



**UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE**  
**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

---

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Gestionale

**Le nuove soluzioni tecnologiche per il magazzino –  
Il caso Zannini S.p.A.**

**The new technological solutions for the warehouse –  
The case of Zannini S.p.A.**

Relatore:

Prof. Vita Alessio

Tesi di Laurea di:

Galassi Alessandro

A.A. 2022 / 2023

# Sommario

<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>LOGISTICA E SUPPLY CHAIN MANAGEMENT .....</b>	<b>4</b>
1.1 STORIA E DEFINIZIONE .....	4
1.2 PROCESSI E ATTIVITÀ .....	6
1.3 LEAN MANUFACTURING.....	9
1.4 INDUSTRIA 4.0 .....	13
<b>2. IL MAGAZZINO .....</b>	<b>17</b>
2.1 LOGISTICA IN ENTRATA .....	18
2.2 SISTEMI DI IMMAGAZZINAMENTO .....	20
2.3 COSTI ASSOCIATI AL MAGAZZINO.....	21
2.4 INDICI DI PRESTAZIONE.....	23
2.5 I MAGAZZINI AUTOMATICI .....	24
2.5.1 Componenti.....	25
2.5.2 Tempi di ciclo.....	27
2.5.3 Criteri di allocazione .....	33
<b>3. ZANNINI S.P.A.....</b>	<b>36</b>
3.1 STORIA.....	36
3.2 BUSINESS.....	37
3.3 SITUAZIONE MAGAZZINO ATTUALE .....	40
3.4 ANALISI DEI PROCESSI.....	41
3.5 VALUTAZIONE MAGAZZINO AUTOMATICO .....	47
3.5.1 Dati Attuali.....	47
3.5.2 Criteri di allocazione .....	47
3.5.3 Opzioni disponibili .....	54
3.5.4 Vantaggi .....	57
3.5.5 Analisi dei costi.....	58
<b>CONCLUSIONE.....</b>	<b>60</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>61</b>

## **Introduzione**

La stesura del presente elaborato è il risultato di un approfondito studio e di un'analisi critica di alcuni processi di logistica in ingresso nell'azienda Zannini S.p.A.

Il tema principale riguarda il magazzino, che ormai riveste un ruolo essenziale all'interno delle imprese, non viene più considerato come un semplice luogo di deposito ma bensì come un mezzo che crea valore aggiunto in ambito economico e qualitativo. Rappresenta uno dei motori principali dell'azienda poiché da qui partono e arrivano i flussi di merce e informazioni ed è fondamentale che lavori in stretto contatto con gli altri uffici per poter estrapolare dati utili per ottimizzare i processi aziendali.

Nel corso degli ultimi anni si ha sempre più bisogno di aumentare l'automatizzazione dei processi per poter essere più competitivi nel mercato, di conseguenza, il presente lavoro di tesi ha l'obiettivo di indagare la possibilità di applicazione di un magazzino automatico delle materie prime nel contesto di Zannini S.p.A.

Il primo capitolo verrà dedicato ad un'introduzione teorica dei concetti di Logistica e dalla Supply Chain che inglobano in linea generale l'obiettivo della tesi. Tratterò inoltre i temi della "Lean Manufacturing" e "Industria 4.0" fondamentali da citare per poter capire alcune dinamiche in ambito automazione.

Nel secondo capitolo andrò a parlare dei magazzini, della loro importanza nel contesto aziendale e soprattutto, andrò ad analizzare in maniera dettagliata i magazzini automatici e il loro funzionamento.

Nel terzo ed ultimo capitolo andremo a focalizzarci dell'analisi svolta in azienda, partendo da un breve introduzione sulla storia e sul contesto in cui opera la Zannini S.p.A. Andremo ad analizzare i dati ricavati dai processi di logistica in entrata per poter valutare i diversi preventivi disponibili, i criteri di allocazione ed infine i costi associati all'eventuale progettazione.

# Logistica e Supply Chain Management

## 1.1 Storia e Definizione

Nell'odierna economia globalizzata, la logistica e la gestione della supply chain svolgono un ruolo fondamentale per il successo di qualsiasi attività commerciale. Questi due concetti sono strettamente correlati per lo scopo comune di garantire che beni e servizi vengano consegnati ai clienti in modo tempestivo, efficiente ed economico.

Il termine “*logistica*” deriva dalla parola greca “λογικός” (logikós), vale a dire “che ha senso logico”, che a sua volta deriva dal termine “λόγος” (Logos) che indica “parola/discorso” o “ordine”. Infatti, nell’antica Grecia i due termini erano strettamente interconnessi tra loro<sup>1</sup>

L'Oxford English Dictionary definisce la logistica come "il ramo della scienza militare relativo all'approvvigionamento, manutenzione e trasporto di materiale, personale e strutture". Si parla di ambito militare perché il primo utilizzo di questo termine risale ai tempi dell'Impero persiano di Alessandro Magno (336 e il 323 a.C.) e stava ad indicare una parte delle attività degli eserciti in guerra che regolava gli approvvigionamenti di cibo, armi e la gestione dei militari negli accampamenti. Il termine si diffuse dopo la Seconda Guerra Mondiale entrando di fatto anche in tematiche economiche e industriali.

Solo negli anni '80 si giunse ad un concetto di gestione dei materiali, inteso come il modo più corretto per gestire l’acquisizione, la gestione e la movimentazione di tutti i materiali necessari alle aziende per produrre o vendere a loro volta.<sup>2</sup>

Nei tempi moderni, l'Associazione Italiana di Logistica e di Supply Chain Management definisce il termine Logistica come "l'insieme delle attività organizzative, gestionali e strategiche che governano nell'azienda i flussi

---

<sup>1</sup> L’evoluzione organizzativa della Supply Chain: dall’ambito militare all’Industria 4.0. Il caso “*The Walmart Symphony*”

<sup>2</sup> Esse Logistic- Lean Revolution

di materiali e delle relative informazioni dalle origini presso i fornitori fino alla consegna dei prodotti finiti e al servizio post-vendita".<sup>3</sup>

Ciò comporta un'ampia gamma di attività, tra cui il trasporto, lo stoccaggio, la gestione dell'inventario, l'imballaggio e la movimentazione. L'obiettivo della logistica è garantire che le merci vengano consegnate ai clienti in tempo, nel posto giusto e nelle giuste condizioni, riducendo al minimo i costi e massimizzando l'efficienza.

Nel corso degli anni il concetto della logistica si è evoluto, il primo modello di Logistica è detto tradizionale e le responsabilità per le attività logistiche erano di competenza di aree funzionali diverse, scarsamente coordinate tra loro. Questa frammentazione delle responsabilità dovute da sovrapposizioni di attività e perseguimento di obiettivi contrastanti tra le aree funzionali risultava però inefficiente.<sup>4</sup>

I cambiamenti dello scenario socioeconomico negli anni successivi portano l'esigenza di migliorare i processi produttivi a causa di un mercato sempre più competitivo portando alla nascita della Logistica Integrata.

Nel 1986 il Council of Logistics Management definisce la Logistica integrata come il processo per mezzo del quale pianificare, attuare e controllare il flusso delle materie prime, dei semilavorati e dei prodotti finiti, e dei relativi flussi di informazioni, dal luogo di origine al luogo di consumo, in modo da renderlo il più efficiente possibile e conforme alle esigenze dei clienti. Si passa dunque da una visione disgregata delle funzioni operative ad un approccio coordinato di tutte le attività fisiche, gestionali e operative.<sup>5</sup>

Negli anni '90 ci fu un'ulteriore evoluzione con l'introduzione del concetto "Supply Chain Management" che ampliò il campo d'azione dall'inizio della vita del prodotto fino alla fine della sua vita utile interagendo anche con tutti gli Stakeholder esterni al processo aziendale.

---

<sup>3</sup> AILOG – Associazione Italiana di Logistica e di Supply Chain Management

<sup>4</sup> "Dalla logistica integrata al supply chain management" Prof. Sergio Barile e Giuseppe Sancetta

<sup>5</sup> Council of Logistics Management

In accordo con il Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP): La Supply Chain Management comprende la pianificazione e la gestione di tutte le attività coinvolte nell'approvvigionamento, nella conversione e nella gestione della logistica con particolare attenzione nel coordinamento e nella collaborazione con i partner di canale, che possono essere fornitori, intermediari, fornitori di servizi di terze parti e clienti. Definiscono inoltre “logistica” come una parte della Supply Chain Management che pianifica, implementa e controlla il flusso lungo la filiera in modo che sia efficiente ed efficace. Comprende lo stoccaggio di beni, la fornitura di servizi e la condivisione delle informazioni al fine di soddisfare i requisiti dei clienti.<sup>6</sup>

## 1.2 Processi e Attività

Una gestione efficace della Supply Chain comporta l'ottimizzazione delle risorse come materiali, manodopera e trasporto, al fine di ridurre al minimo i costi, i tempi di consegna e migliorare l'efficienza operativa complessiva.

Il Global Supply Chain Forum identifica otto processi chiave della supply chain:<sup>7</sup>

### 1. Customer Relationship Management

La Gestione dei rapporti con i clienti mira alla creazione e gestione di relazioni sostenibili e durature con clienti attuali e potenziali. I principali obiettivi sono: il mantenimento dei propri clienti, l'aumento delle relazioni con i clienti più importanti, una fidelizzazione longeva dei clienti ed infine creare una rete pubblicitaria tramite la soddisfazione degli attuali clienti.<sup>8</sup>

---

<sup>6</sup> Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP)

<sup>7</sup> Cooper, Martha C., Douglas M. Lambert and Janus D. Pagh, “Supply Chain Management: More than a New Name for Logistics,” *The International Journal of Logistics Management*

<sup>8</sup> La chiave per il successo è l'attenzione al cliente, su *IONOS Digitalguide*.

## 2. Customer Service Management.

La gestione del servizio clienti provvede a mostrare ai clienti informazioni in tempo reale relative ad un determinato prodotto come la disponibilità, i tempi di spedizione e lo stato dell'ordine.

## 3. Demand Management

Il processo di gestione della domanda è un insieme di attività, capacità e comportamenti utilizzati per prevedere, pianificare e gestire la domanda di prodotti e servizi. Risulta fondamentale in ogni azienda per poter valutare qualsiasi azione o piano di investimento che possono andare a modificare il processo produttivo.

## 4. Order fulfillment

L'evasione degli ordini rappresenta il processo che inizia con l'acquisizione di un ordine del cliente e termina con la ricezione del prodotto finito. Sono compresi i processi di ordine, ricezione e stoccaggio della materia prima, elaborazione dell'ordine, spedizione al cliente e, in caso di problemi, elaborazione dei resi.

## 5. Manufacturing Flow Management

La gestione del flusso di produzione riguarda la progettazione e gestione del processo produttivo per ottimizzare l'efficienza stabilendo inoltre i vari range di flessibilità con l'obiettivo di ridurre al minimo i costi di produzione, massimizzando la produttività e la qualità.

## 6. Procurement

Il processo di approvvigionamento è composto da diverse attività svolte nel seguente ordine: identificazione dei beni o servizi di cui l'azienda ha bisogno, ricerca dei fornitori, negoziazione dei termini e costi, acquisto e ricezione. Rappresentano un processo continuo che mira anche a stabilire relazioni con i fornitori in modo da ottenere il miglior servizio a costi inferiori.

## 7. Product Development and Commercialization

Lo sviluppo e la commercializzazione del prodotto è il processo di gestione della catena di approvvigionamento che fornisce la struttura per lo sviluppo e l'immissione sul mercato di nuovi prodotti insieme a clienti e fornitori.<sup>9</sup>

È fondamentale relazionarsi con il mercato per soddisfare le richieste dei potenziali clienti andando quindi ad interagire con i reparti che si occupano del marketing e della gestione dei clienti.

## 8. Returns Management

Il processo di gestione dei resi mira a gestire attività di riparazione tempestiva, di sostituzione di articoli danneggiati o di accredito per gli articoli restituiti. Risulta importante identificare i problemi riscontrati negli articoli resi così da poter migliorare la catena di approvvigionamento e di conseguenza ridurre i resi futuri. Una corretta gestione dei resi migliora la percezione del servizio clienti che offre l'azienda andando quindi a migliorare la relazione con il cliente.

Ai processi precedentemente descritti vengono affiancate attività di supporto che mirano a garantire il corretto funzionamento del processo di approvvigionamento e distribuzione dei beni o servizi di un'azienda.

Le più comuni sono:

1. Gestione delle scorte: ottimizzare le scorte per ridurre sprechi e garantire che i prodotti siano sempre disponibili quando necessario.
2. Pianificazione della produzione: garantire che la produzione avvenga nei tempi adeguati e nel modo più efficiente possibile.
3. Gestione dei fornitori: selezione dei fornitori, valutazione delle prestazioni dei fornitori e gestione delle relazioni con i fornitori.

---

<sup>9</sup>Roger, Lambert and Knemever(2004), "The Product Development and Commercialization Process", The international journal of Logistic Management



4. Gestione della logistica: pianificazione e gestione del trasporto dei prodotti finiti ai clienti con annesse le attività di monitoraggio e tracciabilità.
5. Monitoraggio delle prestazioni: monitoraggio delle prestazioni della supply chain per identificare i problemi e le aree di miglioramento.
6. Tecnologia: implementazione di tecnologie avanzate, come il machine learning e l'automazione, per migliorare l'efficienza e l'efficacia della supply chain.

### **1.3 Lean Manufacturing**

Il concetto di Lean Manufacturing nacque a metà degli anni '50 grazie a un progetto sviluppato da Sakichi Toyoda, suo figlio Kiichiro Toyoda e il loro ingegnere capo Taiichi Ohno all'interno della Toyota Motor System.

Svilupparono il Toyota Production System in un particolare periodo storico in cui tutto il mondo era in crisi per cercare di contrastare il monopolio americano nel settore automobilistico. Si basa sull'ottimizzazione dei processi di produzione attraverso l'identificazione e l'eliminazione dei rifiuti chiamati MUDA e l'analisi della catena del valore, per ottenere finalmente un flusso stabile e costante di materiale, nelle giuste quantità, con la qualità assicurata e al momento necessario.<sup>10</sup>

Alla base del Lean manufacturing c'è il concetto di MUDA, in italiano spreco, ovvero qualsiasi processo o componente che non aggiunge direttamente valore al servizio e/o al prodotto portando quindi ad un inutile aumento dei costi e dei tempi di produzione.

---

<sup>10</sup> Antonio Mallia: L'impatto di Industry 4.0 sul Lean Manufacturing

Le principali forme di spreco in un'attività produttiva sono le seguenti:

- **Trasporto**  
Presenza di inutili o inefficienti trasporti da/verso i fornitori che non solo rappresentano uno spreco di tempo e di soldi ma potrebbero portare ad eventuali danni alla merce.
- **Inventario**  
Presenza di eccessive scorte che non creano valore ma aumentano solo i costi di stoccaggio e di ammortamento.
- **Movimento**  
Presenza di inutili o inefficienti spostamenti di prodotti, dipendenti e/o macchinari.
- **Attesa**  
Presenza di elevati Lead Time di acquisto, ritardi di consegna ed attese per mancanza di materiale.
- **Sovraproduzione**  
Produrre di più significa che si supera la domanda del cliente portando così a costi aggiuntivi che il cliente non è disposto a pagare.
- **Sovraelaborazione**  
Presenza di attività inutili nel processo produttivo che porteranno a funzionalità del prodotto finito non necessarie per il cliente.
- **Difetti**  
Presenza di resi, scarti o rilavorazioni che verranno cestinati o rilavorati portando così ad un enorme spreco di soldi e tempo.

Tutti gli sprechi che abbiamo classificato possiamo dividerli in sprechi immediatamente eliminabili che costituiscono generalmente il 65% degli sprechi totali e sprechi non immediatamente eliminabili che costituiscono il restante 35%. La Lean Production si basa sull'applicazione di cinque principi fondamentali:

### 1. Value

Determinare il valore del prodotto o del servizio dal punto di vista del cliente andando a comprendere ciò che il cliente vuole e ciò che è disposto a pagare per ottenerlo. Questo valore è soggettivo e dipende dalla percezione del cliente nei confronti del prodotto.

### 2. Stream

Il flusso di valore per un dato prodotto consiste nell'intera gamma di attività necessarie per trasformare le materie prime in prodotto finito.

Vanno definite le attività che creano e non creano valore tramite la Value Stream Map, volta a rappresentare graficamente il flusso del processo produttivo, dalla ricezione delle materie prime fino alla consegna del prodotto finito al cliente.

La Value Stream Map si divide in due parti: la prima rappresenta il flusso di materiale e la seconda il flusso di informazioni. In questo modo, è possibile visualizzare il flusso completo del processo produttivo e identificare eventuali punti di blocco o sprechi. Vanno messe in evidenza le attività che creano valore (tutte quelle il cui costo può essere trasferito al cliente), le attività che non creano valore ma necessarie (non sono eliminabili con gli attuali sistemi di sviluppo prodotto, gestione ordini e produzione) e le attività che non creano valore e non necessarie (possono quindi essere eliminate da subito).

### 3. Flow

Definito con precisione il valore, identificato il flusso di valore per un dato prodotto e ricostruito eliminando le attività inutili attraverso la mappatura dei flussi, è necessario fare in modo che le restanti attività creatrici di valore formino

un flusso continuo senza interruzioni che va dalla materia prima al prodotto finito. Queste interruzioni possono essere causate da attività ridondanti, tempi di attesa, movimenti inutili, difetti ed errori. Una volta identificate, è necessario adottare misure per eliminarle o ridurle al minimo.

#### 4. Pull

Si basa sull'attivazione del processo di produzione solo quando c'è un'effettiva domanda del cliente, piuttosto che produrre in anticipo e spingere i prodotti sul mercato.

Ciò significa che il processo produttivo si concentra sulla produzione di ciò che il cliente richiede effettivamente, senza accumulare inventario o produrre beni che potrebbero non essere richiesti o che rischiano di diventare obsoleti. Questo consente di ridurre gli sprechi, i costi e migliorare l'efficienza complessiva della catena di approvvigionamento.

Per implementare la produzione pull, è necessario stabilire un sistema di produzione in grado di rispondere rapidamente alle richieste dei clienti questo comporta la necessità di un'efficiente collaborazione con fornitori e clienti e la riduzione al minimo dei tempi di attesa, di set-up e di ciclo.

#### 5. Perfection

L'obiettivo deve essere la ricerca della perfezione che rappresenta la completa eliminazione degli sprechi, così che tutte le attività creino valore per il cliente finale. La ricerca dell'eccellenza, richiede che l'azienda non si accontenti mai dei suoi risultati e cerchi sempre di migliorare le sue procedure di produzione. Di conseguenza, bisogna valutare continuamente il funzionamento del processo di produzione, raccogliere dati sulle prestazioni, valutarli e utilizzarli per individuare eventuali problemi o potenziali aree di miglioramento.

## 1.4 Industria 4.0

Il termine Industria 4.0 è stato utilizzato per la prima volta nel 2011, alla fiera di Hannover, in Germania, per indicare un progetto rivoluzionario per il settore industriale. Il focus del progetto è relativo ad un mix di tecnologie che permettono la compenetrazione fra il mondo fisico, biologico e digitale con l'obiettivo di trasformare le aziende in smart factory ovvero organizzazioni più complesse caratterizzate da automazione, digitalizzazione, connessione e programmazione.<sup>11</sup>

L'Industria 4.0 viene associata alla quarta rivoluzione industriale, si basa sull'adozione di tecnologie digitali avanzate per migliorare l'efficienza, la produttività e la flessibilità delle industrie. Si basa sui i sistemi ciberfisici (CPS) ovvero sistemi fisici strettamente connessi con sistemi informatici, in grado di interagire e collaborare in modo continuo con altri sistemi CPS e con l'ambiente in cui operano. Tali sistemi sono composti da elementi dotati di capacità computazionale, di comunicazione e di controllo.<sup>12</sup>

Boston Consulting Group ha sintetizzato le principali innovazioni dell'industria 4.0 in nove pilastri:

- **Big Data and Analytics**

La raccolta e l'analisi di un grande numero di dati provenienti da diverse fonti sono diventati la base della nuova industria, risultano fondamentali per il supporto dei processi decisionali.

- **Robot Autonomi**

I robot erano già presenti nell'industria ma si sono evoluti in una nuova generazione di robot con costi inferiori ai precedenti ed una maggior autonomia, flessibilità ed interazione con gli altri robot e umani.

---

<sup>11</sup> Dario De Luca: "Costruzione e Ottimizzazione di un modello di simulazione di un magazzino automatico in ottica Digital Twin"

<sup>12</sup> Carlo Caldera, Valentino Manni, Luca Saverio Valzano: Il progetto esecutivo come modello integrato in relazione all'Industria 4.0

- **Simulazioni**

Le simulazioni venivano già utilizzate nei processi di progettazione di prodotti, materiali e processi produttivi ma ora viene esteso ad ogni attività industriale. A seguito di una raccolta e analisi di dati con questi sistemi è possibile realizzare modelli simulativi virtuali per testare e ottimizzare macchine, prodotti e processi.
- **Integrazione orizzontale e verticale dei sistemi informativi**

In tutti i processi aziendali vi è una stretta integrazione tra tutti i reparti, funzioni aziendali, fornitori e clienti. L'integrazione orizzontale riguarda gli agenti coinvolti nella catena del valore come partner commerciali o clienti. Quella verticale riguarda i sistemi di produzione intelligenti che stanno a supporto dell'integrazione orizzontale.<sup>13</sup>
- **Internet of Things**

Si basa su sensori, dispositivi di comunicazione e software di analisi dati, che consentono di raccogliere, trasmettere e analizzare informazioni sulle prestazioni degli oggetti connessi e sull'ambiente circostante. Questi dati possono poi essere elaborati e utilizzati in contesti aziendali per ottimizzare i processi produttivi, migliorare la manutenzione degli impianti o aumentare l'efficienza energetica.
- **Cybersecurity**

La sicurezza informatica è diventata un tema sempre più importante con la crescita esponenziale di dispositivi connessi a Internet, la diffusione di applicazioni web, cloud computing e il cambiamento verso modelli di

---

<sup>13</sup> Angelica Rita Giordano: Progettazione e sviluppo di una metodologia data-driven per l'identificazione della deriva dei dati. Caso di studio: outlier detection nell'industria 4.0

lavoro remoto. La cybersecurity è il processo di protezione dei sistemi informatici e delle reti da attacchi informatici, come malware, phishing, ransomware, hacking e altre minacce online.

- Cloud

Con le elevate quantità di dati che ogni azienda deve gestire si sono sviluppate nuove tecnologie cloud che consentono di archivarli, elaborarli e distribuirli in modo flessibile, sicuro ed efficiente, rendendo così possibile l'elaborazione e l'analisi in tempo reale delle informazioni prodotte dalle macchine e dai sensori intelligenti.

- Manifattura additiva

La manutenzione additiva nota come stampa 3D si è diffusa per la realizzazione di prototipi o piccoli componenti a partire da modelli di simulazione virtuale.

- Realtà aumentata

Tramite l'utilizzo di dispositivi mobili, dispositivi di visione, di ascolto e di manipolazione è possibile combinare gli elementi virtuali con il mondo reale. Questa tecnologia consente di migliorare la produttività e l'efficienza dei processi produttivi, soprattutto nel campo della formazione e della manutenzione.

I governi e le istituzioni europee negli ultimi anni hanno cercato di promuovere e facilitare l'introduzione di queste nuove tecnologie nelle aziende.

In Italia è stato implementato il Piano Industria 4.0, una strategia di politica industriale del Governo per promuovere la digitalizzazione e il rafforzamento competitivo delle aziende italiane. Gli incentivi introdotti dal Piano nazionale

Industria 4.0 hanno reso il regime fiscale italiano uno dei più favorevoli al mondo per le imprese impegnate in investimenti in digitale.<sup>14</sup>

Le principali agevolazioni nel caso di beni materiali per il periodo 2023-2025 sono:

- 20% del costo per la quota di investimenti fino a 2,5 milioni di euro
- 10% del costo per la quota di investimenti oltre i 2,5 milioni di euro e fino al limite di costi complessivamente ammissibili pari a 10 milioni di euro
- 5% del costo per la quota di investimenti tra i 10 milioni di euro e fino al limite di costi complessivamente ammissibili pari a 20 milioni di euro
- 5% del costo per la quota di investimenti superiore a 10 milioni fino al limite massimo di costi complessivamente ammissibili pari a 50 milioni di euro.<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> Ministero delle imprese e del made in Italy: “Incentivi per gli investitori: il Piano nazionale Industria 4.0”

<sup>15</sup> Ministero delle imprese e del made in Italy: “Credito d’imposta per investimenti in beni strumentali”



## 2. Il magazzino

Il magazzino è un componente centrale nella gestione della logistica e svolge quindi un ruolo fondamentale nel contribuire al successo di un'azienda. Viene utilizzato per depositare materie prime, semilavorati e prodotti finiti. Lavora in stretto contatto con il reparto produttivo e logistico, poiché da qui arrivano le merci, vengono mandate in produzione e infine vengono spedite. All'interno di un'azienda solitamente ci sono 3 tipi di magazzino:

- Magazzino Materie Prime: contengono tutti i materiali che arrivano dai fornitori che serviranno per ottenere prodotti finiti.
- Magazzino Semilavorati: contengono materiali che hanno già subito delle lavorazioni ma che non sono ancora prodotto finito.
- Magazzino Prodotti Finiti: contengono prodotti che hanno completato tutti i cicli di lavorazione e sono disponibili per essere venduti.

I magazzini consentono di conservare le merci in modo sicuro e protetto fino al momento in cui saranno necessarie. Ciò è particolarmente importante quando si tratta di prodotti deperibili o soggetti a deterioramento, in quanto i magazzini possono offrire condizioni di conservazione controllata come temperatura, umidità e protezione dagli agenti esterni.

Svolgono un ruolo chiave anche nel miglioramento della soddisfazione dei clienti perché possono garantire una rapida risposta alle fluttuazioni della domanda ed una rapida evasione degli ordini. I processi di magazzino sono inoltre oggetti di studio per diminuire le movimentazioni per lo stoccaggio e il prelievo con un conseguente risparmio sui costi e una minor probabilità di infortuni sul lavoro.

## **2.1 Logistica in Entrata**

Ai fini del progetto andremo a porre particolare attenzione ai magazzini delle materie prime risulta quindi fondamentale fornire una breve descrizione del contesto in cui questi si collocano. Il termine logistica in entrata riguarda il processo di ricezione e stoccaggio di materie prime, include le attività di approvvigionamento, acquisto, trasporto, ricevimento delle merci, controllo qualità, stoccaggio e gestione dell'inventario. Queste attività aiutano a garantire che le risorse siano disponibili nel momento, nel luogo e nelle condizioni desiderate.

Una corretta gestione di queste operazioni risulta molto importante poiché permette di risparmiare sui costi, aumentare l'efficienza produttiva e migliorare la soddisfazione del cliente.

Le principali attività che partecipano nella gestione della logistica in ingresso sono:

### **1. Approvvigionamento**

Nel processo di approvvigionamento l'obiettivo è identificare il fabbisogno dei materiali da ordinare ed identificare e selezionare i fornitori in grado di fornire le materie prime e le merci richieste al giusto prezzo e nella qualità desiderata. Lavora in stretto contatto con il magazzino per evitare stockout o overstock dei materiali.

### **2. Acquisti**

Questo processo include le attività di negoziazione dei prezzi, creazione di ordini di acquisto e gestione dei contratti con i fornitori. Vengono attuate diverse strategie come acquisti all'ingrosso, sconti sul volume e contratti a lungo termine per ridurre i prezzi di acquisto. Collabora con le attività di approvvigionamento per identificare il materiale necessario e il fornitore a cui richiederlo.

### 3. Trasporto

Per trasporto intendiamo lo spostamento delle merci dai fornitori alle strutture di produzione, può essere gestito internamente o esternalizzato ad un fornitore di servizi logistici esterni. Un trasporto gestito internamente garantisce un maggior controllo anche se i costi sono maggiori.

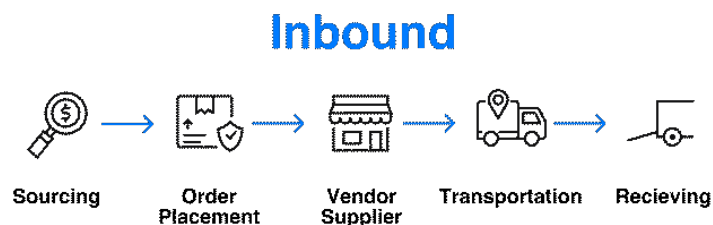
La scelta del mezzo di trasporto dipende dal tipo di merce da trasportare, dalla distanza percorsa, dall'urgenza della consegna ed ultimamente un importante fattore di scelta è la predilezione per il tipo di trasporto con l'emissione di  $CO_2$  minore.

### 4. Ricezione e Stoccaggio

La ricezione delle merci riguarda le attività di ispezione qualitativa e quantitativa delle merci per garantire che soddisfino gli standard e le specifiche di qualità richiesta. Lo stoccaggio invece rappresenta l'attività di deposito delle merci e la ricerca del miglior layout in cui posizzarle per facilitarne il prelievo nel momento del bisogno.

### 5. Gestione dell'inventario

La gestione dell'inventario è un aspetto fondamentale della logistica in entrata in quanto comporta la gestione della merce presente nel magazzino garantendo che la giusta quantità di merci sia disponibile al momento giusto. Una gestione efficace dell'inventario aiuta le aziende a ridurre i costi di magazzino, migliorare il servizio clienti ed evitare che sia presente troppa o poca merce disponibile.



*Figura 1 - Che cos'è la logistica inbound - esselogistics.it*

## 2.2 Sistemi di immagazzinamento

Quando si tratta di gestire un magazzino in modo efficiente, la scelta del sistema di immagazzinamento giusto è fondamentale. I sistemi di immagazzinamento sono progettati per organizzare e ottimizzare lo spazio disponibile, consentendo una gestione efficace dell'inventario e un rapido accesso agli articoli quando necessario. Esistono diversi tipi di sistemi di immagazzinamento, ognuno dei quali offre vantaggi specifici a seconda delle esigenze dell'azienda. I più comuni sono:

### Magazzino a catasta

Un magazzino a catasta è un tipo di magazzino in cui gli articoli vengono impilati uno sopra l'altro senza utilizzare i tradizionali sistemi di scaffalatura, le merci più grandi e pesanti vengono posizionate sotto, le merci più piccole e leggere vengono posizionate sopra. I principali difetti di questo sistema sono la sicurezza e la difficoltà nell'accedere agli articoli posti nella parte inferiore della pila.

### Magazzino a ripiani

Il magazzino a ripiani è composto da una scaffalatura le cui dimensioni variano a seconda della dimensione dei pallet. Con questo sistema è possibile raggiungere altezze più elevate rispetto al precedente grazie alla maggior stabilità ma i costi di realizzazione sono sicuramente maggiori. Per avere un maggiore spazio disponibile, a discapito della facilità d'accesso alla merce, viene implementata una doppia profondità nei ripiani. Nella progettazione bisogna inoltre lasciare un adeguato spazio tra le corsie degli scaffali per permettere un agevole movimento dei carrelli o mezzi di sollevamento.

### Magazzino Drive In

Il magazzino Drive In permette il massimo utilizzo dello spazio disponibile, è composto da una scaffalatura con una serie di tunnel interni di carico con binari di appoggio per i pallet. Questo sistema viene utilizzato quando non si hanno elevate

rotazioni degli articoli, solitamente ad ogni tunnel di carico viene inserito un solo articolo.

#### Cantilever

Il cantilever è un tipo di scaffalatura metallica composta da colonne a cui vengono fissate a diverse altezze dei bracci sopra i quali viene depositato il carico. Generalmente viene utilizzata in aziende che si occupano di stoccaggio di oggetti lunghi e pesanti come barre o tubi.

#### Magazzini Dinamici a gravità

I magazzini dinamici a gravità sono strutture dotate scaffalatura con rulliere frizionate con pendenza di circa il 3-4%. Il pallet viene inserito nella parte più alta della scaffalatura e per mezzo della gravità scende nella parte opposta in cui finisce la rulliera. Come nelle strutture drive in, ad ogni scaffalatura viene inserita una sola tipologia di articolo.

#### Magazzini a scaffali mobili

I magazzini a scaffali mobili sono formati da diversi scaffali che scorrono su delle guide, possono essere movimentati a motore o a catena a seconda delle dimensioni di stoccaggio necessarie. Questa tipologia di magazzino non viene utilizzata frequentemente poiché i tempi di prelievo possono rivelarsi molto lunghi.

## **2.3 Costi Associati al magazzino**

Molte volte si tende a non considerare i costi del magazzino che potrebbe portare a grandi variazioni sulle previsioni del profitto dato che possiamo stimarli attorno al 15-30% del valore dell'inventario. I fattori da considerare nel magazzino sono:

- Costi di locazione o proprietà

- Costi operativi che comprendo costi per l'elettricità, per l'acqua, per il riscaldamento/raffreddamento, di manutenzione e di pulizia del magazzino.
- Costi del personale impiegato nel magazzino
- Costi delle attrezzature: acquisto o il noleggio di strumenti necessari per la gestione delle operazioni di magazzino come carrelli elevatori, scaffalature, sistemi di stoccaggio, strumenti di movimentazione delle merci, etichettatrici, scanner.
- Costi delle tecnologie: sistemi di gestione degli inventari, software di tracciabilità delle merci, sistemi di automazione o robotica .
- Costi di sicurezza: installazione e manutenzione di sistemi di sicurezza, come sistemi antifurto, telecamere di sorveglianza, controlli di accesso, allarmi antincendio o sistemi di monitoraggio ambientale.
- Costi assicurativi: costi delle polizze assicurative per coprire eventuali danni, furti, incendi o altri incidenti che potrebbero verificarsi nel magazzino.
- Costi delle licenze e delle normative: licenze o autorizzazioni specifiche per operare legalmente e costi per la conformità alle normative ambientali, di sicurezza o di igiene.
- Costi di gestione delle scorte: costi delle scorte, delle attività di controllo dell'inventario, della registrazione delle scorte e della gestione delle scorte obsolete o danneggiate.
- Costi di trasporto: costi per le movimentazioni interne ed esterne.

## 2.4 Indici di prestazione

Gli indici di prestazione del magazzino sono delle metriche utilizzate per valutare l'efficienza del magazzino e della sua gestione per identificare aree di miglioramento e monitorare i progressi nel tempo. Gli strumenti più utilizzati sono:

- **Rotazione delle scorte:** misura il numero di volte in cui le scorte si rinnovano durante un determinato periodo di tempo. Un alto indice rotazione delle scorte indica che le merci vengono movimentate rapidamente, riducendo il rischio di obsolescenza o deterioramento delle scorte.
- **Selettività:** indica il numero di unità di carico che si possono prelevare direttamente senza spostarne altre. Possiamo calcolarlo tramite il rapporto tra i movimenti utili per prelevare la merce ed i movimenti necessari.
- **Utilizzo dello spazio:** valuta l'efficienza nello sfruttamento dello spazio disponibile nel magazzino. Si misura tramite il rapporto tra lo spazio utilizzato rispetto allo spazio disponibile, più è elevato, più il magazzino è efficiente.
- **Ricettività:** indica il numero massimo di unità di carico stoccabili in magazzino.
- **Tempo di giacenza medio:** indica per quanti giorni un articolo rimane in magazzino. Viene calcolato tramite il rapporto tra i giorni del periodo di tempo considerato e l'indice di rotazione calcolato nello stesso periodo.
- **Potenzialità di movimentazione:** indica il numero di unità di carico che è possibile movimentare in un determinato periodo di tempo.

- **Indice di saturazione:** indica il rapporto tra il numero delle ubicazioni occupate e il numero delle ubicazioni disponibili.

## 2.5 I Magazzini Automatici

I magazzini automatici hanno visto la loro diffusione dopo l'introduzione del concetto di industria 4.0. Con questo sistema si cerca di automatizzare il magazzino andando a ridurre il coinvolgimento umano nelle operazioni di stoccaggio, movimentazione e distribuzione delle merci. Vengono utilizzate moderne tecnologie trattate nel precedente capitolo come l'internet delle cose (IoT), l'intelligenza artificiale (IA), la robotica e l'analisi dei dati per migliorare l'efficienza, la precisione e la visibilità delle operazioni di magazzino.



*Figura 2 - Magazzino Automatico - [www.logisticaefficiente.it](http://www.logisticaefficiente.it)*



### 2.5.1 Componenti

Un magazzino automatico è formato da un sistema di scaffalature, un trasloelevatore, un sistema di gestione e controllo, dei sensori e dei dispositivi di sicurezza.

#### Sistema di scaffalature

Un sistema di scaffalature viene progettato per garantire uno stoccaggio e un'organizzazione efficiente delle merci, le caratteristiche variano a seconda del tipo di merci da immagazzinare e dalle esigenze dall'azienda. Le scaffalature sono composte da:

- **Montanti Verticali:** colonne portanti della scaffalatura e fungono da supporto per le mensole e scaffali.
- **Mensole e Ripiani:** superfici orizzontali su cui vengono riposte le merci, le dimensioni e il materiale variano a secondo del tipo di materiale e dalle dimensioni.
- **Longheroni:** travi orizzontali che collegano i montanti verticali, forniscono un ulteriore supporto e garantiscono la stabilità dell'intero sistema di scaffalature.
- **Staffe di fissaggio:** utilizzate per collegare le mensole e i ripiani ai montanti verticali e ai longheroni.

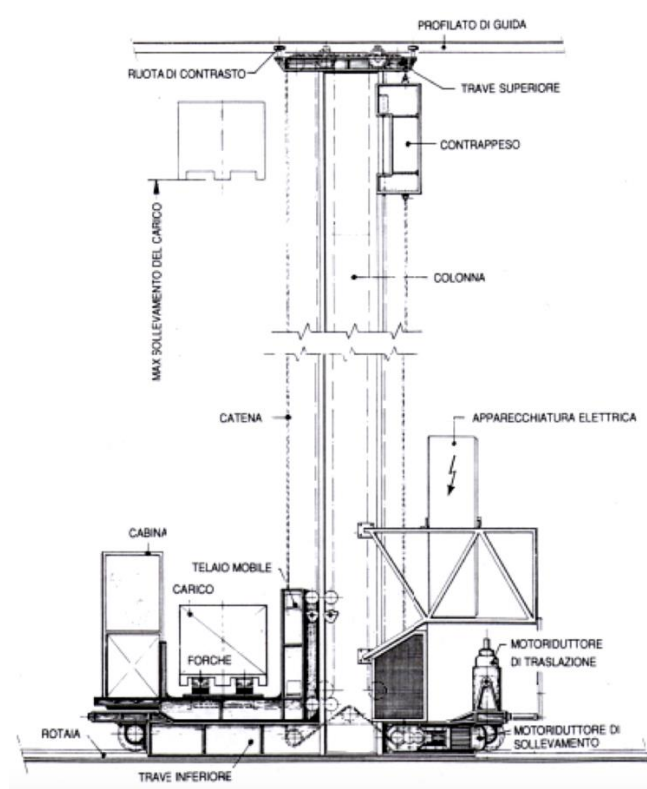
#### Trasloelevatore

Il trasloelevatore è un dispositivo in movimento in grado movimentare la merce tra le due estremità della corsia del magazzino, sia verticalmente sia orizzontalmente. Oltre alla movimentazione si occupa delle attività di stoccaggio (il materiale viene spostato dal bacino di ingresso ad alcuni luoghi di stoccaggio), attività di recupero (il materiale viene spostato da un luogo al bacino di uscita),

attività di approvvigionamento tampone (il materiale viene spostato da un luogo di stoccaggio a un buffer).<sup>16</sup>

Un trasloelevatore è composto da:

- Montanti: costituiscono la struttura portante, le travi di base con le ruote di scorrimento e le travi superiori.
- Telaio mobile: dispositivo in grado di muoversi lungo gli assi per consentire il deposito e prelievo nelle diverse posizioni.
- Dispositivo per il prelievo ed il deposito dei carichi, solitamente formati da una piattaforma o forche.
- Cabina: utilizzabile per le operazioni di emergenza in caso di malfunzionamenti.
- Sistema di automazione: gestisce automaticamente o manualmente le operazioni di movimento del trasloelevatore.
- Contrappesi: utilizzati per ridurre gli sforzi di sollevamento.



<sup>16</sup> NORBERT ASCHEUER, ATEF ABDEL-AZIZ ABDEL-HAMID: "Order Picking in an Automatic Warehouse: Solving Online Asymmetric TSPs "

## Sistema di Gestione

Un software di gestione controlla l'intero sistema, pianifica le operazioni di stoccaggio e recupero delle barre, monitora la posizione delle barre nel magazzino e coordina il movimento del carrello elevatore automatico. Il software può essere personalizzato a seconda delle esigenze dell'azienda, è possibile per esempio impostare una logica FIFO (First Input, First Output), ovvero, nel caso in cui avessimo più articoli con lo stesso codice in magazzino, il sistema preleva automaticamente il primo che è stato inserito nel magazzino. Risulta inoltre possibile classificare gli articoli a seconda degli indici di rotazione per stoccare quelli con indice maggiore nella zona in cui il prelievo sarà più rapido.

## Sensori e sistemi di sicurezza

Il magazzino è dotato di sensori che monitorano la posizione delle barre e rilevano possibili problemi nelle movimentazioni, lavorano in collaborazione con i sistemi di sicurezza che sono caratterizzati da barriere fisiche o ottiche per proteggere l'operatore da eventuali pericoli.

### 2.5.2 Tempi di ciclo

Nella valutazione di un eventuale investimento per automatizzare il magazzino risulta necessario conoscere i tempi di cicli. Possiamo distinguere due casi:

- Ciclo Semplice: il trasloelevatore deposita e preleva solo un'unità di carico per ciclo.
- Ciclo Combinato: il trasloelevatore può depositare e prelevare più unità di carico per ciclo.

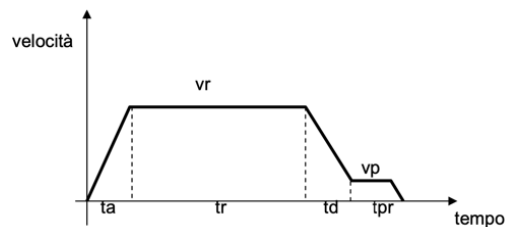
Possiamo calcolare i tempi di ciclo tramite:

$$Tc = T_{variabili} + T_{fissi}$$

I tempi variabili sono tutti i tempi che dipendono dalla posizione dell'unità di carico ed incorporano i tempi relativi ai movimenti orizzontali e verticali del trasloelevatore.

I tempi fissi non dipendono dalla posizione dell'unità di carico, sono uguali per tutti i cicli ed includono i tempi relativi alle attività di posizionamento per il carico del pallet, posizionamento in corrispondenza del vano assegnato per il deposito e tempo di entrata/uscita delle forche nell'unità di carico.

Possiamo scorporare i tempi variabili in tempi di accelerazione, tempi di regime, tempi di decelerazione e tempi di posizionamento e arresto.



Per calcolarli è necessario conoscere le componenti di accelerazione/decelerazione del trasloelevatore, la velocità rispetto agli assi e lo spazio percorso.

$$T = t_a + t_r + t_d + t_{pr}$$

$$t_r = \frac{S}{v_r}$$

$$S_a = \frac{1}{2} a_a * t_a^2$$

$$S_d = \frac{1}{2} a_d * t_d^2$$

Per avere un parametro standard nel calcolo dei tempi di ciclo è stata introdotta la normativa FEM 9851 ma in alcuni casi viene preferito il metodo sviluppato da Bozer & White.

Normativa FEM 9851

La normativa FEM 9851 viene utilizzata per determinare il tempo ciclo di un'operazione di deposito o prelievo.

Si basa sull'individuazione di due vani P1 e P2 che stanno a rappresentare l'intera scaffalatura e, i tempi di ciclo, sono calcolati tramite la somma dei tempi per raggiungere questi due punti.

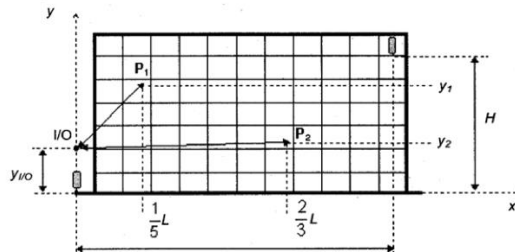
Le coordinate dei due punti sono:

$$\begin{aligned}x_{P1} &= \frac{1}{5}L & y_{P1} &= \frac{2}{3}H + \frac{1}{3}y_{I/O} \\x_{P2} &= \frac{2}{3}L & y_{P2} &= \frac{1}{5}H + \frac{1}{3}y_{I/O}\end{aligned}$$

A partire dalle precedenti variabili è possibile calcolare:

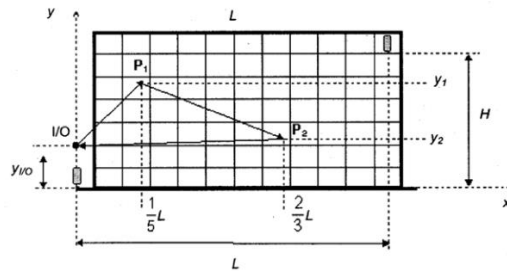
Tempo di ciclo semplice:

$$T_{CS} = 2[T(I/O \rightarrow P1) + T(I/O \rightarrow P2)] + 2T_{Fissi}$$



Tempo di ciclo combinato:

$$T_{CC} = T(I/O \rightarrow P1) + T(I/O \rightarrow P2) + T(P1 \rightarrow P2) + 4T_{Fissi}$$



### Metodo Bozer and White<sup>17</sup>

Il metodo Bozer & White venne introdotto nel 1984, anch'esso per calcolare il tempo ciclo di un sistema di trasloelevatori.

Le ipotesi per applicare il metodo sono le seguenti:

- Una sola scaffalatura presente.
- La scaffalatura ha la forma di un rettangolo continuo in cui il punto di I/O è posto nell'angolo in basso a sinistra.
- Non sono consentite più fermate del trasloelevatore nel corridoio.
- Sono note la lunghezza e l'altezza della scaffalatura e la velocità orizzontale e verticale del trasloelevatore.
- Il trasloelevatore viaggia simultaneamente in direzione orizzontale e verticale.
- Le velocità vengono considerate costanti, senza accelerazioni.
- I tempi di ritiro e deposito della merce vengono ignorati, vanno calcolati aggiungendoli al risultato finale perché possono incidere molto nei tempi di ciclo
- Viene utilizzata l'archiviazione randomizzata, qualsiasi punto della scaffalatura ha la stessa probabilità di essere selezionato per l'immagazzinamento o il recupero.

---

<sup>17</sup> Yavuz A. Bozer, John A. White : "TRAVEL TIME MODELS FOR AUTOMATED STORAGE/RETRIEVAL SYSTEMS"

$V_x$  = velocità del trasloelevatore in direzione orizzontale

$V_y$  = velocità del trasloelevatore in direzione verticale

$L$  = lunghezza della scaffalatura

$H$  = altezza della scaffalatura

Andremo ora a calcolare  $T_x$  che rappresenta il tempo di percorrenza orizzontale richiesto per raggiungere la colonna più lontana dalla stazione I/O. Allo stesso modo, calcoleremo il tempo di percorrenza verticale  $T_y$  necessario per raggiungere la fila più lontana. Per definizione:

$$T_x = \frac{L}{V_x}$$

$$T_y = \frac{H}{V_y}$$

Conoscendo le due variabili  $T_x$ ,  $T_y$  andiamo ora a calcolare due parametri di tempo  $T$  e  $b$ , in cui  $b$  viene indicato come “fattore di forma” ed ha un valore compreso tra 0 e 1.

$$T = \max \{ T_x ; T_y \}$$

$$b = \min \left\{ \frac{T_x}{T}, \frac{T_y}{T} \right\}$$

Tramite i precedenti parametri, possiamo calcolare il tempo di ciclo semplice come:

$$T_{CS} = 2T \left[ 1 + \frac{b^2}{3} \right] + 4T_{fissi}$$

Possiamo dimostrare tale risultato nei seguenti passaggi:

$T$  viene normalizzato a 1, si consideri quindi una scaffalatura di dimensioni  $1 \times X_B$ , il cui vincolo di prestazione sarà l'asse delle ascisse.

Si delimiti un'area quadrata di lato  $b$ , con  $b < 1$ .

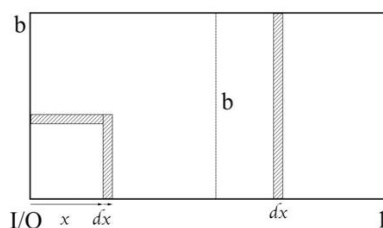


FIGURA 3.6: RAPPRESENTAZIONE TEMPORALE BOZER&WHITE

La parte costante della formula sarà costituita da  $\frac{4T}{b}$ , poiché 4 sono le entrate ed uscite di un ciclo semplice, si moltiplica per  $T$  che rappresenta un parametro temporale e si divide per  $b$  per normalizzare il risultato. L'integrale da 0 a  $b$  rappresenta la prima area data da  $2x$  essendo il fronte  $x \cdot x$ , che viene poi moltiplicato nuovamente per  $x$  che rappresenta la quota. L'integrale da  $b$  a 1 rappresenta la seconda area.

$$\begin{aligned}
 T_{cs} &= \frac{4T}{b} \left[ \int_0^b (2x * x) dx + \int_b^1 (x * b) dx \right] + 4T_{fissi} = \\
 &= \frac{4T}{b} \left[ \frac{2b^3}{3} + \frac{b}{2} - \frac{b^3}{2} \right] + 4T_{fissi} = \\
 &= \frac{4T}{b} \left[ \frac{4b^3 + 3b - 3b^3}{6} \right] + 4T_{fissi} = \\
 &= \frac{4T}{b} \left[ \frac{b^3}{6} + \frac{b}{2} \right] + 4T_{fissi} = \\
 &= 2T \left[ 1 + \frac{b^2}{3} \right] + 4T_{fissi}
 \end{aligned}$$

La formula per il calcolo del tempo ciclo combinato invece risulta:



$$T_{cc} = T \left[ \frac{4}{3} + \frac{b^2}{2} - \frac{b^3}{30} \right] + 4T_{fissi}$$

Di conseguenza il tempo di movimentazione necessario al trasloelevatore per spostarsi tra due punti interni alla scaffalatura risulta essere:

$$T_{int} = T \left( \frac{1}{3} + \frac{b^2}{6} - \frac{b^3}{30} \right)$$

Tale formula diventa utile nel caso si voglia studiare il tempo ciclo di un trasloelevatore che trasporti più unità di carico contemporaneamente.<sup>18</sup>

### 2.5.3 Criteri di allocazione

I criteri di allocazione del magazzino si riferiscono alle strategie e ai principi utilizzati per determinare come assegnare lo spazio di stoccaggio e i criteri di posizionamento degli articoli all'interno di un magazzino. I criteri di allocazione possono variare a seconda delle esigenze specifiche dell'azienda e dei prodotti gestiti, di seguito sono elencati alcuni dei più utilizzati.

#### Allocazione casuale

Si segue il criterio di depositare gli articoli nel primo vano disponibile in quel momento, risulta poi fondamentale che la posizione di stoccaggio venga caricata in un gestionale per permettere di rintracciarlo in modo più rapido.

#### Allocazione dedicata

---

<sup>18</sup> Yavuz A. Bozer, John A. White : "TRAVEL TIME MODELS FOR AUTOMATED STORAGE/RETRIEVAL SYSTEMS"

Nell'allocazione dedicata, per ogni articolo vengono determinate postazioni di stoccaggio andando ad analizzare i dati di periodi precedenti per calcolare lo spazio necessario.

#### Classificazione ABC

La classificazione ABC è una tecnica di gestione dell'inventario che classifica gli articoli in base alla loro importanza. Gli articoli di classe A sono considerati i più importanti e richiedono spesso un accesso rapido, dovrebbero quindi essere posizionati in posizioni di prelievo facilmente accessibili. Gli articoli di classe B sono di importanza moderata e possono essere posizionati in zone di prelievo un po' meno accessibili. Gli articoli di classe C sono di bassa importanza e possono essere posizionati nelle aree di stoccaggio meno accessibili.

#### Indici di rotazione

Gli articoli con una rotazione delle scorte più elevata dovrebbero essere posizionati in posizioni che consentano un facile accesso e un rapido prelievo. Ciò riduce i tempi di prelievo e migliora l'efficienza operativa complessiva del magazzino. Possiamo calcolare gli indici di rotazione tramite la seguente formula:

$$IR = \frac{\text{Valore vendite in un periodo } T}{\text{Valore medio delle scorte in un periodo } T}$$

Oltre a valutare le logiche di allocazione è importante andare a pianificare il criterio di prelievo della merce quando viene richiamata per essere mandata in produzione. Ci sono due modalità:

1. LIFO (Last-In, First-Out): gli ultimi articoli inseriti nel magazzino sono i primi ad essere prelevati quindi, gli articoli più recenti sono considerati come quelli venduti o utilizzati per primi. Questo può essere utile per gestire prodotti soggetti a obsolescenza o deterioramento, in quanto si presume che gli articoli più vecchi abbiano un valore inferiore.
2. FIFO (First-In, First-Out): i primi articoli inseriti nel magazzino sono i primi ad essere prelevati, gli articoli vengono venduti o utilizzati nell'ordine

in cui sono stati acquistati o prodotti. Questo approccio è spesso utilizzato per articoli soggetti a scadenza o per garantire che gli articoli non rimangano in magazzino per un periodo prolungato.

## **3. Zannini S.p.A.**

### **3.1 Storia**

Zannini S.p.A. è un'azienda leader nella produzione di particolari torniti e componenti meccanici di alta precisione. La filosofia aziendale è totalmente orientata alla soddisfazione del cliente, attraverso un'elevata qualità ed un elevato livello di servizio.

Le origini dell'organizzazione risalgono al 15 Maggio 1963, anno in cui Giovanni e Fausto Zannini fondarono a Castelfidardo (AN) la Zannini Snc, orientata inizialmente verso la produzione di componenti metallici per le fisarmoniche.

Negli anni '70, visto il forte sviluppo del settore micromeccanico ed elettromeccanico, viene costituita una nuova società che lavora in questo campo, la CE.RI.

L'attività cresce rapidamente e, nel 1980 le aziende Zannini Snc e CE.RI si fondono e viene istituita la Zannini S.p.A.

Negli anni successivi l'azienda cresce di dimensione e acquisisce un ruolo di leadership nella fornitura al settore automotive e serrature.

Nel 1996 viene creato un reparto di controllo qualità per poter ottenere la certificazione ISO9001 e nel 2001 la Zannini S.p.A. è la prima azienda in Italia ad ottenere la certificazione ISO TS 16949 che rappresenta il più importante standard di qualità nel settore automotive a livello mondiale.

Il 6 Dicembre 2006 viene fondata una nuova sede in Polonia, la Zannini Poland, e il 27 Agosto 2007 inizia la produzione.

Nel 2009 viene inaugurato il nuovo avanzato dipartimento di ricerca e sviluppo e, nel 2010, con l'obiettivo di rafforzare la sua leadership in Italia viene acquisito il 51% dell'azienda Meccanica Veneta Srl, una torneria in provincia di Padova specializzata nella produzione di componenti per i settori oleodinamici e automotive. Nello stesso anno viene inoltre acquisito il 50% dell'azienda Foglia Srl con sede ad Osimo, specializzata nella produzione in piccole e medie quantità di componenti in plastica e acciaio speciale.

Per migliorare le tecnologie produttive, nel 2012 decidono di cedere il 50% di Meccanica Veneta Srl al gruppo GMI che si occupa della produzione di componenti idraulici.

Nel 2018 viene fondata Z4TEC, una nuova società innovativa che si occupa di automazione industriali.

Negli anni successivi, grazie anche al supporto del gruppo GMI che nel 2019 ha raggiunto il 50% di partecipazione nella società Zannini Poland, si è registrato un notevole incremento dei ricavi nel settore idraulico portando l'espansione della società polacca in un nuovo edificio di 2500mq.

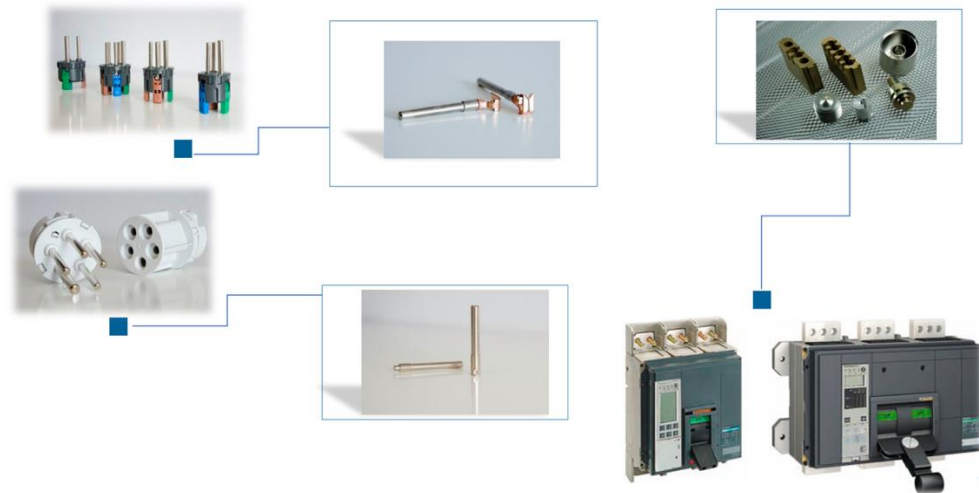
### **3.2 Business**

Attualmente fanno parte del gruppo Zannini 5 società:

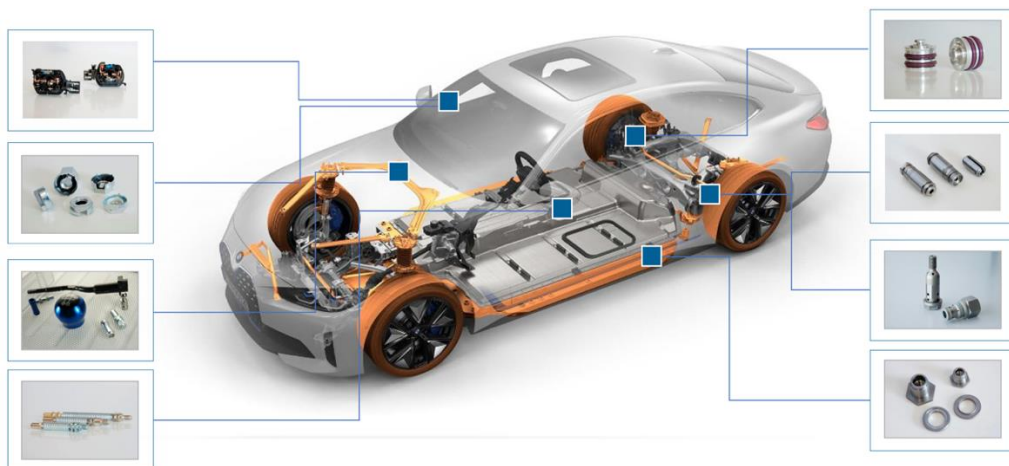
- Zannini S.p.A., rappresenta la sede centrale e si sviluppa in 5500mq a Castelfidardo. Attualmente comprende circa 140 dipendenti e ha registrato un fatturato di 35 milioni.
- Z4Tech, la più recente, è collocata nella stessa sede principale a Castelfidardo, ne fanno parte 7 dipendenti e ha registrato un fatturato di 0,8 milioni.
- Meccanica Veneta S.r.l. che si sviluppa in 3300mq nei pressi di Padova, attualmente conta 74 dipendenti e registra un fatturato di 18 milioni.
- Zannini Poland Sp.zo.o collocata a Czeladz(PL) in due siti produttivi per un totale di 4500mq. Ha registrato un fatturato di 25 milioni e fornisce lavoro a 250 dipendenti.
- Foglia Srl collocata in Osimo(AN), ha registrato un fatturato di 2,4 milioni e ne fanno parte circa 20 dipendenti.

I principali componenti che vengono prodotti fanno parte dei seguenti settori:

- Elettronici come sensori, encoder, sistemi di collegamento, componenti di circuiti stampati, interruttori elettrici e altri parti elettromeccaniche personalizzate di alta precisione per l'assemblaggio elettronico.



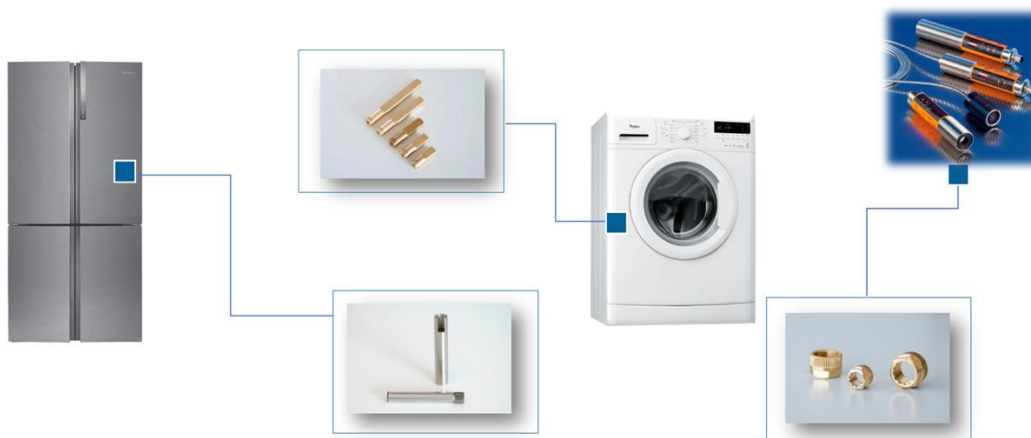
- Automotive con componenti per il condizionamento, sistemi audio, trasmissione meccanica, valvole per freni e sistemi di sospensione.



- Valvole per applicazioni oleodinamiche, le quali hanno visto il maggior sviluppo negli ultimi anni, la società rappresenta il primo produttore di manicotti e bobine in Europa per il mercato oleodinamico.



- Componenti per elettrodomestici come alberi, sensori e componenti utilizzati nelle valvole elettroniche per frigoriferi, forni, condizionatori, impianti di riscaldamento e lavastoviglie.



L'azienda attualmente dispone di più di 280 macchinari che comprendono: torni CNC, torni plurimandrino, saldatrici laser, macchinari per sbavatura termica, disossidazione e sabbiatura, levigatrici e rettificatrici, macchine di selezione.

Particolare attenzione viene posta al reparto qualità che dispone di diversi macchinari che hanno reso possibile l'acquisizione di diverse certificazioni:

- ISO9001

- IATF16949
- ISO14001
- OHSAS18001

I principali obiettivi futuri sono focalizzati sulla sostenibilità aziendale e sulla riduzione delle emissioni di anidride carbonica con l'obiettivo principale di riuscire a produrre il 30% dell'energia consumata da fonti rinnovabili proprie entro i prossimi 3 anni.

### 3.3 Situazione Magazzino attuale

All'interno dell'azienda sono presenti due magazzini dedicati allo stoccaggio delle materie prime:

- Magazzino principale di circa 210mq, formato da 16 cantilever, di cui 15 che si sviluppano su 9 livelli e 1 su 10 livelli, per un totale 145 scaffalature. Indicativamente per ogni scaffalatura è possibile stoccare un numero variabile di fasci a seconda delle dimensioni compreso tra 3-4 fasci, considerando una media di 3,5 fasci per ogni scaffale avremo:

$$Ricettività_{MAG1} = 510 \text{ fasci}$$

- Magazzino secondario di circa 60mq collocato nel lato opposto del capannone e formato da 5 cantilever di cui 1 che si sviluppa su 8 livelli, 2 su 7 livelli e 2 su 9 livelli, per un totale di 40 scaffalature. Avremo quindi:

$$Ricettività_{MAG2} = 140 \text{ fasci}$$

$$Ricettività_{totale} = 510 + 140 = 650 \text{ fasci}$$

Le unità di carico in ingresso sono fasci monoarticolo con un peso massimo di massimo 1000Kg e una lunghezza di 3 metri. Sono movimentati tramite un carrello



a forche specializzato per le barre che comprende al suo interno una bilancia per verificare le quantità.

A causa dell'aumento di produzione registrato negli ultimi anni, il magazzino non dispone di uno spazio sufficiente e, a causa di questo, la merce è disposta nei cantilever in modo casuale.

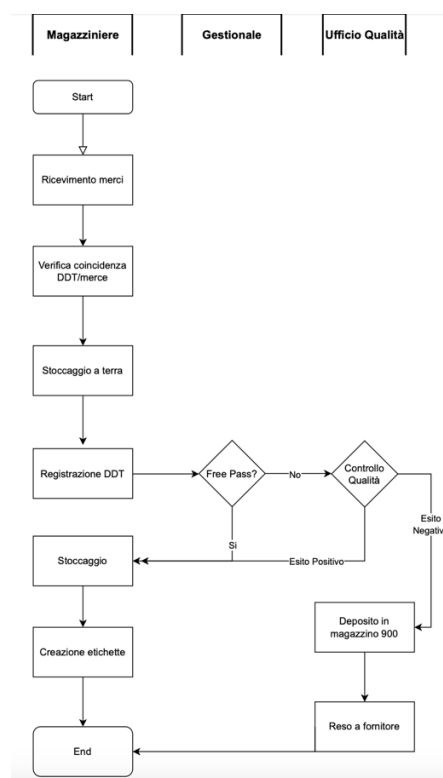
### 3.4 Analisi dei processi

Per valutare l'eventuale implementazione di un magazzino automatico per le materie prime è necessario andare ad analizzare i processi che lo coinvolgono.

Nell'azienda Zannini S.p.A. il magazzino è chiamato a svolgere le attività di:

- Ricezione della merce
- Prelievo del materiale

#### Ricezione Merce



Il processo di ricezione delle merci come possiamo vedere nel flow chart inizia con l'arrivo delle merci e termina la creazione dell'etichette che, come andremo poi a vedere, rappresenta una delle principali problematiche in questo processo. Viene svolto da un magazziniere e dal reparto qualità con la collaborazione di un software gestionale con lo scopo di ottenere una corretta ricezione degli articoli garantendo la qualità richiesta ed una rapida tracciabilità e movimentazione.

Le attività sono:

1. Verifica coincidenza DDT merce

Il magazziniere all'arrivo del camion verifica che gli articoli e le quantità presenti coincidano con quelle scritte nel DDT.

2. Stoccaggio a terra

Il magazziniere deposita momentaneamente la merce in arrivo in attesa di eventuali chiamate di verifica da parte dell'ufficio qualità.

3. Registrazione DDT

Il magazziniere inserisce manualmente il DDT nel gestionale verificando che la quantità arrivata coincida con quella ordinata. Con la registrazione viene aggiornata in automatico la nuova quantità di giacenza all'interno del magazzino virtuale e in automatico viene inserita la posizione "depositato a terra". Le tempistiche per registrare il DDT sono all'incirca di 3 minuti e 30 secondi, rappresenta quindi un fattore di costo importante per il magazzino. Dopo la registrazione il magazziniere visualizzerà nel gestionale se la materia prima può essere stoccata(freepass) o se deve essere sottoposta ad un controllo dell'ufficio qualità.

#### 4. Stoccaggio

Gli articoli con freepass verranno stoccati nelle posizioni libere, ogni cantilever è caratterizza da due lettere che identificano il cantilever, due numeri che caratterizzano la fila e due numeri che caratterizzano la colonna. Questo codice andrà poi immesso nel gestionale andando a modificare la precedente registrazione DDT.

#### 5. Controllo qualità

La materia prima che deve essere controllata è sottoposta a verifiche qualitative da parte del reparto qualità, se risulta conforme ai parametri richiesti dalla produzione e dal cliente può essere stoccata. Nel caso in cui non sia conforme gli articoli verranno portati in un altro magazzino chiamato “magazzino 900”, in cui sono presenti i materiali che saranno resi al fornitore.

#### 6. Etichettatura

Dopo lo stoccaggio, il magazziniere provvederà a stampare ed allocare le etichette di riconoscimento nell'articolo. Sono composte da un barcode, numero lotto di produzione, codice articolo, quantità, data di carico, fornitore(codice e ragione sociale), numero DDT ed esito controllo del controllo(se previsto). Il bar-code è composto da 4 zeri seguiti dall'anno associato all'arrivo dell'articolo(es 2023) e altri 7 numeri univoci che identificano la merce arrivata. In totale sono 15 numeri che permettono l'identificazione del lotto di produzione, del materiale entrato, della quantità, della riga e del numero d'ordine.

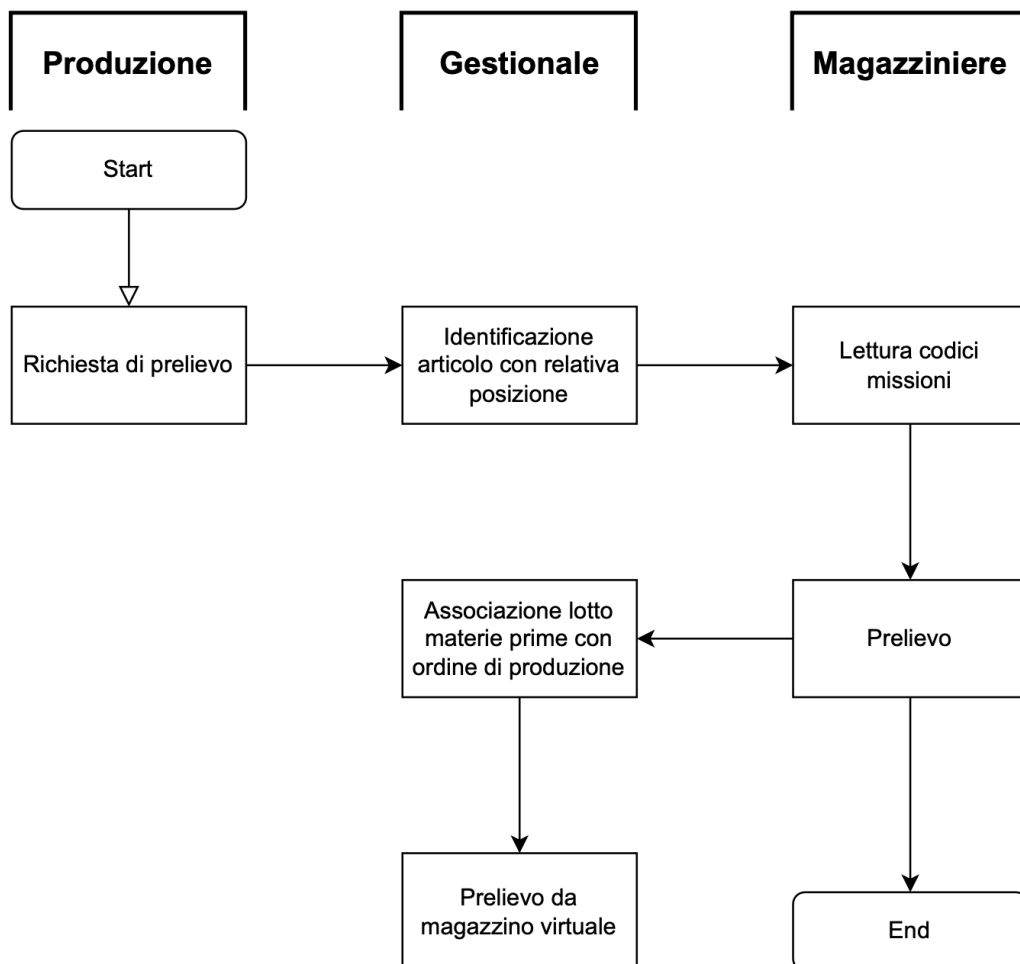
#### Criticità

A seguito di un confronto con il magazziniere è emerso un problema con il processo di etichettatura poiché non vengono generate automaticamente ma arrivano al magazziniere in genere dopo 30 minuti dalla registrazione del DDT. La merce arrivata per motivi organizzativi e di spazio è necessario stoccarla in tempi più brevi quindi l'allocatione delle etichette nel relativo articolo risulta una perdita

di tempo soprattutto nel caso in cui l'articolo si trovi nelle file più alte del magazzino.

Un'altra perdita di tempo nel processo avviene nel processo di registrazione del DDT poiché non risulta possibile registrare l'ubicazione del carico durante la registrazione, il magazziniere è costretto in un secondo momento a riaprire il DDT registrato ed inserire la corretta ubicazione.

### Prelievo merce (picking)



Il processo di picking rappresenta l'attività di prelievo degli articoli stoccati per essere mandati in produzione, i reparti coinvolti sono l'operatore di produzione e

il magazziniere. Le attività iniziano con l'invio della lista degli articoli da prelevare da parte dell'operatore di produzione al magazziniere e terminano con il prelievo della merce. Il tipo di picking utilizzato è operatore verso materiale, la merce rimane fissa negli scaffali senza movimentazioni automatiche e l'operatore si muove con il carrello elevatore per prelevarla.

#### 1. Richiesta di prelievo

Gli operatori nel reparto produzione al termine di una precedente lavorazione richiedono tramite il gestionale il materiale necessario con le relative quantità fornite in automatico.

#### 2. Lettura codici missioni

Al magazziniere arriveranno nel computer il codice dell'articolo da prelevare, la macchina che ha richiesto il prelievo, le quantità e l'ubicazione e, nel caso ci fossero più articoli disponibili, verrà valutato quello con l'accesso più rapido. Successivamente inserirà nel gestionale il numero di lotto prelevato con le relative quantità che verranno scaricate automaticamente dal magazzino virtuale.

#### 3. Prelievo

Il magazziniere tramite il carrello elevatore preleva l'articolo richiesto e lo deposita in appositi carrelli che andranno portati in produzione. I tempi medi richiesti per quest'operazione sono in media 3 minuti e nel caso in cui l'articolo non si trovi nella prima posizione dello scaffale, è necessario che venga prelevata tutta la fila dello scaffale e andranno quindi aggiunti circa 1 minuto e 40 secondi per depositare la merce non necessaria.

#### 4. Consegna in produzione

Il magazziniere trasporta manualmente il carrello con la merce nella macchina che ha richiesto il prelievo.

#### 5. Compiti del gestionale

Tramite il gestionale avviene l'identificazione dell'articolo richiesto con la relativa posizione di stoccaggio all'interno del magazzino. In seguito tramite questo avviene l'associazione tra il lotto della materia prima e il lotto di produzione e successivamente viene scalata la quantità prelevata dal magazzino virtuale.

### Criticità

Le principali criticità di questo processo è la bassa selettività che si calcola tramite il rapporto tra il numero dei carichi prelevabili senza spostarne altri e il numero di fasci totali stoccabili, il valore è sempre compreso tra 0 e 1, in cui il valore massimo è il risultato più efficiente che corrisponde alla massima rapidità di prelievo delle merci. Conoscendo il numero degli scaffali(185) e il numero delle unità di carico depositabili(650) possiamo calcolare la selettività come:

$$Selettività = \frac{185}{650} = 0,284$$

Come possiamo notare da questo dato l'organizzazione del magazzino non è efficiente poiché il prelievo delle unità di carico risulta poco agevole comportando una notevole perdita di tempo, come descritto precedentemente, circa 1 minuto e 40 secondi per ogni unità prelevata che non si trovi nella prima fila dello scaffale. Un'altra criticità registrata dato l'elevato peso dei materiali in questione, risulta la movimentazione manuale del carrello per portare gli articoli in produzione, risolvibile tramite un sistema AGV(Automated guided Vehicle) anche se l'applicazione all'interno dell'azienda risulta complessa a causa degli spazi disponibili ridotti.

## **3.5 Valutazione Magazzino automatico**

### **3.5.1 Dati Attuali**

Nel processo di valutazione del magazzino automatico ho analizzato i dati degli arrivi delle materie prime, delle scorte e delle movimentazioni verso la produzione relative all'anno 2022. Considerando però la particolare situazione di quel periodo, in cui le scorte sono state maggiori a causa della difficoltà a reperire le merci, ho confrontato i risultati ottenuti con quelli del primo trimestre 2023, ricavando che le scorte sono diminuite del 13,10%. Nelle successive analisi andrò quindi ad applicare un fattore di riduzione per adattare questi risultati.

Annualmente, andando a sommare il numero di fasci in entrata e mandati verso la produzione, vengono movimentati 7054 fasci all'anno che, dividendole per 252 giorni lavorativi (sabato esclusi), sono 28 fasci al giorno. Confrontandomi con il magazzino riguardo l'attendibilità del risultato mi ha suggerito di aggiungere una media di 5 fasci al giorno che dalla produzione vengono riportati nel magazzino. Questi sono riferiti alle quantità di materiale in eccesso inviato alla produzione e non è stato possibile verificarlo tramite i dati presenti nel gestionale. Andando a sommare i due valori risulta che al giorno vengono movimentati circa 33 fasci. Questo dato risulta fondamentale per valutare la velocità necessaria che il magazzino automatico deve avere.

### **3.5.2 Criteri di allocazione**

I dati sopra descritti sono stati utilizzati per valutare le diverse soluzioni possibili per allocare gli articoli all'interno del magazzino automatico. Le diverse possibilità valutate sono:

- Allocazione per materiale
- Allocazione dedicata a singolo articolo
- Allocazione per indici di rotazione
- Allocazioni per numero di movimentazioni

### 1. Allocazione per materiale

Inizialmente ho valutato la disposizione degli articoli nel magazzino a seconda del tipo di materiale, andando ad analizzare gli articoli che sono stati presenti almeno una volta in magazzino nel 2022.

Materiale	Sub materiale	Numero codici	Percentuale	
ACCIAIO	ACC. ETG	51		
	ACC. FERR. FE- TELAR	27		
	ACC.AUTOM. AVP-LED	142		
	ACC.CEMENT. C45	11		
	ACC.INOX AISI- INOD..	52		
	ACC.INOX AISI316	16		
	ACC.TEMPRA RN- RB...	8		
	Totale di ACCIAIO		307	64,36%
	ALLUMINIO	ALLUMINIO	39	
Totale di ALLUMINIO		39	8,18%	
BRONZO	BRONZO	5		
Totale di BRONZO		5	1,05%	
CUPRALLUMINIO	CUPRALLUMINIO	7		
Totale di CUPRALLUMINIO		7	1,47%	
OTTONE	OTTONE	107		
Totale di OTTONE		107	22,43%	
RAME	RAME	12		
Totale di RAME		12	2,52%	
Totale generale		477		



Come possiamo vedere dalla tabella sovrastante, l'acciaio occupa il 64,36% e se lo andiamo a raggruppare con la seconda categoria maggiormente utilizzata, l'ottone, in totale occupano l'86,79%. Disponendo quindi gli articoli per categoria di materiale equivale approssimativamente ad una disposizione casuale, poiché alcuni articoli di un determinato materiale molto movimentato possono trovarsi nella zona più distante del magazzino quindi questo criterio non risulta molto efficiente nel nostro caso. Per risolvere questo problema si potrebbe valutare una disposizione interna alle classi a seconda degli indici di rotazione ma, considerando che alcuni articoli in ottone vengono movimentati frequentemente risulta più efficiente escludere questa modalità.

## 2. Allocazione dedicata a singolo articolo

Con l'allocazione dedicata a singolo articolo in un periodo di tempo  $T$  i vani dedicati ad ogni articolo sono fissi. Il loro numero è legato alla quantità massima di fasci in giacenza prevedibile per ogni articolo nel periodo considerato.

$maxT(x_i)$  = numero massimo di vani occupati dall'articolo in  $T$

$Y_i = K_i * max(x_i)$  = numero di celle da assegnare all'articolo  $i$

$K_i$  è detto fattore correttivo e va a considerare eventuali aumenti o diminuzioni delle previsioni, nel nostro caso considereremo la diminuzione di scorta media realtiva all'anno 2023, avremo quindi:

$$K_i = 100\% - 13,10\% = 86,9\%$$

La potenzialità ricettiva si può calcolare come:

$$PR_{dedicated} = \sum_1^n Y_i$$

Questo criterio è particolarmente vantaggioso in un magazzino automatico poiché si eseguono nei tempi morti delle operazioni di riordino al fine di collocare in prossimità della testata degli scaffali gli articoli più movimentati o quelli di cui si

ha bisogno a breve termine. L'aspetto positivo principale risiede nella riduzione dei tempi di prelievo o deposito poiché viene massimizzata la potenzialità di movimentazione, mentre quello negativo sta nel riservare un elevato numero di celle per ogni articolo date che vengono considerate le previsioni di scorta massime.

Per verificare la fattibilità nel caso dell'azienda andiamo a calcolare la quantità totale di vani necessarie per allocare tutti gli articoli. Dall'analisi delle scorte nel 2022 ho individuato che il numero massimo di fasci in giacenza per ogni singolo articolo è 933 quindi:

$$\max_T = 933$$

Considerando la diminuzione del 13,10% delle scorte nel 2023 applichiamo un fattore di riduzione K pari a 0,869:

$$PR_{dedicated} = 0,869 \times 933 \approx 811$$

Nei preventivi attualmente in mio possesso la capacità massima del magazzino automatico è 798 fasci, quindi non abbastanza per soddisfare la quantità necessaria, soprattutto tenendo in considerazione eventuali aumenti produttivi futuri che possono portare ad aumenti delle quantità di articoli in giacenza.

### 3. Allocazione per indici di rotazione

L'allocazione della giacenza per gli indici di rotazione è una strategia utilizzata per ottimizzare l'utilizzo dello spazio di stoccaggio e garantire una rotazione efficiente dei prodotti. Gli indici di rotazione sono generalmente calcolati in base al numero di vendite o, nel caso di un magazzino materie prime, al numero degli articoli mandati in produzione. L'obiettivo dell'allocazione è quello di concentrare gli articoli ad alta rotazione in posizioni di stoccaggio più accessibili e di riservare le meno accessibili per gli articoli a rotazione più bassa.

$$IR_{i,T} = \frac{n. UdC mandate in produzione in T}{Giacenza media di i in T}$$

Dopo aver calcolato gli indici di rotazione è necessario dividerli in classi tramite criteri che variano a seconda delle necessità dell'azienda. Risulta inoltre necessario monitorare regolarmente gli indici di rotazione e apportare eventuali aggiornamenti all'allocazione della giacenza. Gli articoli che mostrano una variazione significativa nella rotazione possono richiedere un cambiamento di posizionamento per massimizzare l'efficienza operativa.

Nel caso dell'azienda Zannini S.p.A. ho deciso di dividere gli articoli in 4 classi per effettuare una divisione più efficiente.

- Classe A: articoli con  $IR > 15$
- Classe B: articoli con  $8 < IR \leq 15$
- Classe C: articoli con  $5 < IR \leq 8$
- Classe D: articoli con  $0 < IR \leq 5$

Classi	Numero Codici	Quantità movimentate annuali(Kg)
A	37	1332435
B	54	397980
C	49	350682
D	234	388147
<b>Totale complessivo</b>	<b>374</b>	<b>2469244</b>

Nel caso in questione l'utilizzo della classificazione per indice di rotazione risulta in parte inefficiente poiché, come possiamo notare nella tabella di seguito, alcuni articoli poco movimentati possono risultare nelle classi superiori. Questo accade perché alcuni articoli potrebbero essere stati inviati in produzione una o poche volte durante l'anno lasciando in giacenza una bassa quantità di materiale. Un altro problema nell'utilizzo di questi indici è che le scorte sono state valutate a fine mese e non giorno per giorno quindi i valori della giacenza media possono risultare poco precisi.

Codice	Quantità verso produzione	Giacenza media	IR	Classe
MP1064	2004	20	100,2	A
MP1272	6533	215	30,4	A
MP179	4571	168	27,2	A
MP1394	2426	90	27	A
MP217	259	10	25,9	A
MP355	298	15	19,9	A
MP345	5272	318,6	16,5	A
MP1839	1072	65	16,5	A
MP568	3958	250	15,8	A
MP337	4527	296,8	15,3	A

#### 4. Allocazione per numero di movimentazione

L'allocazione della giacenza basata sul numero di movimentazioni è una strategia simile all'allocazione per indici di rotazione, ma si concentra sul numero di movimenti di ciascun articolo durante un determinato periodo di tempo. Questa strategia mira a ottimizzare l'allocazione degli articoli in base alla frequenza con cui gli articoli entrano in magazzino e vengono mandati in produzione. Tra le strategie valutate risulta la più efficiente per l'azienda poiché la giacenza va valutata solo per stabilire il numero dei vani da allocare per ogni classe e non andremo incontro al problema mostrato nella precedente valutazione.

$$IM_{i,t} = n.UdC \text{ entrate in magazzino in } T + n.UdC \text{ prelevate da magazzino in } T$$

Come nel precedente caso risulta conveniente classificare gli articoli in classi:

- Classe A: articoli con  $IM \geq 24$ , movimentati almeno una volta ogni 15 giorni.
- Classe B: articoli con  $12 \geq IM < 24$ , movimentati almeno una volta al mese.

- Classe C: articoli con  $6 \geq IM < 12$ , movimentati almeno una volta ogni due mesi.
- Classe D: articoli con  $0 \geq IM < 6$ , poco movimentati durante l'anno.

Classe	Numero codici	N. fasci medi in giacenza
A	63	176
B	63	86
C	67	85
D	295	319
<b>Totale generale</b>	<b>488</b>	<b>666</b>

Necessariamente nel magazzino devono essere presenti almeno 666 vani e, nel caso in cui il numero di vani sia superiore è possibile aggiungere una nuova classe intermedia o aumentare i vani associati per ogni classe in percentuale al peso calcolato sulla tabella precedente. Come nella valutazione dell'allocazione dedicata a singolo articolo, possiamo introdurre un fattore di riduzione  $K$  pari a 0,869 (riduzione della giacenza media del 13,1% nel 2023):

$$PR_{dedicated} = 0,869 \times 666 \approx 579$$

### 3.5.3 Opzioni disponibili

Nella tabella di seguito possiamo andare a confrontare le soluzioni offerte da 3 diverse aziende che si occupano di implementazione di magazzini automatici.

Fornitore	Azienda 1	Azienda 1	Azienda 1	Azienda 2	Azienda 3
Modello	Mod.1	Mod.2	Mod.3	/	/
Lunghezza(m)	4,1	12,9	15,3	9	35*
Profondità(m)	14,98	7,14	6,3	20	8,5*
Altezza(m)	9,325	9,325	9,3	8	7*
Mettratura(mq)	61,418	92,106	96,39	180	297,5
Numero Cassetti	177	266	177	130	264
Dimensioni cassette(m)	3,2 x 0,9 x 0,25	3,2 x 0,9 x 0,25	6,5 x 0,7 x 0,25	6,5 x 0,8 x 0,25	3,2 x 0,9 x 0,4*
Portata cassetto(kg)	3500	3500	5000	4000	3500
Capacità(numero fasci)	531	798	708	520	792
Tempi di movimentazione(minuti:secondi)	1:30-2:30	1:30-2:45	1:30-2:45	2:10*	0:50-0:65
Software	Escluso	Escluso	Escluso	Incluso	Incluso
Prezzo (iva escl.)	406.700 €	599.400 €	599.400 €	625.000 €	820.000€**

\*personalizzabile

\*\* da rivedere a ribasso

Considerando che sono necessari almeno 666 vani (579 con il fattore di riduzione) per avere un'efficienza teorica ideale possiamo subito escludere la soluzione 1 e 4. Anche il magazzino modello 3 dell'azienda 1 risulta inefficiente poiché la dimensione dei cassette è molto maggiore della lunghezza necessaria per il deposito, occupando quindi uno spazio inutilizzato.

Le soluzioni che si adattano maggiormente alle nostre esigenze sono il secondo modello proposto dall'azienda 1 e la soluzione proposta dall'azienda 3. Andiamo ad analizzare i principali vantaggi e svantaggi delle due proposte:

	Azienda 1 - Mod.2	Azienda 3
Vantaggi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prezzo Inferiore</li> <li>-Dimensioni Inferiori</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tempi di movimentazioni ridotti</li> <li>- Software Incluso</li> <li>- Celle di carico incluse</li> <li>- Ampia personalizzazione</li> </ul>
Svantaggi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Software Escluso</li> <li>- Celle di carico Escluse</li> <li>- Tempi di movimentazioni maggiori</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prezzo elevato</li> <li>- Dimensioni molto maggiori</li> </ul>

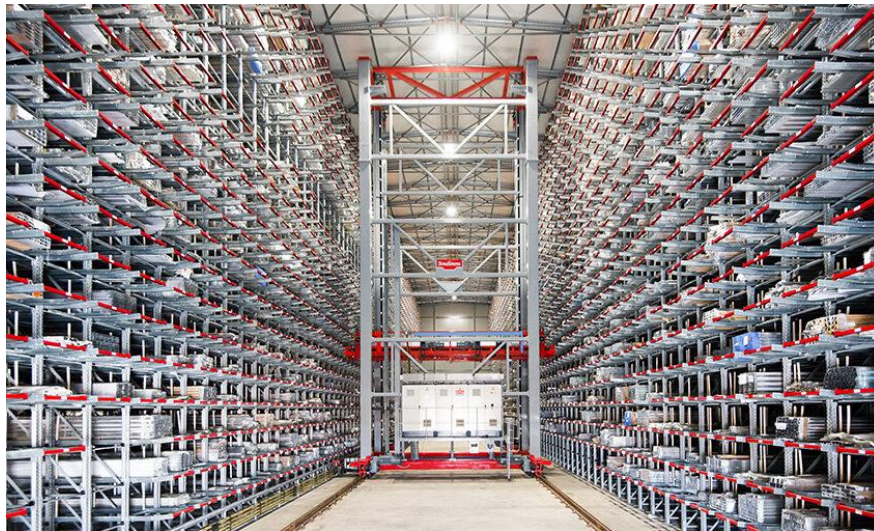
Contattando l'azienda 3, mi hanno comunicato che le dimensioni saranno molto inferiori a quelle scritte poiché è stata valutata una struttura composta da un'unica scaffalatura lunga 35 metri ma hanno mostrato la disponibilità di pianificare una doppia scaffalatura in modo da ridurre sensibilmente le dimensioni. Per quanto riguarda i prezzi mi hanno comunicato che i prezzi dell'azienda 3 saranno inferiori perché sono state trovate soluzioni più economiche mentre l'azienda 1 avrà dei costi maggiori rispetto a quelli dichiarati perché il preventivo è stato fatto ad Ottobre 2022 non tenendo quindi conto dei rialzi dei prezzi della materia prima che si sono verificati nell'ultimo periodo.

La soluzione offerta dall'azienda 3 è inoltre l'unica in grado di muoversi non solamente lungo l'asse x e y ma anche lungo l'asse z per ottimizzare i tempi effettivi di prelievo e stoccaggio. Considerando anche i rapporti di collaborazione con l'azienda in passato per la realizzazione del magazzino automatico prodotti finiti, abbiamo deciso che questa soluzione è quella che si adatta maggiormente alle esigenze della Zannini S.p.A.

Le immagini di seguito stanno a rappresentare le due diverse tipologie di movimentazione, nella prima abbiamo il sistema che si muove esclusivamente lungo l'asse x e y proposto dall'azienda 1 e dall'azienda 2, nella seconda abbiamo invece il sistema di movimentazione proposto dall'azienda 3 con un ulteriore grado di libertà lungo l'asse z.



*Figura 3 - BI.MAG magazzini automatici - ciampalinimagazziniautomatici.it*



*Figura 4 - Il magazzino automatico di DFV - scaffsystem.it*



### 3.5.4 Vantaggi

I principali vantaggi che porterebbe all'azienda sono:

- Aumento ricettività del 22%
- Riduzione tempi di stoccaggio del 68%
- Riduzione tempi di picking del 75%
- Maggior sicurezza: gli operatori sono fermi e non sono costretti ad effettuare movimenti di carico e scarico o di passaggio in zone con presenza di ostacoli o pericoli.
- Maggior precisione e puntualità: riduzione dell'intervento umano diminuendo quindi le possibilità di errore o di perdita dei componenti, situazioni attualmente molto frequenti nel magazzino tradizionale.
- Possibilità di prelievo nei turni di notte: per prelevare la merce non sarà necessaria una particolare qualifica, risulta quindi possibile il prelievo da parte di operatori di produzione in assenza del magazziniere.
- Implementazione logica FIFO
- 

	Magazzino attuale	Magazzino Automatico	Variazione
Ricettività(fasci)	650	792	22%
Tempi medi di prelievo	3:00	0:50-0:65	≈ -68%
Tempi medi di picking	3:00-4:40	0:50-0:65	≈ -75%

### 3.5.5 Analisi dei costi

Per la valutazione dell'investimento risulta importante valutare le attuali agevolazioni offerte dallo stato con il "Piano nazionale Industria 4.0" che nel periodo 2023-2025 permette di ottenere un credito d'imposta pari al 20% del costo per quota di investimenti fino a 2,5 milioni milioni di euro.

Ipotizzando quindi un investimento di 820000€ come nella soluzione selezionata, avremo un risparmio fiscale di 164000€.

Nel preventivo non sono inoltre compresi i costi per realizzare la struttura contenitiva del magazzino, i costi di manutenzione e i costi dell'energia consumata dal nuovo magazzino. Nella struttura è importante disporre di un sistema di climatizzazione per avere condizioni di umidità e temperatura stabili evitando così il deterioramento delle barre.

Per fornire una stima approssimativa dei costi energetici calcolati durante l'esercizio del magazzino automatico abbiamo:

- Energia illuminazione

L'illuminazione non necessita di rimanere accesa all'interno del magazzino automatico, ipotizziamo però che venga illuminato per 4 ore al giorno. Considerando una superficie di 200mq e un consumo dei LED di circa 5-10 Watt per metro quadrato, possiamo stimare un consumo giornaliero di 1-2 Kw

- Energia Movimentazione

Visionando alcune tipologie di motoriduttori utilizzati nei trasloelevatori in grado di movimentare il peso previsto di 3500kg, il consumo energetico è di 15-20 Kw/h. Non possiamo però calcolare questo valore per le 8 ore lavorative poiché le movimentazioni giornaliere sono in media 33, moltiplicati per i tempi medi per operazione di 50-80 secondi, avremo circa 30-45 minuti di movimentazioni. Considerando anche altre movimentazioni per riordinare il materiale possiamo ipotizzare una sola ora di funzionamento giornaliero

- Energia altri sistemi

Questa sezione comprende il consumo energetico dei sistemi di controllo e dei sistemi ausiliari, può variare a seconda delle specifiche ma per fornire una stima approssimativa consideriamo 1 kW al giorno.

- Energia Climatizzazione

Basandoci su un magazzino di 200mq, con un buon isolamento termico possiamo stimare un consumo energetico di 3Kw/h e, considerando un operatività di 24 ore al giorno, avremo un totale giornaliero di 72Kw.

Da questi dati possiamo considerare un consumo giornaliero di circa 90-95Kw e, considerando l'attuale prezzo di mercato fissato a 0,067(Maggio 2023) possiamo stimare un ipotetico costo energetico annuo:

$$\text{Costo annuale energia} = \left(0,067 \frac{\text{€}}{\text{Kw}} * 92,5\text{Kw}\right) * 365 \approx 2260\text{€}$$

I costi di manutenzione nascenti saranno di circa 2000€-3000€ annui mentre quelli riguardanti la costruzione della struttura variano sensibilmente a seconda della copertura che si vuole realizzare quindi mi limiterò solo a valutare i costi fino ad ora analizzati.

$$\text{Investimento Iniziale} = 820000\text{€}$$

$$\text{Credito d'imposta industria 4.0} = (164000\text{€})$$

$$\text{Costi nascenti(energia + manutenzione)} = 2260\text{€} + 2500\text{€} = 4760\text{€}$$

L'investimento totale ammonta quindi a 656000€ considerando il credito d'imposta ed a questi, bisogna aggiungere i costi nascenti derivanti dai costi energetici e manutentivi.

## **Conclusione**

Nella presente tesi ho affrontato l'analisi degli aspetti principali della logistica scegliendo di soffermarmi nel tema del magazzino che rappresenta il fulcro di tutte le attività di logistica in ingresso.

Sono andato ad analizzare come una gestione efficace dei magazzini e della logistica interna sia fondamentale per il successo delle imprese, specialmente in un ambiente sempre più competitivo e globalizzato.

Tuttavia, ho anche evidenziato come i tradizionali magazzini manuali possano presentare alcune limitazioni, come l'inefficienza nel movimento delle merci, la possibilità di errori umani e l'occupazione di spazi considerevoli. Per superare queste sfide, ho esaminato l'importanza dei magazzini automatici nell'ambito della logistica in ingresso.

All'interno dell'azienda Zannini S.p.A. il vantaggio economico che porterebbe l'implementazione del magazzino automatico è difficile da calcolare a causa della presenza di un solo magazziniere che si occupa del magazzino ma possiamo comunque considerare che porterebbe un risparmio di tempo e potrà quindi essere dedicato ad altre attività all'interno dell'azienda che mirano all'ottenimento di valore. Oltre a questo, permetterebbe un'ottimizzazione dell'utilizzo dello spazio, una maggiore velocità nelle operazioni di movimentazione delle merci, una riduzione degli errori umani, una maggiore sicurezza e tanti altri vantaggi che abbiamo analizzato.

A seguito della mia analisi, è importante sottolineare che la transizione verso i magazzini automatici richiede un'analisi attenta e un adeguato piano di implementazione, considerando fattori come il costo di investimento, la formazione del personale e l'integrazione con i sistemi esistenti e per questo, l'implementazione in Zannini, non sarà immediata ma sarà correlata ad una già pianificata espansione dell'azienda negli anni a venire.

## **Bibliografia**

Proietto Massimiliano Domenico: L'evoluzione organizzativa della Supply Chain: dall'ambito militare all'Industria 4.0. Il caso "The Walmart Symphony".

Esse Logistic- Lean Revolution.

AILOG: Associazione Italiana di Logistica e di Supply Chain Management.

Sergio Barile e Giuseppe Sancetta: Dalla logistica integrata al supply chain management.

Council of Logistics Management.

Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP).

Cooper, Martha C., Douglas M. Lambert and Janus D. Pagh: Supply Chain Management: More than a New Name for Logistics.

IONOS: La chiave per il successo è l'attenzione al cliente.

Roger, Lambert and Knemever(2004): The Product Development and Commercialization Process.

Antonio Mallia: L'impatto di Industry 4.0 sul Lean Manufacturing.

Dario De Luca: Costruzione e Ottimizzazione di un modello di simulazione di un magazzino automatico in ottica Digital Twin".

Carlo Caldera, Valentino Manni, Luca Saverio Valzano: Il progetto esecutivo come modello integrato in relazione all'Industria 4.0.

Angelica Rita Giordano: Progettazione e sviluppo di una metodologia data-driven per l'identificazione della deriva dei dati. Caso di studio: outlier detection nell'industria 4.0.

Norbert Ascheuer, Atef Abdel-Aziz Abdel-Hamid: Order Picking in an Automatic Warehouse: Solving Online Asymmetric TSPs.

Yavuz A. Bozer, John A. White : Travel time models for automated storage/retrieval systems.