembre 2008), “La scelta dell’automazione a fine linea”, *Logistica*, pp. 92-97.

Perotti, S. (Aprile 2010), “Automatizzare sì, ma flessibilmente”, *Euromerci*, pp. 50-52.

Perotti, S. (Giugno 2009), “Pallet misti, meglio gestirli su misura”, *Euromerci*, pp. 12-14.

Perotti, S. (Novembre 2010), “E-commerce, Tesco l’ha automatizzato”, *Euromerci*, pp. 44-46.

Perotti, S. and Baker, P. (Marzo 2009), “Magazzini inglesi passati ai raggi ‘X’ ”, *Euromerci*, pp. 12-14.

---

## Sitografia

[scholar.google.it](http://scholar.google.it)  
[www.elsevier.com](http://www.elsevier.com)  
[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)  
[www.springerlink.com](http://www.springerlink.com)  
[www.scirus.com](http://www.scirus.com)  
[www.scopus.com](http://www.scopus.com)  
[www.euromerci.it](http://www.euromerci.it)  
[www.cef-farma.it](http://www.cef-farma.it)  
[www.granarolo.it](http://www.granarolo.it)  
[www.expert-italia.it](http://www.expert-italia.it)  
[www.oleificiozucchi.it](http://www.oleificiozucchi.it)  
[www.unifarm.it](http://www.unifarm.it)  
[www.gruppocomet.it](http://www.gruppocomet.it)  
[www.eurospin.it](http://www.eurospin.it)  
[www.fonderiaboccacci.it](http://www.fonderiaboccacci.it)  
[www.novellini.com](http://www.novellini.com)  
[www.gamestop.it](http://www.gamestop.it)  
[www.giacomini.com](http://www.giacomini.com)  
[www.jnj.com](http://www.jnj.com)  
[www.grandimolini.it](http://www.grandimolini.it)  
[www.thun.com](http://www.thun.com)  
[www.panificiosanfrancesco.eu](http://www.panificiosanfrancesco.eu)  
[www.perfettivanmelle.it](http://www.perfettivanmelle.it)  
[www.sitspa.it](http://www.sitspa.it)

[www.lanzitrasporti.it](http://www.lanzitrasporti.it)

[www.fincoma.it](http://www.fincoma.it)

[www.avon.com](http://www.avon.com)

[www.mondodelvino.com](http://www.mondodelvino.com)

[www.kunzi.it](http://www.kunzi.it)

[www.decathlon.com](http://www.decathlon.com)

[www.safar.it](http://www.safar.it)

[www.novartisvaccines.it](http://www.novartisvaccines.it)

[www.neologista.it](http://www.neologista.it)

[www.unicospa.it](http://www.unicospa.it)

[www.ambrovit.it](http://www.ambrovit.it)

[www.piquadro.com](http://www.piquadro.com)

[www.sirman.com](http://www.sirman.com)

[www.bsl-spa.it](http://www.bsl-spa.it)

[www.linealight.com](http://www.linealight.com)

[www.caleffi.com](http://www.caleffi.com)

[www.cidiverte.it](http://www.cidiverte.it)

[www.norbert-dentressangle.com](http://www.norbert-dentressangle.com)

[www.cevalogistics.com](http://www.cevalogistics.com)

[www.rancilio.it](http://www.rancilio.it)