



**UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE**  
**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

Corso di laurea triennale in Ingegneria Gestionale

***Gestione efficiente del magazzino in un'azienda operante nel settore della produzione di cucine componibili.***

*Streamlining warehouse management for a company that manufactures fitted kitchens*

*Relatore:*

Ch.mo Prof. **Mohamad El Mehtedi**

*Correlatore:*

Ing. **Carminé Dazj**

*Tesi di Laurea di:*  
**Simone Civolani**

Anno accademico 2019/2020

# Indice

PREMESSA	5
1. IL MAGAZZINO	6
1.1. Magazzino Materie Prime	6
1.2. Magazzino WIP	6
1.3. Magazzino Prodotti Finiti	7
2. PROGETTAZIONE DI UN NUOVO MAGAZZINO	8
2.1. Caratteristiche Generali	8
2.2. Caratteristiche del Prodotto	9
2.3. Unità di Carico	9
2.4. Potenzialità Ricettiva	12
2.5. Entità dei Flussi dei Materiali	12
2.6. Picking	12
2.7. Ricevimento Merci	13
2.8. Spedizione	14
2.9. Servizi Ausiliari	14
3. PARAMETRI PER LA VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI	15
4. COSTI DELLE GIACENZE	18
4.1. Costo di Acquisto	18
4.2. Costo di Ordinazione	18
4.3. Costo di Mantenimento a Scorta	19
4.4. Costo di Penuria	19
5. MAGAZZINO AUTOMATICO	20
5.1. Struttura	21

5.2. Possibili Soluzioni Impiantistiche_____	21
5.3. Ciclo Operativo di un Trasloelevatore_____	24
6. METODI D'ACQUISTO_____	28
7. L'AZIENDA_____	29
8. PRODUZIONE (SEMILAVORATI) DELLA LUBE_____	30
9. MAGAZZINO PANNELLI_____	33
10. MAGAZZINO LOTTO 1_____	40
11. DEFINIZIONE DEL PROBLEMA_____	42
11.1. Pannelli in Giacenza_____	42
11.2. Controllo delle Giacenze_____	43
11.3. Movimentare i Pannelli_____	43
12. SOLUZIONE: NUOVO MAGAZZINO AUTOMATICO_____	44
12.1. Caratteristiche Generali_____	44
12.2. Potenzialità Ricettiva_____	45
12.3. Unità di Carico_____	46
12.4. Trasloelevatore_____	47
12.5. Entità dei Flussi dei Materiali_____	47
12.6. Vantaggi Principali_____	49
12.7. Svantaggi Principali_____	49
13. ANALISI DELLA NUOVA SOLUZIONE_____	51
13.1. Spessori dei Pacchi_____	51
13.2. Dimensionamento del Magazzino_____	52
13.3. Capacità necessaria per i Pannelli_____	54
13.4. Capacità necessaria per le Barre_____	56
13.5. Risultato dell'analisi delle configurazioni_____	62

14.	SOLUZIONI PROPOSTE	63
14.1.	Introduzione Kanban	63
14.2.	Analisi Caso A	65
14.3.	Analisi Caso B	67
14.4.	Considerazioni Finali	69
15.	CONCLUSIONI	71
	RINGRAZIAMENTI	72
	BIBLIOGRAFIA	73
	SITOGRAFIA	74

# PREMESSA

La seguente tesi è basata sull'esperienza di stage formativo svolto presso l'azienda Lube Industries S.r.l. nella sede di Treia (MC).

L'obiettivo principale era seguire lo studio e lo sviluppo di soluzioni per la gestione ottimizzata del magazzino pannelli e di aiutare l'azienda nella scelta della soluzione ottimale.

Nel periodo del tirocinio sono state svolte diverse attività, tra cui: uno studio approfondito dell'attuale magazzino pannelli, analizzando le sue caratteristiche ed evidenziandone i difetti principali.

È stata effettuata una raccolta dati sugli ordini e sulle giacenze ed un approfondimento del sistema acquisti utilizzato dall'azienda.

Inoltre, è stata condotta un'analisi completa del progetto della nuova soluzione scelta, sono state quindi definite le criticità che affliggono il nuovo magazzino.

Lo studio del progetto scelto dall'azienda ha portato alla definizione di alcune possibili soluzioni per risolvere le incongruenze che la soluzione presenta.

L'elaborato è composto da una prima parte teorica sui magazzini, sui costi legati alle giacenze e sul dimensionamento dei lotti d'acquisto. La seconda, invece, si focalizza sullo stage e sugli studi eseguiti sul campo.

# 1. IL MAGAZZINO

Il ruolo del magazzino in un'azienda non è semplicemente quello di accumulare scorte, permettere il loro riassortimento e la formazione di lotti, ma rappresenta un'importante risorsa da non sottovalutare e può andare a costituire un vero e proprio vantaggio competitivo per l'impresa stessa, se gestito con attenzione e metodo.

Una delle classificazioni per distinguere i vari tipi di magazzino può essere basata sul tipo di scorte che essi vanno ad accumulare. Le giacenze generalmente sono suddivise in 3 semplici categorie:

- Materie prime
- WIP (work in progress)
- Prodotti finiti.

## 1.1 Magazzino MP

Il magazzino delle materie prime serve ad assicurare una riserva dei materiali grezzi primari che poi saranno soggetti a lavorazioni, assemblamenti e rifiniture. Ha lo scopo di ovviare a possibili rischi e incertezze nell'approvvigionamento di materie prime, come degli eventuali *stockout* da parte di un fornitore esterno. Può essere anche utilizzato per accumulare delle scorte speculative, cioè acquistate per sfruttare le differenze di prezzo, al fine di:

- Ottenere sconti per acquisti in grande quantità
- Tutelarsi da aumenti di prezzo della materia prima

## 1.2 Magazzino WIP

Il magazzino dei semilavorati permette di creare le cosiddette scorte in process tra una lavorazione e l'altra, in modo da formare uno stock che funzioni da buffer consentendo l'esecuzione del processo, svincolando la produzione da possibili ritardi o blocchi causati da malfunzionamenti o per consentire la manutenzione delle macchine.

Inoltre, questo disaccoppiamento del processo può essere sfruttato per creare un polmone tra i vari componenti del sistema produttivo che operano con ritmi diversi.

### **1.3 Magazzino PF**

Il magazzino dei prodotti finiti va a creare una scorta del prodotto finale. Serve a garantire una risposta più rapida alle richieste del mercato ed una più veloce evasione degli ordini, il che può accrescere la competitività aziendale. Questo tipo di giacenza viene sfruttato per stabilizzare la produzione, difatti, nel caso di un prodotto caratterizzato da un andamento della domanda stagionale, invece di seguire una strategia di inseguimento della domanda, si potrà scegliere un livello di produzione costante. Cosicché nei periodi in cui la domanda è minore della produzione stessa, si andranno ad accumulare scorte che saranno poi sfruttate per soddisfare le richieste nei periodi successivi in cui il livello di domanda supererà la capacità produttiva.

## **2. PROGETTAZIONE DI UN NUOVO MAGAZZINO**

Le scelte progettuali ed organizzative del magazzino andranno ad influenzare la sua gestione futura, pertanto nell'effettuarle si dovranno prendere in considerazione tutti i vari aspetti che lo caratterizzano: dal layout alle risorse di movimentazione, dalle caratteristiche degli articoli in giacenza alla loro modalità di stoccaggio, dalle procedure operative al sistema informatico di gestione.

Ogni scelta sarà il risultato di una ponderata analisi dei requisiti ed essendo molti in contrasto tra loro, la soluzione adottata rappresenterà un trade off tra tutti gli obiettivi previsti.

I dati da considerare per la progettazione del magazzino sono:

- Caratteristiche generali
- Caratteristiche del prodotto
- Unità di carico (UdC)
- Potenzialità ricettiva
- Entità dei flussi di materiali
- Picking
- Ricevimento merci
- Spedizione
- Servizi ausiliari

### **2.1 Caratteristiche Generali**

Tra le caratteristiche generali si prendono in considerazione le informazioni sulla tipologia del magazzino, quindi se esso costituisce una scorta di materie prime, semilavorati o di prodotti finiti, come descritto approfonditamente nel capitolo precedente. Inoltre, vanno definiti i dati sulla sua collocazione nella rete logistica, definendo il suo ruolo di magazzino centrale, periferico o distributivo. Sono rilevanti anche i dati sulla sua localizzazione, che viene scelta ponderando



l'ubicazione più vantaggiosa, aspetto molto importante che andrà a condizionare i costi di mantenimento a scorta e i costi di trasporto.

Infine, sono da valutare le caratteristiche del fabbricato, a partire dal suo dimensionamento che influenzerà il tipo di scaffalature usate per accumulare le unità di carico e anche la suddivisione delle aree operative interne, per poi prevedere un'area dedicata ad una possibile futura espansione e più generalmente analizzare i vincoli urbanistici esistenti.

## **2.2 Caratteristiche del Prodotto**

Un importante aspetto da considerare nella progettazione di un magazzino sono le caratteristiche di ciò che si andrà ad accumulare e conservare al suo interno, per far sì che non sia soggetto a deterioramenti e danneggiamenti di nessun tipo e per salvaguardare la salute del personale soprattutto se si trattasse di oggetti pesanti o pericolosi. Molte di queste caratteristiche fanno riferimento agli aspetti fisico-chimici dei prodotti, ad esempio la loro tossicità, aggressività o infiammabilità, l'esigenza di esser conservati ad una specifica temperatura o pressione e l'intervallo di tempo entro il quale si determinerà un naturale deperimento.

## **2.3 Unità di Carico**

L'insieme dei dati da considerare per il progetto di un magazzino comprende anche la definizione dei parametri che caratterizzano l'unità fondamentale del magazzino stesso, l'unità di carico (UdC). Si procederà quindi a determinare le dimensioni e peso dell'unità di carico e dei colli, il tipo, le misure del pallet e l'eventuale sovrapposibilità delle UdC. Si valuterà il numero di colli per ciascun pallet e la loro ripartizione in colli pallettizzati o sciolti.

Le unità di carico accumulate possono venire semplicemente accatastate oppure sistemate in scaffalature di diverso tipo:

- **Sovrapposizione Diretta (Catasta):** consiste nell'accatastare i pallet direttamente l'uno sull'altro senza ricorrere all'utilizzo di alcuna attrezzatura, è

la soluzione meno costosa e più flessibile. La massima altezza raggiungibile dipende dalla forma, dalla dimensione e dalla resistenza strutturale dell'imballo e si possono avere più livelli di profondità. Viene utilizzata per materiali non troppo pesanti e non danneggiabili con facilità. È caratterizzata da un basso indice di selettività e nella maggior parte dei casi deve essere gestita con politiche di immagazzinamento LIFO (Last in First Out).

→ **Scaffalatura a Ripiani:** i pallet vengono posti in scaffalature, così non gravano sugli imballi sottostanti permettendo di stoccare anche oggetti più fragili o con forme normalmente non accatastabili. Lo sviluppo in altezza dipende dalle dimensioni fisiche del fabbricato e dal tipo di carrello utilizzato.

Possono essere realizzate a singola o a doppia profondità. La prima soluzione è la più semplice, permette di ottenere il maggiore indice di selettività e strutturalmente è caratterizzata da scaffalature bifronti al centro e scaffalature mono fronte appoggiate alle pareti. Quella a doppia profondità è molto simile alla precedente, si distingue per il fatto che è progettata per avere due file di pallet, uno davanti all'altro, per ciascun ripiano. Ciò permette di aumentare l'indice di sfruttamento volumetrico ma allo stesso tempo riduce l'indice di selettività.

→ **Scaffalatura Drive In:** è costituita da scaffalature con dei binari d'appoggio per i pallet, nelle quali i carrelli possono entrare per prelevare e depositare i carichi. È utilizzato per prodotti omogenei. Permette un elevato sfruttamento sia in altezza sia in superficie del magazzino, va infatti ad eliminare i corridoi, al fine di minimizzare spazi non utili per lo stoccaggio. Garantisce un indice di selettività unitario solo se ogni tunnel sia esclusivamente occupato da pallet dello stesso prodotto. Non è consigliabile utilizzarlo se si richiede un numero elevato di movimentazioni.

→ **Scaffalatura Dinamica:** è formata da strutture a profondità multipla poste in leggera pendenza e dotate di rulli che possono essere motorizzati o frenati, per controllare la velocità di discesa dei pallet che vengono caricati dalla parte più alta. Differentemente da tutte le altre scaffalature precedentemente nominate

permette una gestione delle scorte di tipo FIFO (First In First Out). Garantisce elevati indici di utilizzazione del magazzino e di conseguenza anche un ottimo indice di rotazione delle merci, perciò viene spesso utilizzata con prodotti facilmente deperibili. Assicura un'effettiva separazione tra le operazioni di carico e scarico, infatti viene generalmente sfruttata per magazzini situati tra due zone di lavoro differenti o in zone di spedizione.

- **Scaffalatura per Picking:** progettata per sfruttare tutta l'altezza del magazzino, resa accessibile dall'utilizzo di mezzi di movimentazione come trasloelevatori o carrelli commissionatori. Le corsie di accesso sono dimensionate a seconda del modello di macchina che effettua il picking. Consentono di gestire prodotti eterogenei e con diverso indice di rotazione.
- **Scaffalatura Compattabile:** la sua struttura è disposta su basi che si possono muovere lungo dei binari. Anch'essa viene utilizzata per massimizzare la capacità di stoccaggio del magazzino andando ad eliminare i corridoi. Quando è necessario effettuare un'operazione di carico o scarico, viene aperto manualmente o automaticamente il corridoio della corsia desiderata.
- **Scaffalatura Cantilever:** è costituita da un elemento verticale, le colonne, a cui sono fissati una serie di bracci orizzontali sui quali vengono depositati i carichi. Questa combinazione permette di stoccare carichi di grande lunghezza e ingombranti come tubi, lastre, pannelli in legno.
- **Scaffalatura a Soppalchi:** questa soluzione porta a raddoppiare o triplicare la superficie utilizzabile per lo stoccaggio dei prodotti, di conseguenza come risultato si otterrà un ottimo indice di saturazione volumetrica.

## 2.4 Potenzialità ricettiva

Nei dati da conoscere per la progettazione di un magazzino è presente anche la potenzialità ricettiva, definita come la misura della capacità statica del magazzino ed

espressa in termini di unità di carico stoccabili al suo interno. Viene determinata analizzando i dati storici sulla giacenza minima, media e massima di ciascun articolo, valutando poi, nel mercato a cui si rivolge, l'evoluzione prevista delle esigenze quantitative, andando a definire la modalità di allocazione delle unità di carico e infine procedendo a dimensionare la zona di stoccaggio.

Una volta calcolata, la potenzialità ricettiva totale può essere suddivisa tra le diverse classi con indice di rotazione differente.

## **2.5 Entità dei flussi di materiali**

Importante è valutare i vari flussi di materiali che caratterizzeranno il magazzino una volta in funzione, andando ad analizzare innanzitutto l'indice di rotazione di ciascun elemento in scorta, che va ad esprimere il numero delle volte in cui avviene il totale rinnovo delle scorte di merci in un intervallo di tempo definito. Si prosegue valutando l'incidenza sul flusso complessivo di ciascuna delle classi degli elementi, raggruppati a seconda del loro indice di rotazione.

Utilizzando i dati storici sul ricevimento e sul prelievo delle merci, contemporaneamente con i risultati delle previsioni sull'evoluzione delle esigenze, si potranno pronosticare rispettivamente i flussi futuri in input ed output.

Con gli stessi parametri si potranno prevedere anche i flussi interni delle unità di carico, come quelli di andata e ritorno dall'area di picking, quelli verso l'area di spedizione e quelli verso la produzione.

Tutte queste valutazioni consentiranno di calcolare la media e le punte di massimo flusso giornaliero.

## **2.6 Picking**

Il picking rappresenta l'attività di prelievo frazionato di unità di carico di ordine inferiore da quelle di ordine superiore, per la formazione degli ordini. Costituisce l'attività caratterizzata da costi maggiori tra tutte le operazioni di stoccaggio (raggiunge valori fino al 40% del costo totale).

Il picking può essere eseguito:

- Manualmente:
  - Sistemi operatore verso materiali
  - Sistemi materiali verso operatore
  - Sistemi di Sorting
  - Sistemi Pick to Box
- Automaticamente:
  - Robot antropomorfi o cartesiani
  - Dispenser (A o V frame)

Per la progettazione del magazzino sarà significativo definire il numero di ordini giornalieri e le loro caratteristiche, individuare l'incidenza degli ordini urgenti e i prelievi di unità di carico frazionate.

## **2.7 Ricevimento merci**

Si va a definire il numero minimo, medio e massimo di lotti in arrivo in un giorno e si prende in considerazione la loro frequenza di arrivo e le loro dimensioni.

Del ricevimento fanno parte tutte le attività di:

- Scarico automezzi
- Accettazione e identificazione merce
- Gestione dei documenti
- Controllo qualità
- Gestione delle non conformità
- Formazione Unità di Carico
- Gestione resi

Così si proseguirà a progettare e dimensionare l'area di ricevimento merci, dove gli automezzi dei fornitori scaricheranno la merce. Questa zona è mantenuta vuota perché si deve permettere uno scarico veloce e agevole. Nella zona di accettazione si effettua il controllo qualità e si rispediscono ai fornitori gli eventuali prodotti non conformi.

## 2.8 Spedizione

I dati da conoscere sulla spedizione sono relativi al numero medio e massimo di unità di carico spedite nell'unità di tempo, alla dimensione e alla portata degli automezzi, tipologie imballi e il flusso dei materiali usati per l'imballaggio. In generale, lo spazio dedicato alle spedizioni è caratterizzato da superfici di dimensioni inferiori a quelle del ricevimento dei materiali, perché gli arrivi delle forniture sono meno programmabili delle spedizioni, in quanto dipendono soprattutto da fattori esterni all'azienda.

## 2.9 Servizi Ausiliari

- Officina di manutenzione
- Area di carica per le batterie dei carrelli
- Uffici
- Magazzino degli imballi

Tutti i dati sopraelencati vengono uniti per definire il layout definitivo del magazzino e creare quindi le varie aree dedicate al ricevimento, allo stoccaggio e al picking. Si va a pianificare la distribuzione spaziale di ciascun elemento per massimizzare l'efficienza, riducendo gli ostacoli e le criticità, nel rispetto di tutti i vincoli progettuali.

La soluzione scelta per il magazzino dovrà offrire:

- Il migliore sfruttamento dello spazio disponibile;
- La riduzione al minimo delle operazioni legate alla movimentazione delle UdC;
- La facilità di accesso al prodotto stoccato;
- Il massimo indice di rotazione possibile;
- L'estrema flessibilità nello stoccaggio del prodotto;
- La facilità di controllo delle quantità stoccate.

### **3. PARAMETRI PER LA VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI DEL MAGAZZINO**

Vengono elencati, nel presente capitolo, i principali parametri utilizzati per valutare le prestazioni del sistema di stoccaggio.

#### **Indice di Selettività**

Rappresenta il rapporto tra il numero di unità di carico prelevabili direttamente e il numero totale di UdC stoccate nel magazzino. Può essere anche definito dividendo i movimenti utili per quelli necessari per prelevare un determinato prodotto.

Questo parametro serve a valutare l'accessibilità diretta dei prodotti in stock e quindi la possibilità di prelevarne uno specifico senza dover spostare altre unità.

- Numero UdC direttamente prelevabili / Numero UdC totali
- Numero Movimenti Utili / Numero Movimenti Necessari

#### **Giacenza Media**

Rappresenta la permanenza media nel magazzino di ogni unità di elemento a scorta.

- Giorni di durata del periodo / Indice di rotazione
- (Giacenza Iniziale + Giacenza Finale) / 2

#### **Indice di Rotazione**

L'indice di rotazione di ciascun elemento in scorta va ad esprimere il numero delle volte in cui avviene il totale rinnovo delle merci in magazzino in un intervallo di tempo definito. Viene calcolato dividendo il flusso di prodotto in uscita per il valore della giacenza media corrispondente.

Se questo indice assume un valore basso è segnale di un rallentamento delle vendite, le scorte sono troppo elevate rispetto i flussi in uscita, con conseguenti alti costi di giacenza e un inevitabile basso ritorno sull'investimento nelle scorte. Al contrario se la

rotazione è veloce indica che si sta realizzando una gestione efficiente e il ritorno dell'investimento sarà più elevato ma allo stesso tempo presenterà costi di gestione del sistema maggiori.

- Indice di rotazione a Valore:  $\text{Valore monetario flusso in uscita} / \text{Valore della Giacenza media}$
- Indice di rotazione a Quantità:  $\text{Quantità dei prodotti in uscita} / \text{Giacenza media}$

### **Indice di Saturazione Superficiale**

Fa parte degli indici che si riferiscono al grado di utilizzazione del magazzino, esprime il rapporto tra superficie effettivamente utilizzata dalle unità di carico (non tenendo conto dello spazio occupato dalle scaffalature, dalle loro strutture e corridoi di accesso) e la superficie totale del magazzino.

- $\text{Area spazio occupato dalle UdC} / \text{Area superficie totale}$

### **Indice di Saturazione Volumetrica**

Simile all'indice precedente ma va a rapportare i volumi delle unità di carico con quello complessivo del magazzino

- $\text{Volume Occupato dalle UdC} / \text{Volume totale}$

### **Grado di Utilizzazione**

È il rapporto tra tempi di utilizzazione degli impianti di movimentazione e il tempo totale a disposizione, evidenzia il livello di occupazione e di saturazione del sistema.

Quando questo indice assume un valore tra 0,8 e 0,9, il sistema è correttamente dimensionato. Se invece è pari o maggiore di 0,9, il sistema è sottodimensionato: si trova al limite delle sue possibilità e aumenta la probabilità che si verifichino guasti e interruzioni. Se il valore del rapporto è minore uguale a 0,5, il sistema è sovradimensionato rispetto alle esigenze del magazzino.



## **Indice di Manodopera**

Rapporto tra le merci movimentate e il numero degli addetti coinvolti in un intervallo di tempo definito.

- Numero UdC movimentate / Numero di addetti

## **Indici di Servizio**

Riguardano il controllo delle prestazioni del servizio del sistema e consentono il confronto con il livello di servizio atteso.

- Tempo medio di evasione ordini standard
- Tempo medio di evasione ordini urgenti
- Tempo medio di immissione nell'area di stoccaggio
- Percentuale di errori commessi

## **Indice di Movimentazione**

Definisce la capacità del sistema di movimentare le unità di carico da un punto di partenza ad un altro, in un intervallo di tempo definito. Tiene anche conto dei prelievi relativi a unità di carico non complete e anche di eventuali ricircoli.

- UdC movimentate / unità di tempo

## **Indice di Potenza**

Esprime il confronto tra la massa dei pallet transitati e l'energia elettrica consumata per movimentarli in un periodo di tempo definito.

- Numero UdC movimentate / Energia Spesa

## **4. COSTI DELLE GIACENZE**

L'accumulo di scorte è legato a varie voci di costo che si riflettono in maniera importante nel bilancio dell'azienda. Perciò è certamente essenziale programmare la disponibilità di materie prime, semilavorati e prodotti finiti secondo le esigenze. Una gestione ottimale delle giacenze va a costituire un importante vantaggio competitivo che l'impresa può sfruttare nel mercato.

Analizzando le differenti voci di costo che caratterizzano le scorte è possibile definire:

### **4.1 Costo di Acquisto**

Il costo di acquisto è il prezzo pagato al fornitore per ottenere la merce, al quale va aggiunto il costo del trasporto. Questo costo può essere costante, indipendentemente dalle quantità di merce acquistata, nel caso il fornitore in questione non offra sconti di entità variabile a seconda del quantitativo ordinato.

Altrimenti, se il costo unitario di acquisto si può considerare variabile, sarà importante valutare se sia conveniente o meno per l'impresa accumulare delle scorte speculative per sfruttare tale opportunità.

### **4.2 Costo di Ordinazione**

Fanno parte del costo di ordinazione, tutti quei flussi economici necessari alla gestione, alla contabilizzazione e all'emissione dell'ordine che sono compresi tra gli oneri del reparto amministrativo. Inoltre, anche i costi legati alla valutazione e alla selezione dei fornitori e alla burocrazia per la stipulazione dei contratti possono essere considerati parte di questa voce.

Il costo di ordinazione è indipendente dal volume delle merci acquistate, dunque è definito come un costo fisso.

### **4.3 Costo di Mantenimento a Scorta**

Il costo di mantenimento a scorta include un vasto numero di voci, tra cui:

- i costi di immobilizzazione del capitale, che rappresentano tutta la somma investita nella giacenza addizionata ai tassi di interesse (se si è fatto uso di un prestito);
- i costi di magazzinaggio, che comprendono gli oneri legati alle attività di ricezione, di movimentazione, di stoccaggio e soprattutto di picking delle merci;
- i costi legati alla perdita di valore, ad esempio per deterioramento, per danneggiamento o per obsolescenza;
- i costi per l'assicurazione, per coprire eventuali danni a persone, merci o alla struttura del magazzino;
- i costi del personale;
- i costi per infrastrutture, energia elettrica e tasse, che in generale possono essere considerati fissi.

### **4.4 Costo di Penuria**

Il costo di penuria (o di *stockout*) è legato a variazioni inaspettate della domanda che non si è in grado di soddisfare a causa di una carenza interna, se deriva dalla mancata evasione di un ordine da parte della produzione propria, o di una carenza esterna, se è causata da un ritardo del proprio fornitore. Lo *stockout* (rottura della scorta) potrebbe anche causare una diminuzione della quota di mercato, la perdita del cliente e impone all'azienda di pagare eventuali more per il ritardo.

## 5. MAGAZZINO AUTOMATICO

Il magazzino automatico rappresenta una soluzione di stoccaggio più avanzata rispetto ad un magazzino tradizionale. Generalmente permette di ridurre i costi di stoccaggio e allo stesso tempo di accelerare i flussi della merce.

Automatizzare tutte le operazioni interne del magazzino, dalla ricezione al picking dei prodotti, per renderli disponibili alla produzione o per la spedizione, consente di ottimizzare il flusso delle merci e di ridurre la necessità di personale andando quindi a diminuire il costo legato a quest'ultimo.

L'elevate prestazioni in termini di gestione del flusso e di potenzialità di movimentazione sono garantite dal Warehouse Management System (WMS), infatti, il sistema informativo centrale esprime le sue massime potenzialità con i magazzini automatici. È capace di assicurare una efficace riduzione di tempi, costi, spazio utilizzato ed errori di gestione, rendendo possibile conoscere in tempo reale la quantità di ciascun prodotto in giacenza, le variazioni nel tempo del loro indice di rotazione ed inoltre una completa tracciabilità dei processi operativi. Il WMS sarà in grado di gestire le movimentazioni seguendo le logiche implementate (FIFO, LIFO, ...).

Il sistema informativo, inoltre, offre la possibilità di avere delle statistiche aggiornate sul funzionamento attuale del magazzino e, analizzando i dati in output, permetterà di monitorare il sistema, migliorare il suo funzionamento e prevedere dei possibili problemi o criticità che si potrebbero presentare in futuro.

Il principale svantaggio del magazzino automatico è rappresentato dall'elevato investimento iniziale necessario. Infatti, nonostante la costante innovazione sulle tecnologie sfruttate, i costi sono ancora abbastanza elevati e possono scoraggiare l'investimento nelle aziende di piccole dimensioni. Invece nelle imprese che lavorano su grandi volumi, il ritorno sull'investimento sarà più che adeguato e avverrà in orizzonti temporali più che ragionevoli.

Un altro possibile aspetto negativo è legato al fatto che, in genere, i sistemi automatici sono caratterizzati da una maggiore rigidità rispetto quelli tradizionali. Perciò è importante che la soluzione scelta sia in grado di garantire un opportuno livello di flessibilità per tutta la durata prevista della vita utile del sistema.

Un grado di minore rigidità del magazzino è ottenibile attraverso l'implementazione di software adeguati a gestire sistemi di stoccaggio più complessi e un insieme maggiore di variabili.

## 5.1 Struttura del Magazzino Automatico

Una prima distinzione per classificare i magazzini automatici può essere realizzata in base alla struttura fisica che li caratterizza:

- **Magazzini Autoportanti:** le scaffalature del magazzino oltre a consentire lo stoccaggio dei prodotti, sostengono anche le pareti e la copertura. Vanno a costituire l'edificio stesso e dovranno essere progettati secondo le apposite normative.
- **Magazzini Non Autoportanti:** è la soluzione tradizionale, la struttura del magazzino deve sopportare solo il peso delle merci e le scaffalature sono poste all'interno di un edificio preesistente.

## 5.2 Possibili Soluzioni Impiantistiche

Esistono varie soluzioni per le configurazioni dei magazzini automatici che dipendono dalle tipologie di unità di carico che movimentano. Questi si distingueranno principalmente per l'attrezzo che effettuerà le operazioni di trasporto, deposito e prelievo.

→ **Magazzino con Trasloelevatore:** è costituito da una serie di scaffalature tra le quali si muove un trasloelevatore. I corridoi possono essere relativamente stretti in quanto sono progettati a seconda delle dimensioni delle unità di carico e non più dei carrelli industriali utilizzati, perciò si raggiungono livelli di saturazione superficiale maggiori.

Il trasloelevatore si compone di un telaio mobile che scorre verticalmente lungo una colonna che a sua volta può muoversi orizzontalmente seguendo una rotaia lungo i corridoi tra una scaffalatura e l'altra. Sono presenti anche elementi

ausiliari come: i contrappesi per la riduzione degli sforzi, i comandi manuali per operazioni di emergenza e i cavi per l'alimentazione.

I trasloelevatori possono essere classificati in base ai seguenti parametri (Iannaccone, 2019):

- *La posizione nel flusso logistico aziendale:*
  - Materie prime
  - Semilavorati
  - Prodotti Finiti
- *La tipologia di stoccaggio:*
  - Semplice profondità
  - Multiprofondità
- *La struttura portante:*
  - Monocolonna (per carichi fino a 1000 kg)
  - Bicolonna (per carichi fino a 1500 kg)
- *Il peso dell'UdC:*
  - Carichi Leggeri (fino 100 kg)
  - Medi (intorno ai 500 kg)
  - Pesanti (da 1000 kg)
- *La tipologia dell'organo di presa:*
  - Braccetti telescopici
  - Pinze
  - Forche trilaterali
  - Ventose
- *Il numero di pallet ospitabili:*
  - Singolo
  - Doppio

Il trasloelevatore è capace di traslare contemporaneamente lungo i due assi orizzontale e verticale, il suo movimento è controllato con precisione millimetrica da degli encoder. Una volta giunto alla scaffalatura desiderata si muoverà in profondità verso il vano per prelevare o depositare il prodotto richiesto.

Viene utilizzato con una grande varietà di unità di carico e nell'immagazzinamento di merci voluminose e pesanti. Allo stesso tempo si tratta di un sistema automatico caratterizzato da una bassa velocità di movimentazione (in generale la velocità verticale varia tra 0,4 - 0,7 m/s e quella orizzontale tra 4 – 8 m/s).

- **Magazzino Automatico Miniload:** è un sistema di immagazzinamento automatico molto simile al precedente, ma viene utilizzato per lo stoccaggio esclusivo di carichi leggeri e di dimensioni contenute come scatole in carta o plastica e vassoi. Difatti anch'esso sfrutta un trasloelevatore capace di muoversi tra i corridoi. Garantisce una elevata velocità di servizio assicurando tempi ridotti per la movimentazione dei prodotti. Questa soluzione è indicata soprattutto per i reparti di spedizione o per di sistemi picking in asservimento alle linee di produzione, più generalmente è sfruttato in tutti quei sistemi con elevati numeri di operazioni di movimentazione da evadere in tempi brevi.
  
- **Magazzino Automatico con Shuttle:** l'elemento principale che lo contraddistingue è una navetta elettrica (shuttle) che si muove all'interno dei canali di stoccaggio per prelevare e depositare i pallet. I pallet si muoveranno verticalmente grazie a degli ascensori posti all'estremità dei corridoi, dove saranno presi in carico dagli shuttle. Questi elevatori essendo posti all'esterno dei tunnel di stoccaggio consentono di aumentare la compattazione delle unità di carico, incrementando la capacità del magazzino e permettono di ridurre i tempi di deposito e prelievo.  
È una soluzione modulare e molto scalabile, si tratta solo di aggiungere nuovi scaffali, elevatori e shuttle.
  
- **Magazzino a Carosello Orizzontale o Verticale:** sono entrambi costituiti da una serie di ripiani rotanti progettati per muoversi attorno rispettivamente ad un asse perpendicolare o parallelo rispetto il pavimento. Garantiscono una densità di stoccaggio elevata e hanno dimensioni compatte. Sarà il software di controllo del magazzino a far ruotare il sistema scegliendo il percorso più veloce per

raggiungere il prodotto richiesto. È ideale per prodotti poco ingombranti e leggeri.

Costituiscono una soluzione meno flessibile rispetto le altre descritte precedentemente.

### 5.3 Ciclo di operativo del Trasloelevatore

Il ciclo operativo di un trasloelevatore (Figura 5.2) è fondamentale per definirne il numero necessario e per decidere come suddividere il carico di lavoro tra di essi.

Si può andare a stimare la durata di un ciclo operativo semplice e di un ciclo operativo combinato utilizzando la normativa *FEM 9851 (Fédération Européenne de la Manutention)*. Questa stabilisce le coordinate di due vani del magazzino che serviranno per calcolare la stima dei tempi ciclo.

La normativa si basa sulle ipotesi di:

- Equiprobabilità di accesso ai vani: si ipotizza che il criterio utilizzato per l'allocazione di unità di carico sia lo Shared Storage (l'allocazione degli articoli nei vani è casuale);
- Scaffalatura descritta come un dominio continuo.

Definendo con:

- $L$  = lunghezza della scaffalatura;
- $H$  = altezza della scaffalatura
- $(x_{P1}; y_{P1})$  = coordinate spaziali Vano  $P_1$ ;
- $(x_{P2}; y_{P1})$  = coordinate spaziali Vano  $P_2$ ;
- $(0; y_{I/O})$  = coordinate spaziali punto di Input/Output del Magazzino;
- $v_O$  = velocità orizzontale del trasloelevatore;
- $v_V$  = velocità verticale del trasloelevatore.



Le coordinate spaziali standard dei vani (Figura 5.1) sono le seguenti:

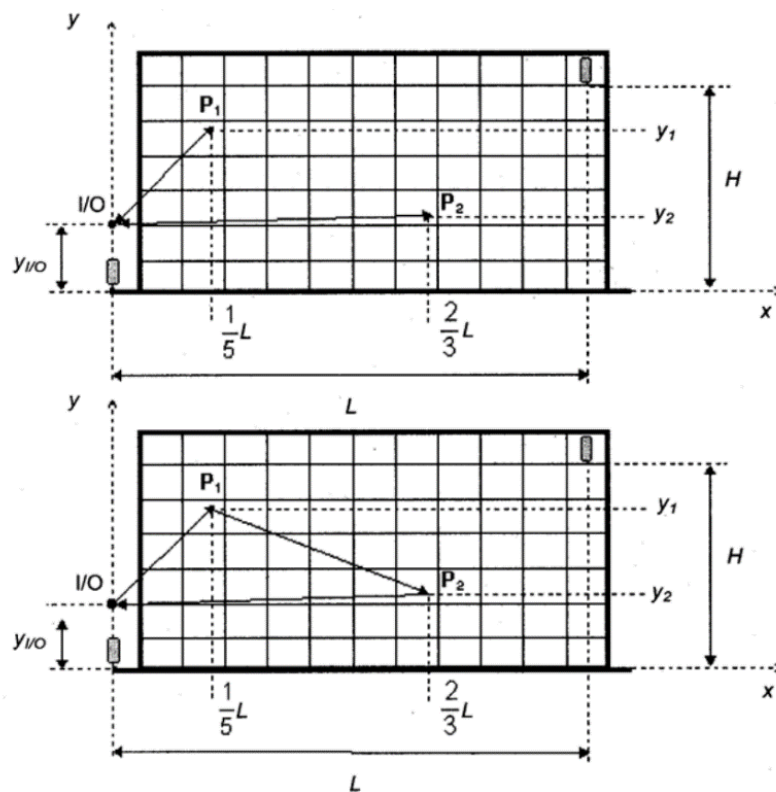
$$x_{P1} = \frac{1}{5}L \quad y_{P1} = \frac{2}{3}H + \frac{1}{3}y_{I/O}$$

$$x_{P2} = \frac{2}{3}L \quad y_{P2} = \frac{1}{5}H + \frac{1}{3}y_{I/O}$$

Dividendo le coordinate sopraelencate per le velocità verticale e orizzontale del trasloelevatore si ricavano le coordinate temporali:

$$P_1 = \left( \frac{x_{P1}}{v_O} ; \frac{|y_{P1}-y_{I/O}|}{v_V} \right)$$

$$P_2 = \left( \frac{x_{P2}}{v_O} ; \frac{|y_{P2}-y_{I/O}|}{v_V} \right)$$



**Figura 5.1:** Rappresentazione spaziale di una scaffalatura servita dal un trasloelevatore.

Calcolo del tempo variabile di un ciclo semplice, cioè la componente del ciclo che dipende dalla posizione dei due punti:

$$t_{cs}^v = \frac{1}{2} \{ [t(I \rightarrow P_1) + t(P_1 \rightarrow O)] + [t(I \rightarrow P_2) + t(P_2 \rightarrow O)] \}$$

$$t_{cs}^v = \frac{1}{2} \left\{ \left[ 2 * \max \left( \frac{x_{P1}}{v_O}; \frac{|y_{P1} - y_{I/O}|}{v_V} \right) \right] + \left[ 2 * \max \left( \frac{x_{P2}}{v_O}; \frac{|y_{P2} - y_{I/O}|}{v_V} \right) \right] \right\}$$

Aggiungo la componente dei tempi fissa che comprende il posizionamento del dispositivo, il controllo della posizione e il ciclo delle forche (estensione, abbassamento ritiro):

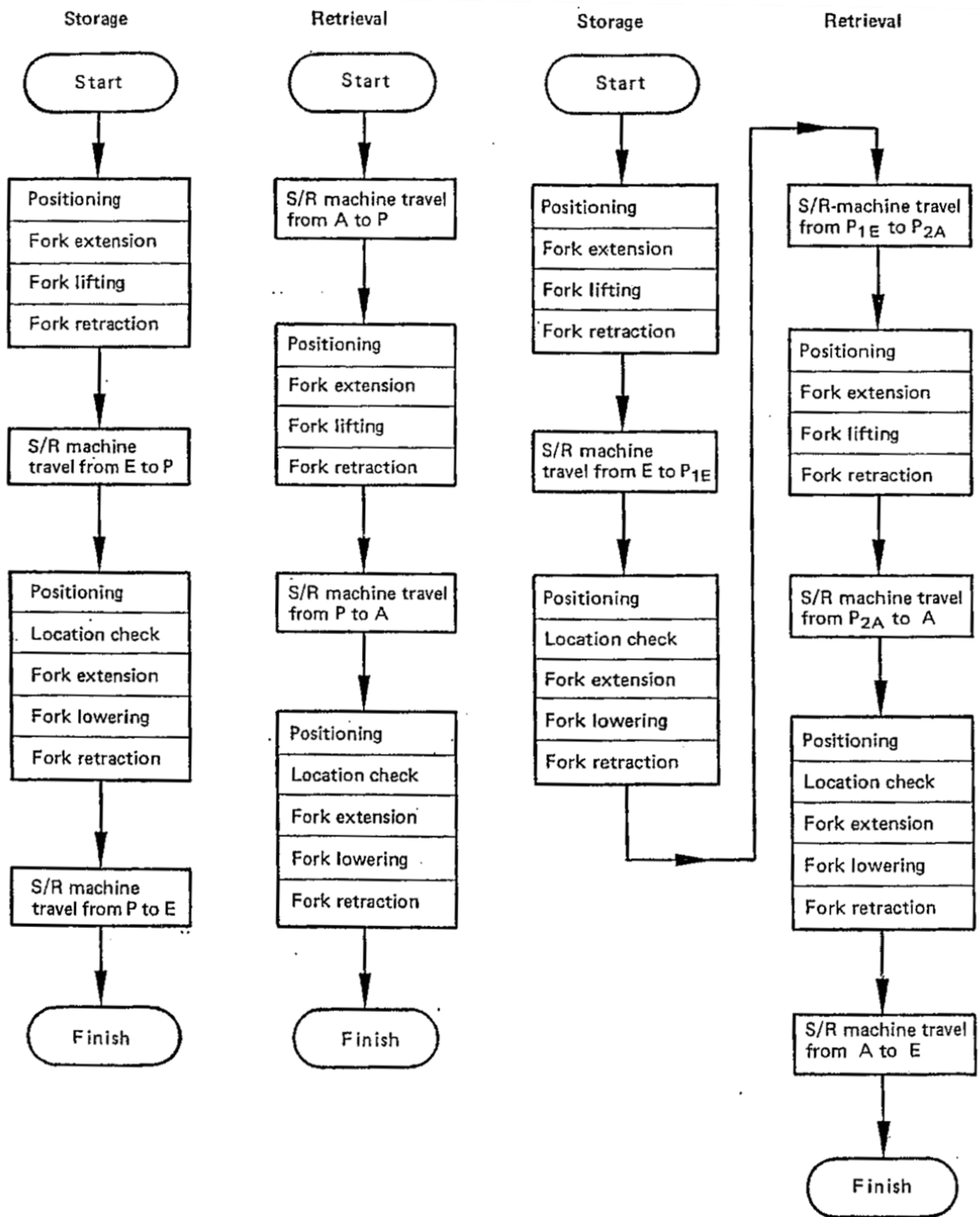
$$t_{cs} = t_{cs}^v + 2 * t_{fissi}$$

Invece, per calcolare il tempo necessario per compiere un ciclo combinato, si deve considerare il tempo per spostarsi da  $P_1$  a  $P_2$ :

$$t(P_1 \rightarrow P_2) = \max \left( \frac{|x_{P1} - x_{P2}|}{v_O}; \frac{|y_{P1} - y_{P2}|}{v_V} \right)$$

La durata stimata del ciclo combinato sarà, quindi, uguale a:

$$t_{cc} = t_{cs} + t(P_1 \rightarrow P_2) + 2 * t_{fissi}$$



**Figura 5.2:** I diagrammi descrivono le sequenze che compongono i cicli tipici di un sistema R/S (da FEM 9.851).

## 6. METODI DI ACQUISTO

Si introducono molto brevemente alcuni metodi per dimensionare i lotti di acquisto.

### EOQ

L'*Economic Order Quantity* va a dimensionare il lotto da ordinare in base alla quantità che minimizza la funzione di costo totale. La quantità ordinata è costante, varia invece il tempo tra due ordini successivi. Richiede un controllo continuo sul livello delle scorte.

$$C_{\text{tot}} = C_p \cdot D_a + C_{\text{ord}} \cdot \frac{D_a}{Q} + H_c \cdot \frac{Q}{2}$$

- $D_a$ : domanda annua
- $C_p$ : costo unitario di acquisto
- $C_{\text{ord}}$ : costo unitario dell'ordine
- $H_c$ : costo annuo di mantenimento a scorta per unità ( $H_c = h_c \cdot C_p$ )
- $h_c$ : tasso annuo di mantenimento a scorta
- $Q$ : dimensione del lotto

### EOI

L'*Economic Order Interval* definisce l'intervallo di tempo costante tra due ordini successivi, scegliendo quello che minimizza la funzione di costo totale. La quantità ordinata sarà invece variabile e dipenderà dal livello delle giacenze al momento dell'ordine. Richiede un controllo periodico sulle quantità in magazzino.

$$C_{\text{tot}} = C_p \cdot D_a + \frac{C_{\text{ord}}}{T} + \frac{D_a \cdot H_c \cdot T}{2}$$

### Part Period

Raggruppa i fabbisogni di più periodi fino a quando il costo di mantenimento a scorta di tale quantità non supera il costo dell'ordine. Ordina la quantità necessaria per soddisfare la richiesta fino al periodo precedente a quello che rende vera la condizione.

### Kanban

Questo metodo fa parte della filosofia produttiva Just in Time che ha l'obiettivo di eliminare tutte le attività che non vanno a creare valore aggiunto per il prodotto finale. Avere molti prodotti a scorta viene vista come una grande fonte di spreco. Il lotto da riordinare definito sarà proporzionale al numero dei *kanban* del sistema.

## 7. L'AZIENDA

La Cucine LUBE è la prima azienda di cucine in Italia. Ad oggi occupa 650 dipendenti che lavorano in un impianto di 150.000 m<sup>2</sup> (Figura 7.1) che produce ogni anno 75.000 cucine. I loro prodotti sono venduti in 76 paesi nel mondo.

La loro strategia vincente è principalmente basata sulla qualità, sul servizio e sull'attenzione offerta ai loro clienti.

La storia di LUBE inizia dal sogno di Luciano Sileoni e di Benito Raponi nel 1967.

*Quel sogno continua alimentato dagli stessi principi che sono al centro della filosofia aziendale: l'attenzione per l'uomo e per la qualità, la funzionalità e la sicurezza degli ambienti che abita; il rispetto per l'ambiente nella scelta di materiali ecologici; l'integrazione fra design e innovazione tecnologica; la cura del cliente, sia per l'ottimo rapporto qualità-prezzo dei prodotti che per i servizi post-vendita rapidi ed efficienti.*

*La continua crescita ha portato oggi la LUBE ad affermare la propria leadership del settore: prima tra le aziende italiane produttrici di cucine e prima come numero di cucine prodotte ogni anno (dal sito [cucinelube.it](http://cucinelube.it)).*



**Figura 7.1:** Sede Cucine LUBE di Treia.

## 8. PRODUZIONE (SEMILAVORATI) DELLA LUBE

La produzione dei semilavorati parte dalla lavorazione delle materie prime, che per LUBE sono rappresentate da pannelli nobilitati in legno truciolare. Nobilitato indica il fatto che il pannello è rivestito da entrambi i lati da una sottile lamina.

Ciascun pannello viene sottoposto a sezionatura, bordatura e in seguito viene forato. Questi vengono poi assemblati insieme ad altri pezzi fino a formare le varie parti che compongono una cucina.

Per comprendere al meglio come è strutturata la lavorazione delle materie prime nell'impianto di produzione della LUBE, è importante definire le due parti principali che vanno a costituire una normale cucina.

Eliminando gli elettrodomestici, il lavello e il top, la cucina è composta essenzialmente dalla sua struttura e dai pannelli della parte anteriore (Figura 8.1). La prima presenta un numero minore di finiture ed è costituita da pannelli che, nella stragrande parte dei casi, hanno dimensioni standard. La seconda invece si distingue per la sua grande variabilità: sia nelle finiture, sia nelle dimensioni.



**Figura 8.1:** Esempio Cucina LUBE.

Queste differenze fondamentali si riflettono strategicamente nel layout del sistema di lavorazione dei pannelli.

Infatti, la produzione dei semilavorati è divisa in due linee principali: Lotto 1 e Sezionatrice angolare.

Quest'ultima è così denominata perché, appunto, è composta da 3 sezionatrici angolari che lavorano in parallelo. Queste tre grandi macchine consentono di tagliare più pannelli alla volta. La loro elevata produttività garantisce alla LUBE di ottenere dei grandi volumi di produzione. La linea lavora a magazzino.

Ciascuna sezionatrice (Figura 8.2) procede a tagliare i pannelli secondo degli schemi di taglio predefiniti. Si occupano principalmente di produrre tutti quei semilavorati con finiture e dimensioni standard (sia per la struttura sia per i frontali).

I pannelli che alimentano le macchine sono tenuti in giacenza nel Magazzino Pannelli, che verrà descritto più estensivamente nei capitoli successivi della trattazione.



**Figura 8.2:** Sezionatrice Angolare.

I pannelli con dimensioni più variabili sono ottenuti, invece, dalla linea del Lotto 1. Innanzitutto, è caratterizzata da un grado di automazione più elevato della linea descritta precedentemente.

Sfrutta la tecnica del Nesting che consente di ricavare da ciascun pannello iniziale tutti i semilavorati delle dimensioni richieste.

Il taglio sarà dimensionato secondo le misure dettate dal cliente, per questo la produzione del Lotto 1 lavora su ordini a commessa.

Per tagliare le superfici viene usata una fresa, che permette di ottenere forme diverse e potenzialmente anche irregolari, diversamente dalla sezionatrice che permette, invece, di effettuare solo tagli rettilinei dei pannelli.

La fresa taglia il pannello secondo un pattern definito da un software, che va ad ottimizzare lo schema di taglio con l'obiettivo di minimizzare lo scarto.

La macchina ha un elevato livello di produttività, ma risulta decisamente più basso se rapportato a quello dell'altra linea. Infatti, la fresa del Lotto 1 riesce a tagliare solo un pannello alla volta, a fronte delle sezionatrici angolari che ne lavorano contemporaneamente sempre un numero multiplo.

L'impianto del Lotto 1 è servito da un magazzino automatico a terra con un traslo cartesiano, che alimenta direttamente la macchina e consente di stoccare gli scarti rilavorabili in uscita dalla fresatura. Il sistema di stoccaggio verrà poi descritto nei capitoli successivi.



## 9. MAGAZZINO PANNELLI

In questo capitolo si procede ad analizzare le caratteristiche e le prestazioni dinamiche del magazzino attuale della Cucine LUBE dedicato allo stoccaggio dei pannelli nobilitati. Questi rappresentano le materie prime che verranno utilizzate per la costruzione della struttura e della parte anteriore della cucina.

Nel corso della tesi ci si riferirà a questo magazzino come “Magazzino Pannelli”.

Il magazzino si trova a monte della produzione e va ad alimentare le due principali linee produttive dell’azienda: il Lotto 1 e quella della sezionatrice angolare che si occupano di tagliare, bordare e forare i pannelli. Allo stoccaggio dei pannelli è stata dedicata una superficie di circa 3.900 m<sup>2</sup> e il fabbricato arriva a toccare i 6 m in altezza.

Nel magazzino vengono stoccati dei pannelli con i seguenti formati (in millimetri):

- 5200 x 2200 x 18
- 2800 x (1220-2070) x (16-18-19-20-22)
- 4250 x (2200-2120-1860) x (18-22)
- 3750 x (1220-1860-2070) x (18-22)
- 3050 x (1300-1360-2070) x (18-22-25)

I pannelli di formato 5200 mm e 4250 mm sono lavorati nelle sezionatrici angolari, vengono tagliati secondo degli schemi di taglio predefiniti e da questi si ottengono semilavorati di dimensioni standard. I pannelli di formati di dimensione più contenuta invece, sono utilizzati nell’impianto del Lotto 1 per produrre semilavorati con dimensioni personalizzate a seconda dell’ordine del cliente. Questi pannelli sono presenti in un numero maggiore di finiture rispetto a quelli lavorati alle sezionatrici.

Le unità di carico sono sovrapposte direttamente l’una sull’altra (Figura 9.1). Sono costituite da pacchi di 20, 24 o 28 pannelli a seconda del produttore da cui sono stati acquistati. I pacchi sono facilmente sovrapponibili grazie alla forma stessa dei pannelli che consente di formare delle pile di sufficiente stabilità e di raggiungere altezze fino

5 metri. I pannelli vengono accatastati in blocchi mono prodotto per migliorare l'indice di selettività.

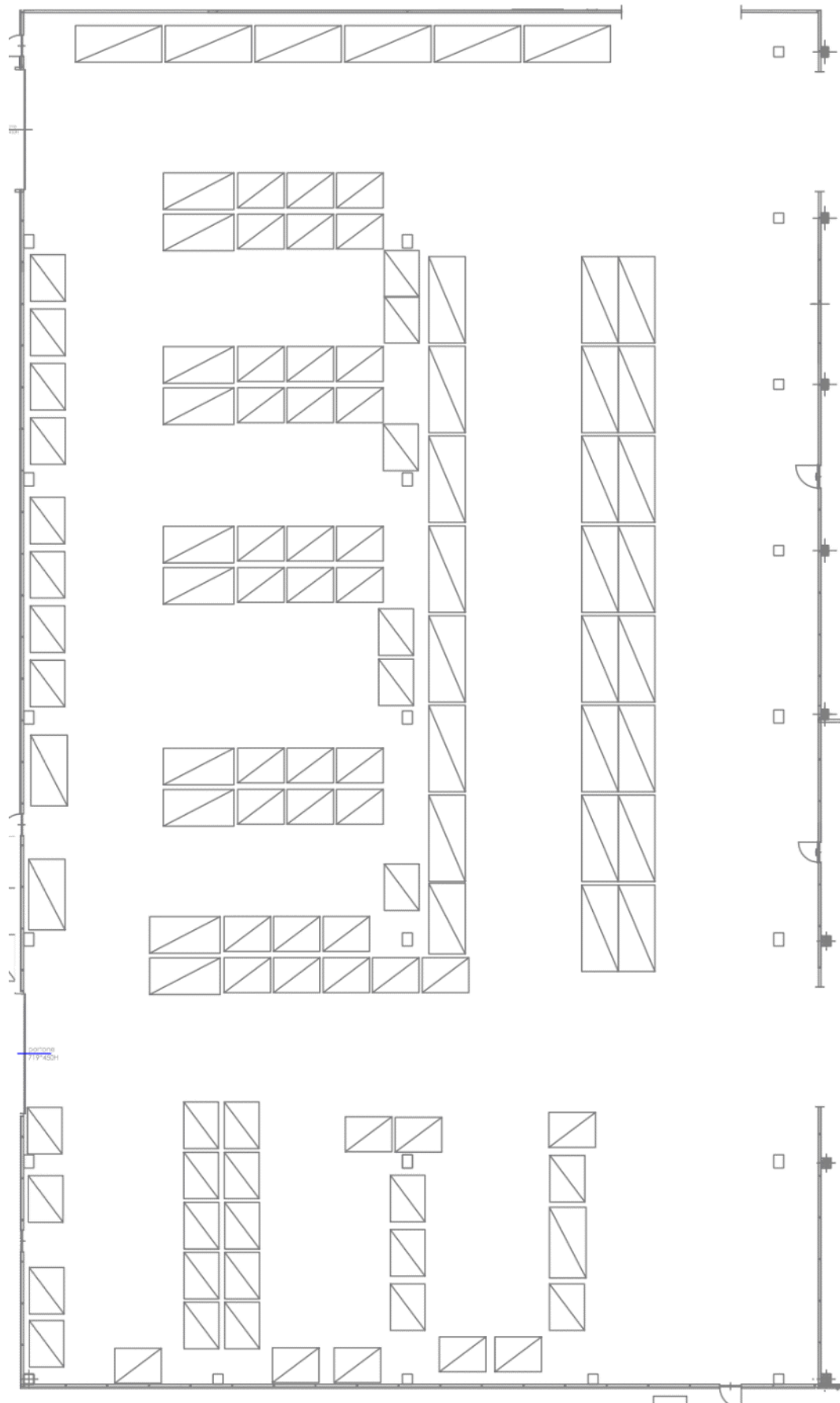


**Figura 9.1:** Vista interna del magazzino.

Le unità di carico non sono pallettizzate ma sono separate da listelli in legno molto sottili (3-4 cm), per questo le forche del carrello sono opportunamente dimensionate per potersi infilare in quello spessore.

I pannelli di truciolato stoccati all'interno sono di dimensione e peso molto importante, ma allo stesso tempo sono piuttosto sottili, hanno infatti uno spessore di solo 2 cm circa. Il peso specifico del truciolare che compone il pannello è in media di  $750 \text{ kg/m}^3$ , difatti un pacco arriva a pesare fino a 40 quintali. Per questo dovranno essere movimentati con attenzione perché rischiano molto facilmente di flettersi e quindi di danneggiarsi.

I pacchi sono organizzati in un layout (Figura 9.2) che massimizza lo sfruttamento della superficie a disposizione, ma considerando l'importanza delle dimensioni del pannello, ciascuna catasta di pannelli è disposta in modo da liberare un corridoio di accesso di almeno 6 metri.



**Figura 9.2:** Layout del magazzino pannelli.

I carrelli elevatori utilizzati per le movimentazioni dei pannelli sono stati dimensionati specificatamente per questo magazzino. Sono 2 carrelli elevatori controbilanciati elettrici del produttore Carer (Figura 9.3). Il carico è posto sulle forche a sbalzo e il peso è equilibrato dalla massa del carrello. Hanno una portata nominale di 7 tonnellate (Tabella 9.1), ma calcolandola rispetto il baricentro dei pannelli scende a circa 40 quintali (Figura 9.4). I carrelli sono stati dimensionati per sopportare tale carico per questo rimangono molto ingombranti. Necessitano quindi di corridoi del magazzino opportunamente spaziosi, per consentire all'operatore di manovrare il carrello ed i pannelli in tutta sicurezza.



**Figura 9.3:** Carrello Carer Z70KN.



**Figura 9.4:** Targa del carrello riportante la portata in funzione del baricentro del carico.

**Tabella 9.1: Specifiche tecniche carrello Carer Z70KN.**

CARRELLI ELEVATORI ELETTRONICI				Z60KN	Z65KN	<b>Z70KN</b>	Z80KN
CARATTERISTICHE	1,1	Casa costruttrice		CARER			
	1,2	Modello		Z60 KN	Z65 KN	Z70 KN	Z80 KN
	1,3	Alimentazione: elettrica,diesel,gas,rete		elettrica			
	1,4	Guida: timone,da terra,in piedi,seduto		seduto			
	1,5	Portata	Q (t)	6.0	6.5	7.0	8.0
	1,6	Baricentro	C (mm)	600			
	1,8	Distanza	X (mm)	625 (1)			660 (1)
	1,9	Interasse	Y (mm)	1935			2135
	PESI	2,1	Peso	(kg)	10850	11350	11900
2,2		Peso sugli assi ant./post. a carico	(kg)	14750 / 1950	15750 / 2100	16750 / 2150	18750 / 2180
2,3		Peso sugli assi ant./post. a vuoto	(kg)	4950 / 5900	5150 / 6200	5350 / 6550	5450 / 6900
RUOTE GOMME	3,1	Gommatura: C=cushion, SE=superelastica, PN=pneumatica, SEG=superel. gemellata PNG=pneumatica gemellata		C - SE - SEG			
	3,2	Dimensioni gomme anteriori		840x356 - 355/65-15 - 8.25-15		840x356 - 355/50-20 - 8.25-15	
	3,3	Dimensioni gomme posteriori		559x203 - 23x10-12		559x229 - 23x10-12	
	3,5	Ruote: Numero ant./post. (X=motrici)		2X/2 (SEG: 4X/2)			
	3,6	Carreggiata anteriore	b10 (mm)	1312 - 1361 - 1393		1312 - 1355 - 1393	
	3,7	Carreggiata posteriore	b11 (mm)	1055			
DIMENSIONI	4,1	Brandeggio: α=avanti / β=indietro	α/β (°)	4/8 (2)			
	4,2	Altezza minimo ingombro	h1 (mm)	2900		2750	
	4,3	Alzata libera	h2 (mm)	100		0	
	4,4	Corsa di sollevamento	h3 (mm)	3800		3540	
	4,5	Altezza massimo ingombro	h4 (mm)	4790		4550	
	4,7	Altezza protezione conducente	h6 (mm)	2650			
	4,8	Altezza sedile	h7 (mm)	1625			
	4,12	Altezza gancio	h10 (mm)	680			
	4,19	Lunghezza totale	L1 (mm)	4210		4445	
	4,20	Lunghezza incluso dorso forche	L2 (mm)	3010		3245	
	4,21	Larghezza totale	b1/b2 (mm)	1669 -1661 -1838		1669 -1670 -1838	
	4,22	Dimensioni forche	exsxL (mm)	200x60x1200		200x70x1200	
	4,23	Piastra portaforche iso 2328/30, FEM/A,B		4A			
	4,24	Larghezza piastra porta forche	b3 (mm)	1500 (3)			
	4,31	Altezza sotto il montante, a carico	m1 (mm)	150			
	4,32	Altezza al centro del passo, a carico	m2 (mm)	110			
	4,33	Corridoio di lav.pallet 1000x1200 inforc.1200	Ast (mm)	5050		5235	
	4,34	Corridoio di lav.pallet 800x1200 inforc.800	Ast (mm)	5080		5265	
	4,35	Raggio di curvatura	Wa (mm)	2620		2780	
	4,36	Distanza di rotazione minima	b13 (mm)	925			
PRESTAZIONI	5,1	Velocità di traslazione, con/senza carico	(km/h)	12/13	11.8/12.8	11.7/12.7	11.4/12.4
	5,2	Velocità di sollevamento, con/senza carico	(m/s)	0.24/0.39	0.22/0.39	0.22/0.39	0.20/0.34
	5,3	Velocità di discesa con/senza carico	(m/s)	0.50/0.40			
	5,5	Sforzo al gancio, con/senza carico (S2 60°)	(N)	6900/7500	6800/7400	6600/7300	6400/7200
	5,6	Sforzo max al gancio, con/senza carico (S2 5°)	(N)	16400/17000	16300/16900	16100/16800	15900/16700
	5,7	Pendenza superabile, con/senza carico (S2 30°)	(%)	6.5/11	6.0/10.5	5.5/10	5.0/9.5
	5,8	Pendenza max sup., con/senza carico (S2 5°)	(%)	10/16	9.0/15	8.5/14	8.0/13.5
	5,9	Tempo di acceleraz. con/senza carico (10 m)	(s)	5.8/5.4	6.0/5.6	6.1/5.7	6.2/5.8
	5,10	Freno di servizio: mecc./idraulico/elettrico		idraulico/elettrico			
MOTORI BATT.	6,1	Motore di trazione, potenza (S2 60°)	(kW)	22			
	6,2	Motore di sollevamento, potenza (S3 20%)	(kW)	25.2			
	6,4	Tensione batteria	U (V)	96			
	6,4,1	Capacità nominale	K5 (Ah)	840 (4)		920 (4) / 1000 (4)	
VARIE	6,5	Peso minimo/massimo batteria	(kg)	2500/3000		2750/3000 / 2900/3000	
	8,1	Tipo di controllo		mosfet			
	8,2	Pressione di lavoro per attrezzature	(bar)	160			
	8,4	Rumorosità all'orecchio del conducente	(dBA)	-			

VDI 2198

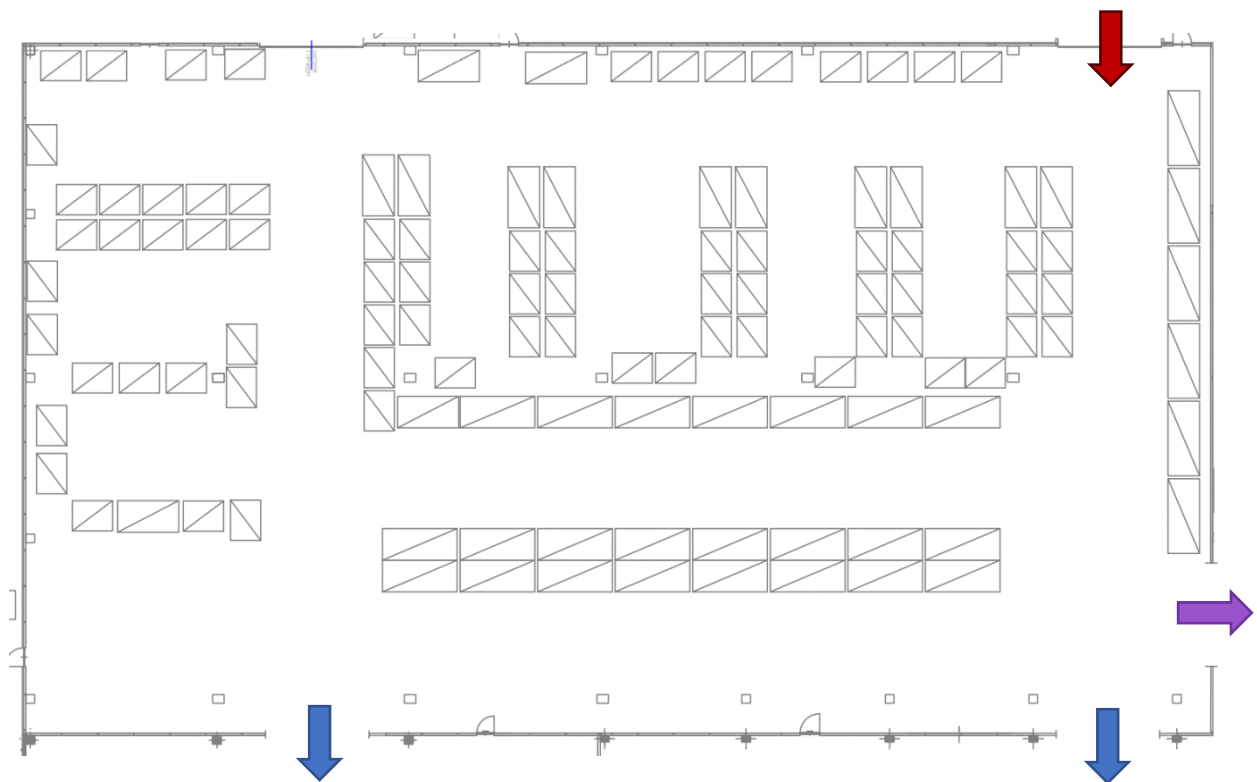
Rev3 29/03/11

- (1) Con traslatore integrato nel montante
- (2) Con altezza di sollevamento > 4.5 m, 3°/ 7°
- (3) A richiesta 1800 mm
- (4) Altre capacità a richiesta




Le prestazioni si riferiscono a carrello in perfetta efficienza, con batteria di peso conforme a 6.5, carica, ben conservata e con tensione (a circuito chiuso) non inferiore alla nominale

Le operazioni di pick-up e drop-off dei pannelli devono essere effettuate con molta attenzione per non rovinare il laminato, soprattutto quando si deve prelevare solo una frazione dell'unità di carico. La procedura consiste nel sollevare leggermente il pannello, procedere con l'inserzione degli spessori e infine infilare lentamente le forche.

I carrelli vengono utilizzati per gestire i flussi dei materiali (Figura 9.5) in ingresso al magazzino, costituiti da pacchi interi scaricati dai bilici o dagli autotreni. I flussi di output, invece, sono diretti verso il Lotto 1 o verso la sezionatrice angolare e sono rappresentati da pacchi interi o frazionati.



Legenda:

-  Flusso Input
-  Flusso Output (verso le sezionatrici angolari)
-  Flusso Output (verso il Lotto 1)

**Figura 9.5:** Flussi di materiale che caratterizzano il magazzino pannelli.

Il controllo della giacenza è uno dei punti deboli del magazzino attuale. Non esiste un sistema che controlli con precisione le quantità presenti nel sistema di stoccaggio dei pannelli, che aggiunga alla giacenza le unità di carico scaricate dagli autoarticolati e che scali dalle quantità in stock i pannelli prelevati per essere lavorati.

Il numero di pannelli presenti nel magazzino viene semplicemente aggiornato scaricando i consumi dalla distinta base, ma i valori non sono accurati. Difatti questi dati non sono usati per controllare le quantità in giacenza, bensì l'attività di controllo e riordino dei pannelli è affidata all'esperienza del caporeparto.

Questo sistema ovviamente funziona, ma non si può considerare efficiente, né dal punto di vista economico – finanziario, né da quello dello sfruttamento dello spazio. Tutto ciò contribuisce all'aumento delle quantità in giacenza che potrebbero essere meglio dimensionate se si conoscessero con più precisione i consumi, la funzione della domanda ed i costi legati all'acquisto e al mantenimento a scorta di ciascun codice dei pannelli.

## 10. MAGAZZINO DEL LOTTO 1

Nel seguente capitolo si procede ad analizzare brevemente le caratteristiche del magazzino automatico che alimenta l'impianto del Lotto 1 (Figura 10.2), in quanto non è il magazzino al centro dello studio effettuato, ma viene comunque richiamato spesso nella seguente trattazione.

Tale sistema di stoccaggio è un magazzino a terra servito da un trasloelevatore cartesiano (Figura 10.1).

Gestisce la giacenza dei pannelli da lavorare nella linea del Lotto 1 e parte degli scarti rilavorabili in uscita dalla macchina.

È supportato da un sistema avanzato di gestione delle scorte che permette di stoccare i pannelli in pile, mescolandoli anche per colore fino un'altezza massima di 1,4 m.

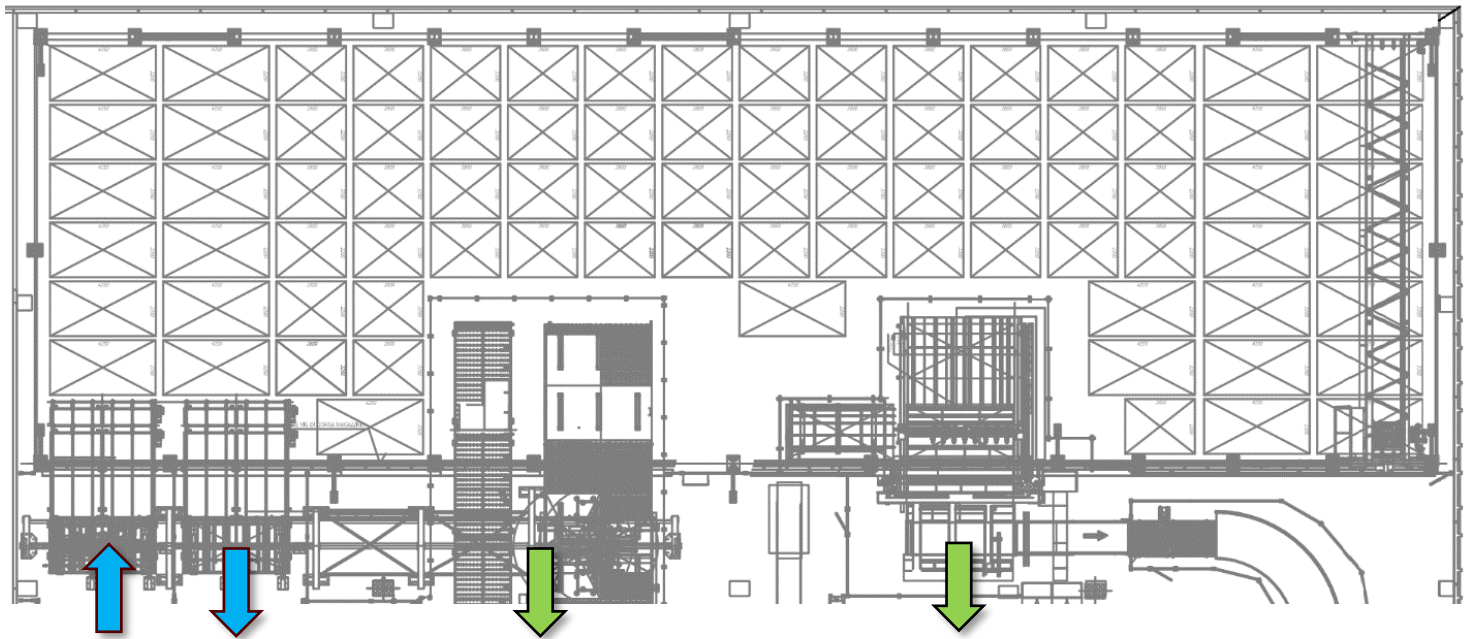
Il magazzino viene riapprovvigionato con pacchi di pannelli monocolori o pile miste provenienti dal Magazzino Pannelli (descritto nel capitolo precedente). Le pile in input possono essere messe in giacenza o alimentate direttamente alla macchina.





**Figura 10.1:** Esempio di un magazzino a terra servito da un trasloelevatore cartesiano.

L'organo di presa del trasloelevatore è rappresentato da una serie di ventose che consentono di movimentare un singolo pannello alla volta.





Legenda:

-  Punto di Input/Output
-  Flusso verso l'impianto di produzione

**Figura 10.2:** Layout e flussi di materiali del magazzino automatico del Lotto 1.

Il magazzino automatico ha a disposizione 83 postazioni a terra dove poter posizionare le pile di pannelli, di cui 53 per i pannelli di formato (2800x2200) mm e 30 postazioni di dimensioni maggiori (4250x2200) mm.

Il controllo della giacenza in stock è effettuato dal software della macchina, che tiene traccia di tutti i flussi e consumi con precisione e procede poi a scaricarli dal software gestionale dell'azienda.

Questo sistema di stoccaggio non riesce a contenere tutti i pannelli in giacenza che sono lavorati nel Lotto 1, infatti una buona parte sono in giacenza nell'adiacente Magazzino Pannelli.

Di conseguenza questi pannelli non sono tracciati fino a quando non verranno inseriti nel magazzino automatico.

# 11. DEFINIZIONE DEL PROBLEMA

La gestione del Magazzino Pannelli non è ottimale e i problemi principali che lo affliggono, si riflettono poi anche sulle prestazioni del magazzino del Lotto 1.

## 11.1 Pannelli in Giacenza

Innanzitutto, la grande quantità di pannelli in giacenza è sicuramente un grande difetto della gestione delle scorte che può essere migliorato. Ciò porta ad uno sfruttamento poco efficiente dello spazio a disposizione, che rischia la saturazione e si riflette in modo consistente nelle voci di costo legate all'immagazzinamento.

Questo è l'effetto sia della recente scelta di produrre internamente le ante, che presentando un numero di finiture maggiore rispetto gli altri pannelli, hanno inevitabilmente aumentato i pannelli in giacenza, ma anche di alcune scelte imprecise nel dimensionamento del lotto di riordino, la cui quantità viene scelta senza considerare il costo d'ordine e soprattutto il costo di mantenimento a scorta.

In particolare, l'ufficio acquisti è solito ordinare una quantità di pannelli per il Lotto 1 pari al "lotto minimo", che in genere corrisponde a due pacchi di pannelli, semplicemente perché al di sotto di tale dimensione il fornitore applicherebbe un sovrapprezzo. Sarebbe utile analizzare l'entità di tale costo e confrontarlo con quello di giacenza per capire se sia più conveniente pagare un prezzo d'acquisto maggiore a fronte di ridurre il rischio di obsolescenza.

L'acquisto di pannelli per la sezionatrice è, invece, affidato all'esperienza del caporeparto, che decide quantità e periodo di riordino per ciascun pannello. Il metodo è sicuramente efficace per i pannelli già in magazzino, perché difficilmente si verificherebbero rotture delle scorte in quanto la giacenza media risulta spesso molto alta. Al contempo l'elevato valore della giacenza media è il motivo per il quale questo metodo non risulta efficiente in termini di costi di magazzino e di occupazione dello spazio.

Inoltre, quando si introduce un pannello con una nuova finitura tra i modelli disponibili, essendo il Lead Time dei pannelli piuttosto lungo (dai 20 ai 40 giorni lavorativi) e data

la mancata esecuzione di approfondite analisi di mercato per prevedere la domanda, si procede ad acquistare una grande quantità di pannelli per evitare possibili stockout.

Tali scelte d'acquisto vanno ad aumentare notevolmente il rischio di obsolescenza dei pannelli, che è parte dei principali problemi che affliggono il magazzino, soprattutto per quelli con colori e finiture molto particolari, rivolte ad un segmento più di nicchia o caratterizzate da un ciclo di vita più breve.

## **11.2 Controllo delle Giacenze**

Altro aspetto migliorabile del magazzino è legato al controllo del livello delle giacenze. Come definito nei capitoli precedenti, per i pannelli del Lotto 1 queste sono aggiornate in tempo reale, in quanto il sistema scala la giacenza appena il pannello entra nella macchina e con ciò riesce ad ottenere un più preciso tracciamento dei consumi.

La situazione è diversa per i pannelli che andranno lavorati alla sezionatrice, in quanto la loro giacenza è aggiornata scaricando i consumi dalla distinta base.

Non si tratta di un metodo affidabile. Se un pannello si danneggia o se si effettua una lavorazione errata, i pannelli verranno sostituiti ma le quantità in scorta non saranno aggiornate. Infatti, i dati forniti dal sistema gestionale sulle quantità presenti in magazzino e il consumo giornaliero dei pannelli in questione, difficilmente corrispondono ai loro valori reali.

## **11.3 Movimentare i Pannelli**

Infine, movimentare i pannelli risulta piuttosto difficoltoso a causa delle loro dimensioni e del loro elevato peso specifico. Quando vengono sollevati dal carrello, i pannelli tendono a flettersi facilmente, quindi, movimentandoli spesso e su lunghe distanze, si va ad aumentare il rischio di danneggiarli e di avere problemi di qualità. Inoltre, come descritto in precedenza, anche prelevare un singolo pannello o una frazione del pacco può portare al danneggiamento del pannello stesso.

## 12. SOLUZIONE: NUOVO MAGAZZINO AUTOMATICO

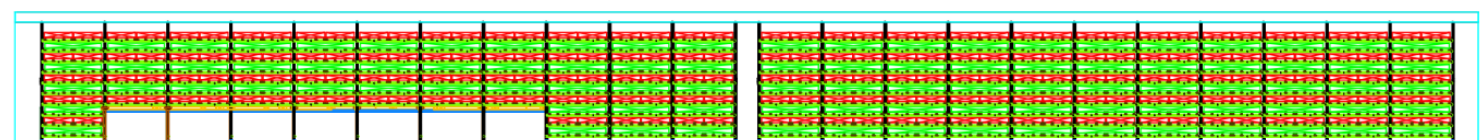
Lo scopo del capitolo è quello di analizzare la nuova soluzione (Figura 12.6) che l'azienda sta studiando per creare una nuova sistemazione per tutti i pannelli del Lotto 1 e della sezionatrice angolare. Inoltre, nel progetto, il nuovo magazzino dovrà stoccare anche le barre in uscita dalla sezionatrice (le barre sono ottenute tagliando longitudinalmente i pannelli).

L'obiettivo è quello di liberare i posti nel magazzino del Lotto 1 per ottenere più spazio da dedicare agli scarti rilavorabili e liberare lo spazio a terra nell'attuale Magazzino Pannelli per poter inserire una sezionatrice angolare.

### 12.1 Caratteristiche Generali

Il nuovo magazzino definito nel progetto è un magazzino intensivo autoportante automatizzato servito da un trasloelevatore. Occuperà una superficie di  $(145,300 \times 8,300)$  m<sup>2</sup> e raggiungerà un'altezza di 13 m.

La struttura autoportante è caratterizzata da due scaffalature parallele con 22 colonne di vani di carico ciascuna. La luce interna del vano sommata allo spessore di un montante misurerà 1,050 m.



**Figura 12.1:** Vista longitudinale del nuovo magazzino.

La forma del magazzino in progetto è stata disegnata considerando due principali vincoli costruttivi:

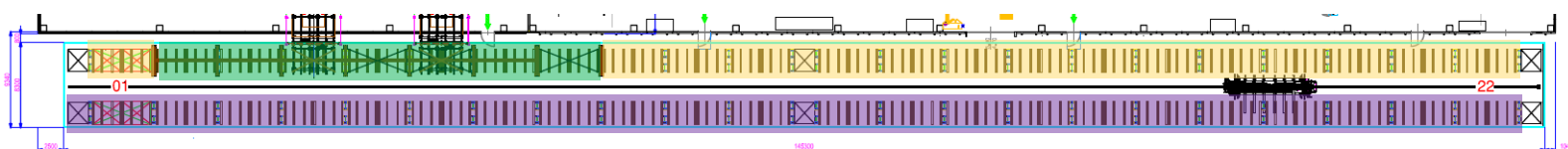
- *Vincolo d'altezza:* l'elevato peso specifico dei pannelli che la struttura dovrà sostenere limita l'altezza del magazzino;
- *Vincolo in larghezza:* non sarà possibile inserire più di due scaffalature parallele in quanto l'impianto è locato nelle vicinanze del fiume Potenza.

## 12.2 Potenzialità Ricettiva

Le scaffalature sono divise in tre blocchi: A, B e B1 (Figura 12.2), ognuno dei quali sarà caratterizzato da un numero diverso di vani come riportato in Tabella 12.1.

**Tabella 12.1:** Caratteristiche dei blocchi

TIPOLOGIA BLOCCO	NUMERO COLONNE	NUMERO LIVELLI	NUMERO PROFONDITA'	TOTALE VANI
BLOCCO A	22	10	1	220
BLOCCO B	15	10	1	150
BLOCCO B1	7	7	1	49
TOTALE A MAGAZZINO				419



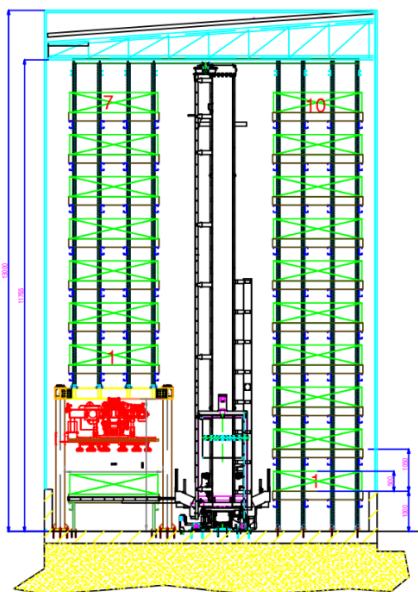
Legenda:

- Blocco A
- Blocco B
- Blocco B1

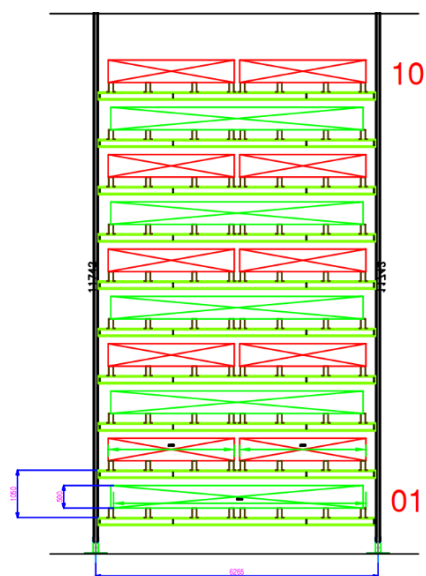
**Figura 12.2:** Vista in pianta del nuovo magazzino divisa nei 3 blocchi.

Il numero di livelli di carico disponibili varieranno quindi da 7 a 10, a seconda del blocco di appartenenza e il numero totale dei vani sarà pari a 419.

Il blocco B1 avrà 3 livelli di carico in meno degli altri due. Questo perché B1 conterrà i punti di Input – Output del magazzino e altre postazioni di cui il trasloelevatore si servirà per depositare temporaneamente le unità di carico e dove quest'ultime potranno essere riorganizzate grazie ad un robot munito di ventose.



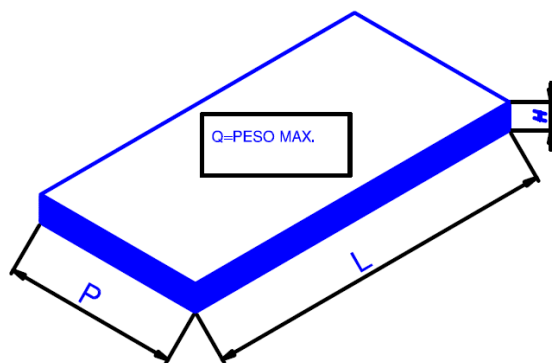
**Figura 12.3:** Vista in alzata del nuovo magazzino.



**Figura 12.4:** Finestra di carico del nuovo magazzino.

### 12.3 Unità di Carico

Nello studio preliminare del nuovo magazzino automatico sono state definite due tipologie di *unità di carico* (Figura 12.5), le loro caratteristiche sono enunciate nella Tabella 12.2.



**Figura 12.5:** Unità di carico.

**Tabella 12.2:** Caratteristiche delle unità di carico definite.

L=LUNGHEZZA	P=PROFONDITA'	H=ALTEZZA	Q=PESO
5600 mm	2200 mm	500 mm	4650 kg
2800 mm	2200 mm	500 mm	2325 kg

Ogni vano è progettato per avere la capacità necessaria per contenere solo una unità di carico di formato maggiore o due UdC di dimensione minore (Figura 12.4). Quest'ultima corrisponde unicamente ai pannelli del Lotto 1 di formato di 2800 mm, mentre l'altra comprende tutti i pannelli restanti e le barre.

## 12.4 Trasloelevatore

Il sistema di stoccaggio sarà servito da un trasloelevatore che si muoverà lungo il corridoio che separa le due scaffalature. Sarà equipaggiato con delle forche doppie in modo da poter prelevare i pannelli e le barre da entrambi i lati.

Le velocità verticali e orizzontali non sono ancora state definite in quanto la progettazione è solo alla fase preliminare. Di conseguenza non è stato possibile calcolare la potenzialità, in termini di *cicli combinati/ora*, del sistema.

## 12.5 Entità dei Flussi dei Materiali

Il magazzino sarà collegato alle sezionatrici e ad una baia di carico – scarico, posizionata strategicamente vicino alla zona di ricevimento merci, da un sistema di movimentazione rigido.

Questi convogliatori saranno utilizzati per gestire i seguenti flussi:

- *Flussi in Ingresso* (al magazzino):
  - dal punto I/O, rappresentati dai pacchi interi scaricati dagli automezzi;
  - dalla sezionatrice posizionata frontalmente al magazzino, costituito dalle pile delle barre in uscita dalla macchina;
- *Flussi in Uscita* (dal magazzino):
  - verso le 3 sezionatrici angolari, corrispondente ad un certo numero di pannelli impilati;
  - verso il punto I/O, rappresentati da un pannello singolo o una pila di pannelli che dovranno essere lavorati nel Lotto 1 o inseriti nel magazzino corrispondente.

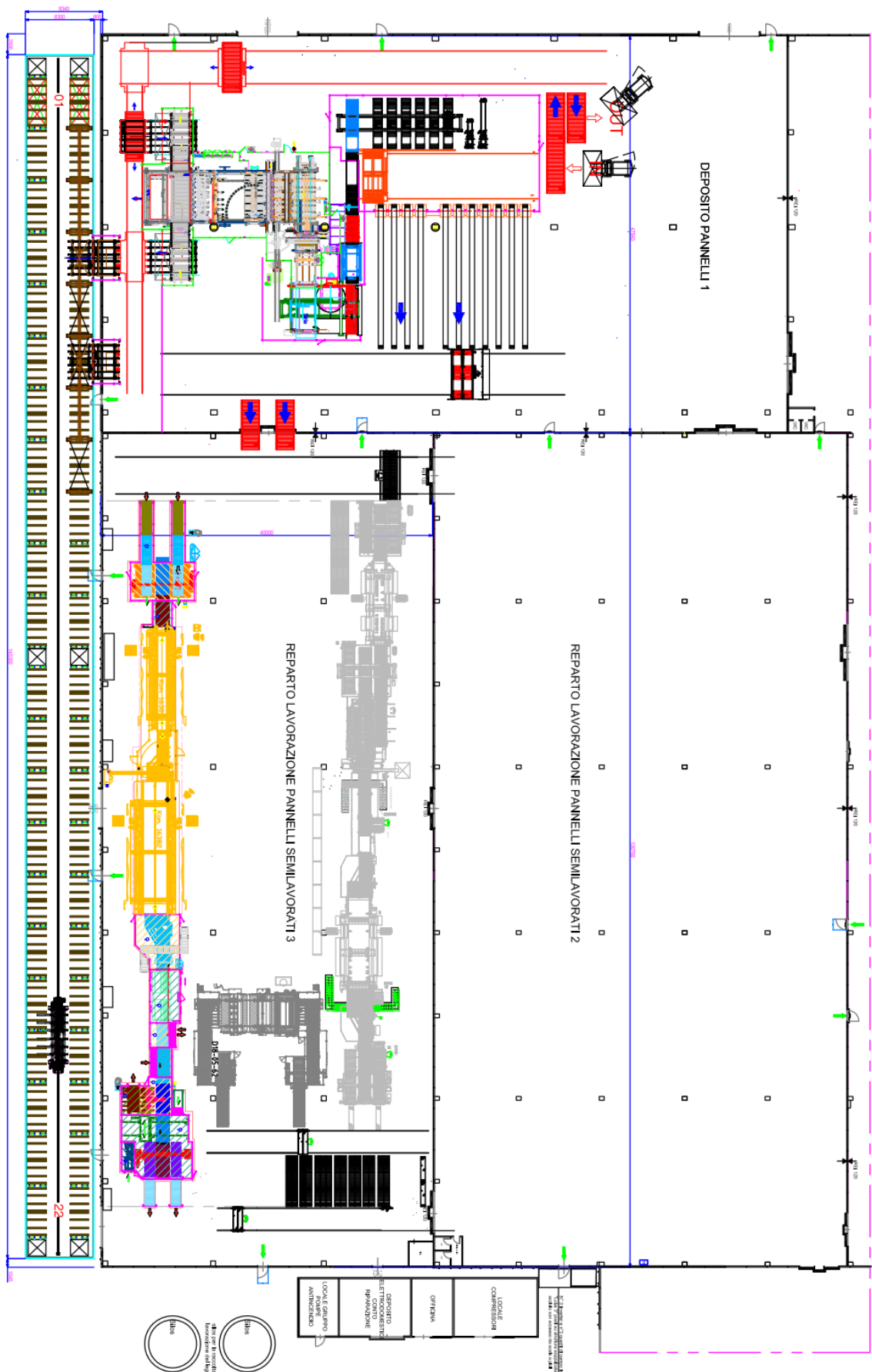


Figura 12.6. Layout della nuova soluzione progettata.



## **12.6 Vantaggi principali**

Il principale vantaggio della nuova soluzione è rappresentato dal migliore utilizzo dello spazio e, di conseguenza, un migliore rendimento delle aree e dei volumi. Infatti, sia l'indice di saturazione superficiale sia l'indice di saturazione volumetrica sono sostanzialmente più alti nel nuovo magazzino in progetto.

Il nuovo sistema di stoccaggio garantirà un maggiore controllo sulle giacenze e permetterà di conoscere ad ogni istante i valori reali dei pannelli e delle barre in magazzino. Ciò potrà consentire all'azienda di introdurre un nuovo sistema di acquisti basato su ordini di dimensione minore ma, allo stesso tempo, più frequenti. Di conseguenza LUBE potrà ridurre le proprie giacenze di materie prime e affrontare, così, minori costi di immagazzinamento.

Automatizzando il magazzino, il processo di movimentazione e trasporto dei materiali sarà più accurato: si ridurrà l'incidenza degli errori accidentali e si abbasserà la probabilità di danneggiare i pannelli. Infatti, il nuovo sistema movimenterà le barre e i pannelli con una precisione maggiore, il che consentirà di diminuire gli sprechi e i pezzi con problemi di qualità.

Un altro importante vantaggio è legato alla riduzione dei tempi di stoccaggio, di movimentazione e di picking.

La nuova soluzione permetterà, inoltre, di conoscere con precisione i flussi e i consumi di ogni singolo codice in giacenza. Questa tracciabilità sarà molto utile per ottimizzare ulteriormente le movimentazioni e raggiungere valori sempre maggiori di efficienza. Consentirà, in aggiunta, di monitorare costantemente le prestazioni del sistema, così da poter prevedere e risolvere anticipatamente possibili problemi e criticità.

Infine, l'utilizzo dei carrelli elevatori diminuirà, riducendo di conseguenza il rischio infortuni e possibilmente aumentando la vita utile del mezzo.

## **12.7 Svantaggi principali**

Come tutte le soluzioni automatizzate, anche questo magazzino richiederà un grande investimento iniziale ma, essendo LUBE una grande azienda, ciò non rappresenterà un problema.

Un ulteriore svantaggio legato alle caratteristiche tipiche dei sistemi automatici è quello rappresentato dalla scarsa flessibilità del magazzino, nei confronti delle caratteristiche delle unità di carico, nel riutilizzo alternativo degli spazi e nel ridisegno del layout. Inoltre, sarà necessario gestire efficientemente l'impianto e mantenerlo con frequenza.

In conclusione, considerando i vantaggi sopraelencati, è possibile affermare che la soluzione in progetto presenta tutte le potenzialità per risolvere i problemi che affliggono il magazzino attuale, descritti nel capitolo "Definizione del Problema".

## 13. ANALISI DELLA NUOVA SOLUZIONE

Il seguente capitolo è dedicato all'analisi dettagliata del progetto del nuovo magazzino automatico e a valutare se codesta soluzione possa essere ritenuta adeguata alle richieste dell'azienda o se, invece, presenta eventuali criticità e possibili incongruenze.

### 13.1 Spessori dei pacchi

Inizialmente, l'idea del progetto era quella di inserire solo un singolo pacco di pannelli per ogni vano. Questa scelta porterebbe a due grandi inefficienze del sistema di stoccaggio. La prima è legata al fatto che verrebbe sprecato molto spazio nel vano, in quanto alcuni pacchi di pannelli hanno uno spessore minore dell'altezza dell'UdC presa in considerazione, si andrebbe così a sprecare molto spazio a disposizione.

Al contempo altri pacchi sono invece più spessi dell'altezza massima scelta per le unità di carico.

A supporto di quanto asserito, la Tabella 13.1 confronta l'altezza di un insieme di pacchi di pannelli acquistati dall'azienda, che è funzione dello spessore del singolo pannello e del numero di pannelli in un pacco (*Multiplo*), con l'altezza dell'UdC definita nel progetto.

**Tabella 13.1:** Confronto tra l'altezza di un pacco con l'altezza dell'UdC.

Spessore Pannelli (mm)	MULTIPLIO (nr)	Altezza di 1 Multiplo (mm)
16	24	384
18	20	360
18	10	180
18	25	450
18	28	504
19	20	380
19	24	456
20	25	500
22	10	220
22	20	440
22	25	550

**Legenda:**

xxx rimane spazio disponibile nel vano

xxx vano pieno

xxx pacco non stoccabile nel vano

Questa incongruenza potrebbe essere risolta semplicemente ritrattando con i fornitori la quantità di pannelli nel singolo pacco, in modo che l'altezza della pila ottimizzi lo sfruttamento in altezza del vano.

In base a ciascun spessore, il numero ottimale di pannelli (*Nuovo Multiplo*) per ogni pacco sarebbe quello riportato in Tabella 13.2.

**Tabella 13.2:** Definizione del Nuovi Multipli.

Spessore	Nuovo Multiplo	Altezza del pacco (mm)	Spessore	Nuovo Multiplo	Altezza del pacco (mm)
Pannelli da 16 mm	31	496	Pannelli da 20 mm	25	500
Pannelli da 18 mm	27	486	Pannelli da 22 mm	22	484
Pannelli da 19 mm	26	494	Pannelli da 25 mm	20	500

Calcolando il peso di ciascun nuovo pacco di pannelli, considerando un peso specifico medio di 750 kg/m<sup>3</sup>, risultano tutti compatibili con la portata dei carrelli.

Se la soluzione di ritrattare con i fornitori risultasse non conseguibile, si potrebbe abilitare il sistema di stoccaggio a “rompere” il pacco e riorganizzare i pannelli nei *Nuovi Multipli* definiti in Tabella 13.2, in modo da sfruttare al meglio i 500 mm disponibili.

### 13.2 Dimensionamento del Magazzino

Per dimensionare la potenzialità ricettiva di un magazzino è importante utilizzare un valore della quantità di prodotti in magazzino che sia compreso tra la Giacenza Media e quella Massima. Dimensionandolo sulla base di quest'ultima il magazzino garantirebbe la copertura dei periodi di punta, ma dall'altra parte sarebbe spesso vuoto. Scegliendo invece come dato di partenza la giacenza media, il costo per

costruire l'impianto si ridurrebbe, ma si dovrebbe ricorrere frequentemente a risorse esterne, come ad esempio magazzini terzi.

Inizialmente i dati forniti dall'azienda non erano chiari, ma in seguito ad una analisi dei valori del consumo giornaliero ricavati dal sistema gestionale (per i pannelli del Lotto 1) e un confronto con il Caporeparto (per quelli delle sezionatrici angolari), si è potuto ipotizzare che i dati forniti (Tabella 13.3) potessero essere considerati una stima potenzialmente valida del valore di giacenza ricercato.

**Tabella 13.3:** Tabelle riassuntive dei dati iniziali forniti dall'azienda.

<u>Pannelli</u>	formati	referenze	totale giacenza
	4250	13	522
	3750	21	266
	3050	43	2025
	2800	163	9609
	5200 x casse	4	1700
	4250 x casse	14	2915
	<b>totale</b>	<b>258</b>	<b>17037</b>

<u>Barre</u>	formati	referenze	totale giacenza
	4250x147	26	520
	4250x297	26	1040
	4250x397	26	1040
	4250x447	26	2080
	4250x597	26	2080
	4250x747	26	520
	4250x897	26	1040
	4250x1197	26	260
	<b>totale</b>	<b>208</b>	<b>8580</b>

### 13.3 Capacità necessaria per i Pannelli

Si procede a calcolare il fabbisogno di vani necessari per stoccare i pannelli, per poi confrontarlo con la capacità disponibile. Sono state considerate diverse possibili configurazioni di pannelli in 1 vano. Si evidenzia che è necessario tenere sempre in considerazione che ogni vano può contenere due pacchi dei pannelli di formato 2800 mm e un solo pacco degli altri pannelli.

- **Configurazione #1:** Inserire in ogni vano solo pannelli con lo stesso codice (stessi colori, formato e spessore).

In particolare, per quelli di formato 2800 mm ciascuna pila sarà composta solo da pannelli dello stesso codice, ma le due pile in un vano possono corrispondere anche a codici diversi.

In questa configurazione i calcoli sono effettuati in modo tale da essere compatibili con entrambe le soluzioni indicate al paragrafo “Spessori dei Pacchi”.

Si tratta quindi della configurazione dei pannelli più adeguata e realistica.

Il calcolo è stato effettuato partendo dal dato sulla giacenza e sulla quantità di pannelli di ogni codice che riuscirebbero ad entrare nei 500 mm (altezza dell’UdC). Si è, quindi, proceduto a calcolare il numero di vani necessari per ogni codice, dividendo la giacenza per le quantità di pannelli inseribili in un vano e arrotondando il risultato per eccesso, in modo da ottenere un numero intero.

*I calcoli non vengono riportati nel trattato per l’ingente volume di dati presi in considerazione (la procedura sopraelencata è stata ripetuta per tutte le 258 referenze che corrispondono ad una giacenza totale di 17037 pannelli).*

Sommando tutti i valori ottenuti, il numero di *vani necessari* è risultato pari a **571**.

- **Configurazione #2:** Inserire in ogni vano solo pannelli con lo stesso formato e lo stesso spessore (mescolandoli per codice).

Questa configurazione è compatibile solo nel caso in cui si possa abilitare il sistema di stoccaggio a “rompere” il pacco e riorganizzare i pannelli nei Multipli definiti nella Tabella 13.2.

Il risultato è stato ottenuto sommando i dati sulle giacenze di pannelli con spessore e formato coincidente, dividendolo per il numero di pannelli per ogni vano a seconda dello spessore, così come riportato in Tabella 13.4.

**Tabella 13.4:** Calcolo vani necessari.

	<i>Formati</i>	<i>Spessore</i>	<i>Giacenza</i>	<i>Vani Necessari</i>
	4250	18	336	13
	4250	22	186	9
	3750	18	224	9
	3750	22	42	2
	3050	18	548	21
	3050	22	1077	49
	3050	25	400	20
2 UdC in 1 vano	2800	16	296	5
	2800	18	4938	92
	2800	19	1107	22
	2800	20	209	5
	2800	22	3059	70
	5200 x casse	18	1700	63
	4250 x casse	18	2915	108
<b>Totale vani</b>				<b>488</b>

Questa configurazione richiede un numero di *vani necessari* pari a **488**.

- **Configurazione #3:** Inserire in ogni vano solo pannelli con lo stesso spessore (mischiandoli sia per codice sia per formato).

Anche questa soluzione, come la precedente, è realizzabile solo se sia ammesso “rompere” il pacco e riorganizzare i pannelli nei Multipli definiti nella Tabella 13.2.

Il calcolo si basa semplicemente sulla somma dei valori della giacenza riportata nella Tabella 13.4 per pannelli con stesso spessore, differenziando solo i pannelli di formato 2800 mm in quanto corrispondono ad un’unità di carico diversa. Dividendo i valori ottenuti per la quantità di pannelli stoccabili in un vano a seconda dello spessore, si ottengono i valori riportati in Tabella 13.5.

**Tabella 13.5:** Calcolo vani necessari.

	<i>Spessori</i>	<i>Giacenza</i>	<i>Vani Necessari</i>
<i>UdC</i> <i>2800</i>	16	296	5
	18	4938	92
	19	1107	22
	20	209	5
	22	3059	70
<i>UdC</i> <i>5600</i>	18	5723	212
	22	1305	60
	25	400	20
<b>Totale vani</b>			<b>486</b>

Scegliendo questa soluzione saranno *necessari 486 vani*.

In conclusione, pur andando a considerare solo la giacenza dei pannelli e pur analizzando diverse possibili configurazioni, nessuna di queste restituisce risultati compatibili con il numero di vani disponibili nel progetto del nuovo magazzino automatico.

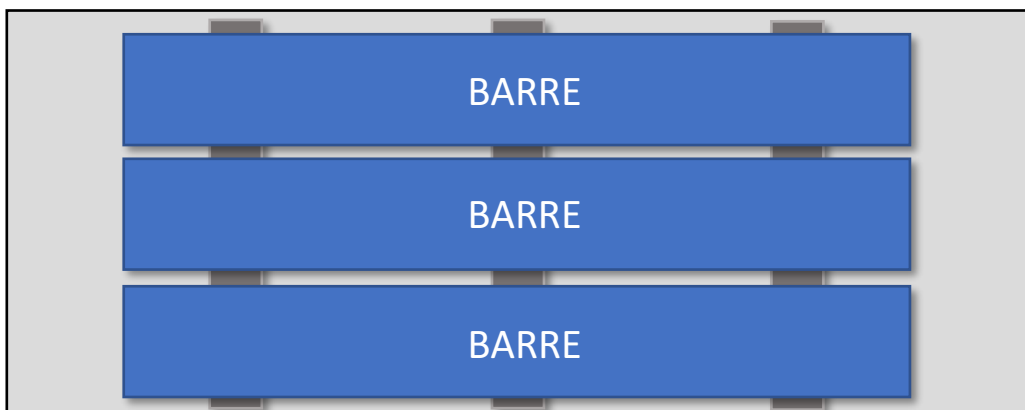
### 13.4 Capacità necessaria per le Barre

Prima di proseguire con il calcolo del numero di vani necessari per conservare tutte le barre, è importante spiegare come queste possano essere disposte nel singolo vano. Le barre sono ottenute tagliando longitudinalmente i pannelli in legno. Queste sono tutte caratterizzate dalla stessa lunghezza (4250 mm), ma da larghezza e spessore variabili.

Lo spessore suddivide le barre in due famiglie: Barre CREO (18 mm) e Barre LUBE (22 mm). Al loro interno le barre si differenziano poi per larghezza e colore.

La larghezza assume i seguenti formati (in millimetri) 147 – 297 – 397 – 447 – 597 – 747 – 897 – 1197. Quindi in tutti i casi, tranne col formato maggiore, le pile di barre in uscita dalla sezionatrice verranno inserite in ciascun vano affiancandole ad altre pile (Figura 13.1). Il numero di pile che è possibile inserire parallelamente nel singolo vano dipenderà strettamente dalla larghezza delle barre inserite.





**Figura 13.1:** Esempio di disposizione delle pile delle barre in un vano (visto dall'alto).

Anche in questo caso sono state considerate diverse possibili configurazioni. Queste si distinguono dal formato e dal colore delle barre inserite nel vano e dal colore delle barre che compongono la singola pila.

Sono stati ottenuti i seguenti risultati:

- **Configurazione #1:** Inserire nel vano solo barre della stessa larghezza (stesso formato) e comporre le singole pile con barre di colore uguale e stesso formato. Le pile in un vano possono corrispondere a colori diversi.

Il calcolo inizia considerando lo spessore delle singole barre, così da analizzare quante ne possano rientrare nell'altezza dell'UdC definita dal progetto: rispettivamente, 22 Barre LUBE e 27 Barre CREO. Facendo, quindi, il rapporto tra la giacenza di ogni barra e questi valori si ottengono i numeri di pile formate dalla sovrapposizione delle barre dello stesso colore e formato.

Prendendo in considerazione la larghezza dell'UdC e quella delle singole barre, si procede a calcolare quante pile corrispondenti a barre dello stesso formato possano essere stipate in un singolo vano (Tabella 13.6).

**Tabella 13.6:** Numero di pile che rientrano nella larghezza dell'UdC (2200 mm).

Larghezza Barre (mm)	Pile che entrano in larghezza
147	14
297	7
397	5
447	4
597	3
747	2
897	2
1197	1

Il calcolo procede sommando le pile necessarie per ogni formato tenendo separate le Barre CREO dalle Barre LUBE. Dividendo tale risultato con i valori della Tabella 13.6, si ricavano le quantità di vani necessari per ciascun formato di barre (Tabella 13.7). Il valore complessivo di vani richiesti è pari a **143**.

**Tabella 13.7:** Numero di vani necessari per la configurazione #1.

	Formato	Pile sommate per formati	Pile in larghezza	Vani necessari	
<u>Barre CREO</u>	147	10	14	1	
	297	20	7	3	
	397	20	5	4	
	447	30	4	8	
	597	30	3	10	
	747	10	2	5	
	897	20	2	10	
	1197	10	1	10	
				51	Tot CREO
<u>Barre LUBE</u>	147	16	14	2	
	297	32	7	5	
	397	32	5	7	
	447	64	4	16	
	597	64	3	22	
	747	16	2	8	
	897	32	2	16	
	1197	16	1	16	
				92	Tot LUBE
				<b>143</b>	<b>TOT</b>

- **Configurazione #2:** Inserire nel vano solo barre della stessa larghezza (stesso formato) e comporre le singole pile con barre di colore diverso, ma di formato uguale.

Il risultato è ottenuto seguendo la stessa logica della configurazione #1, ma invece di iniziare dalla giacenza di ogni singolo tipo di barra, si utilizzerà la somma delle giacenze delle barre di uguale larghezza (separando sempre le barre CREO dalle barre LUBE).

Si ottengono i risultati descritti nella Tabella 13.8. Saranno necessari **120** vani.

**Tabella 13.8:** Numero di vani necessari per la configurazione #2.

	Formato	Somma Giacenza	Pile in larghezza	Pile per formati	Vani necessari	
<u>Barre CREO</u>	147	200	14	8	1	
	297	400	7	15	3	
	397	400	5	15	3	
	447	800	4	30	8	
	597	800	3	30	10	
	747	200	2	8	4	
	897	400	2	15	8	
	1197	100	1	4	4	
					41	Tot CREO
	Formato	Somma Giacenza	Pile in larghezza	Pile per formati	Vani necessari	
<u>Barre LUBE</u>	147	320	14	15	2	
	297	640	7	30	5	
	397	640	5	30	6	
	447	1280	4	59	15	
	597	1280	3	59	20	
	747	320	2	15	8	
	897	640	2	30	15	
	1197	160	1	8	8	
					79	Tot LUBE
					<b>120</b>	<b>TOT</b>

- **Configurazione #3:** Inserire nel vano barre dello stesso colore ma pile di formati diversi e comporre le singole pile con barre dello stesso colore e stesso formato. Il procedimento risulta più complesso in questa configurazione. Si parte dal fatto che ogni singolo colore è presente in tutti i diversi formati descritti precedentemente. Le quantità di barre corrispondenti ad ogni formato sono le stesse per ogni singolo colore. Quindi è possibile calcolare per ogni colore il numero di pile che si andrebbero a formare impilando barre della stessa larghezza, come definito nella Tabella 13.9.

**Tabella 13.9:** Numero di pile necessarie calcolate per formato, per un singolo colore.

	Formati	Pile per formati		Form.	Pile per formati
<b>BARRE COLORE # CREO</b>	147	1	<b>BARRE COLORE # LUBE</b>	147	1
	297	2		297	2
	397	2		397	2
	447	3		447	4
	597	3		597	4
	747	1		747	1
	897	2		897	2
	1197	1		1197	1
numero colori 10			numero colori 16		

Considerando questi valori, si procede col definire un problema di programmazione lineare che ricerchi la composizione ottimale per sistemare tutte le pile di diversa larghezza (ma composte da barre dello stesso colore e stesso formato) nel minor numero di vani possibile.

Descrivendo brevemente il modello matematico utilizzato:

- la *matrice dei coefficienti tecnologici* corrisponde alle larghezze delle pile  $L_{ij}$
- le *variabili*  $q_{ij}$  indicano il numero di pile di formato  $j$  da inserire nel vano  $i$ .
- il 1° *vincolo* a cui è sottoposto il problema impone che la sommatoria delle variabili su  $i$  (numero di pile per ogni formato inserite nei vani) sia obbligatoriamente uguale ai valori indicati dalla Tabella 13.9 (numero di pile totale per formato). Garantisce quindi che tutte le pile siano inserite nei vani.

$$\sum_i q_{ij} = \text{tot pile di formato } j$$

- il 2° vincolo definisce che la sommatoria di  $q_{ij} * L_{ij}$  su  $j$  (larghezza totale delle pile affiancate nel vano) sia minore o uguale alla larghezza dell'UdC.

$$\sum_j (q_{ij} * L_{ij}) \leq 2200$$

Il problema è stato risolto applicando il metodo di risoluzione Simplex PL.

La soluzione ottima trovata definisce che il numero minimo di vani necessari è pari a 4 vani per le barre CREO ed a 5 vani per le barre LUBE.

La soluzione corrisponde alla configurazione descritta nelle Tabelle 13.10 e 13.11.

**Tabella 13.10:** Numero di vani necessari per tutte le Barre CREO.

	Formato	Pile per formati	Numero del Vano (q.tà di pile)
<b>BARRE COLORE # CREO</b>	147	1	3(1)
	297	2	4(2)
	397	2	1(1) - 2(1)
	447	3	1(1) - 2(2)
	597	3	3(2) - 4(1)
	747	1	3(1)
	897	2	2(1) - 4(1)
	1197	1	1
<i>per 1 colore</i>			4 vani
<i>per 10 colori</i>			<b>40 vani</b>

**Tabella 13.11:** Numero di vani necessari per tutte le Barre LUBE.

	Formato	Pile per formati	Numero del Vano (q.tà di pile)
<b>BARRE COLORE # LUBE</b>	147	1	4(1)
	297	2	1(1) - 5(1)
	397	2	4(1) - 5(1)
	447	4	1(1) - 2(2) - 4(1)
	597	4	2(1) - 3(1) - 5(1)
	747	1	3(1)
	897	2	1(1) - 5(1)
	1197	1	4(1)
<i>per 1 colore</i>			5 vani
<i>per 16 colori</i>			<b>80 vani</b>

Il numero totale di vani richiesti se le barre vengono poste nella configurazione #3 è pari a **120 vani**.

### 13.5 Risultato dell'analisi delle configurazioni

Riassumendo, le diverse configurazioni analizzate definiscono necessario il numero di vani descritto nella Tabella 13.12.

**Tabella 13.12:** Risultati ottenuti dall'analisi delle possibili configurazioni.

		Vani Necessari	Vani Disponibili nel progetto 419
Pannelli	Configurazione #1	571	
	Configurazione #2	488	
	Configurazione #3	486	
Barre	Configurazione #1	143	
	Configurazione #2	120	
	Configurazione #3	120	

Si può dedurre sulla base delle analisi effettuate, che qualsiasi sarà la configurazione scelta per disporre i pannelli e le barre nei vani disponibili, la capacità del magazzino risulterà sempre sottodimensionata rispetto il livello delle giacenze.

In conclusione, se si vanno a considerare solo le configurazioni più realistiche, quindi la Config.#1 per i pannelli e la Config.#3 per le barre, in quanto sono più coerenti rispetto l'entità dei flussi che caratterizzeranno il nuovo magazzino, il numero necessario di vani sarebbe pari a **691**, a fronte dei 419 vani disponibili. La quantità di vani richiesta è decisamente maggiore di quella dei vani a disposizione.

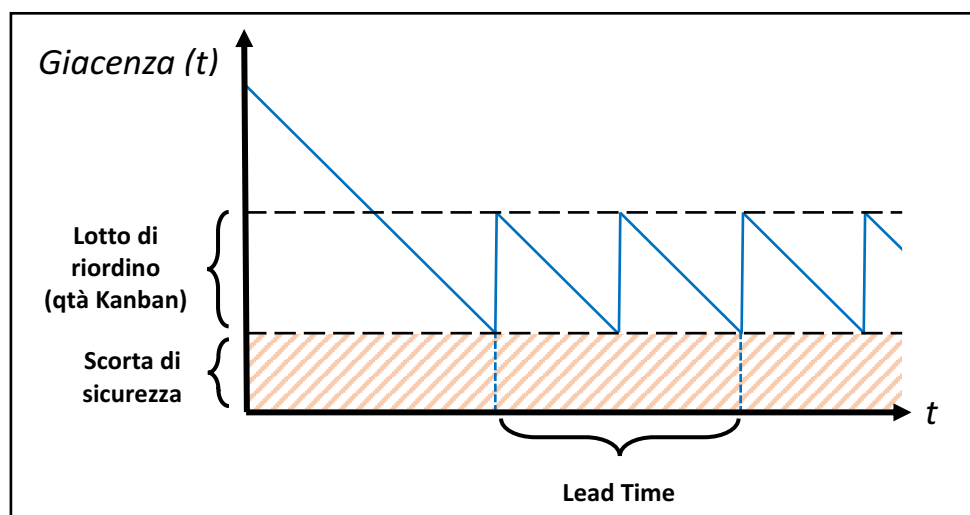
## 14. SOLUZIONI PROPOSTE

Lo scopo di questo capitolo è quello di cercare e valutare possibili soluzioni per risolvere il problema sorto durante l'analisi del progetto del magazzino. Nello studio si considereranno solo le configurazioni più realistiche, definite alla fine del capitolo precedente. Considerando che le dimensioni del magazzino sono vincolate, aumentare la capacità di stoccaggio non potrà essere considerata una possibile soluzione, soprattutto perché questa dovrebbe essere quasi raddoppiata.

### 14.1 Introduzione Kanban

Una potenziale soluzione sarebbe rappresentata dal diminuire il livello delle giacenze dei pannelli nel nuovo magazzino automatico. Una riduzione sostanziale della quantità stoccata può essere ottenuta utilizzando un nuovo metodo di acquisto e considerando eventualmente anche lo sfruttamento, in modo totale o parziale, del magazzino del Lotto 1.

La soluzione consisterebbe nel dimensionare ciascun lotto di acquisto dei pannelli implementando la gestione kanban. Questo metodo di dimensionamento è già stato implementato su circa 21 codici dei pannelli del Lotto 1. Potenzialmente la riduzione della giacenza conseguibile ricade nell'intervallo del 25% fino al 50% (Giulioni, 2019).



**Figura 14.1:** Andamento della giacenza nel tempo in seguito all'introduzione della gestione kanban (Giulioni, 2019).

Ipotizzando, quindi, una riduzione conservativa della quantità in stock solo del 30%, si procede ad analizzare due casi studio:

- Caso A) Riduzione del 30% solo delle giacenze dei *codici del Lotto 1*;
- Caso B) Riduzione del 30% di *tutti i codici* dei pannelli.

Ricordando che il magazzino del Lotto 1, ha a disposizione 83 posti a terra dove poter depositare i pannelli, di cui 53 di dimensione 2800x2200 mm e i restanti 30 di formato 4250x2200 mm. I pannelli possono essere sovrapposti a formare pile di altezza massima pari a 1400 mm.

Nei casi di studio descritti in seguito si introducono delle possibili configurazioni che valutano la rimozione di alcuni pannelli dal nuovo magazzino e la loro inserzione nel sistema di stoccaggio del Lotto 1. Nella Tabella 14.1 si espone brevemente il numero di vani del nuovo magazzino e le posizioni del magazzino del Lotto 1 che verrebbero alternativamente occupati dagli stessi pannelli a seconda del magazzino scelto per il loro stoccaggio.

**Tabella 14.1:** Quanto occuperebbero gli stessi pannelli se venissero stoccati in uno dei due magazzini in analisi.

	Spessore	Pann. in 1400 mm	Giacenza	Posti necessari L1	Vani necessari M.nuovo
pannelli 2800	16	87	208	3	6
pannelli 2800	18	77	3969	52	91
pannelli 2800	19	73	887	13	23
pannelli 2800	20	70	209	3	4
pannelli 2800	22	63	2415	39	68
			<i>tot</i>	<i>110</i>	<i>192</i>

	Spessore	Pann. in 1400 mm	Giacenza	Posti necessari L1	Vani necessari M.nuovo
pannelli 3050	18	77	384	5	23
pannelli 3050	22	63	774	13	45
pannelli 3050	25	56	280	5	16
			<i>tot</i>	<i>23</i>	<i>84</i>

	Spessore	Pann. in 1400 mm	Giacenza	Posti necessari L1	Vani necessari M.nuovo
pannelli 4250	18	77	236	4	13
pannelli 4250	22	63	181	3	11
			<i>tot</i>	<i>7</i>	<i>24</i>

	Spessore	Pann. in 1400 mm	Giacenza	Posti necessari L1	Vani necessari M.nuovo
pannelli 3750	18	77	155	3	15
pannelli 3750	22	63	30	1	5
			<i>tot</i>	<i>4</i>	<i>20</i>



## 14.2 Analisi Caso A

Se la riduzione delle giacenze coinvolgerà solo i pannelli del Lotto 1, il numero di vani necessari per il loro stoccaggio scenderà a **492**, da sommare poi ai 120 vani necessari per conservare le barre. Confrontando tale valore con i 419 vani disponibili, si dovrà ovviare alla mancanza di 193 vani.

Si procede con la valutazione di alcune possibili configurazioni della giacenza considerando anche lo sfruttamento totale o parziale del magazzino del Lotto 1.

Ipotizzando che in quest'ultimo i pannelli possano essere mescolati nelle pile per colori ma formato e spessori debbano essere uguali.

I risultati ottenuti sono riassunti brevemente nella Tabella 14.2.

**1° Soluzione:** Riempire il magazzino del Lotto 1, inserendo i pannelli di formato 3050 mm, 3750 mm e quelli con spessore pari a 19/20/22 mm di dimensione 2800 mm.

Si andrebbe, così, a ridurre la richiesta di vani di 199 unità. I vani effettivamente occupati nel nuovo magazzino dalle barre e dai pannelli scenderebbero a **413**.

Il magazzino del Lotto 1 avrebbe solo una singola postazione libera.

**2° Soluzione:** Riempire il magazzino del Lotto 1, massimizzando il numero di vani liberi nel nuovo magazzino.

Il numero massimo è stato trovato utilizzando un problema di programmazione lineare con queste caratteristiche:

- La *funzione obiettivo* massimizza il numero di vani "teorici" liberati

$$\max Z = \sum_j (x_j * v_j)$$

- Le *variabili*  $x_j$  sono binarie. Saranno uguali ad 1, se e solo se i pannelli di *tipo*  $j$  (formato e spessore uguale) vengono inseriti nel magazzino del Lotto 1, altrimenti il loro valore sarà zero;
- I *coefficienti di costo*  $v_j$  sono rappresentati dai vani necessari per stoccare i pannelli di *tipo*  $j$  nel nuovo magazzino;

- La *matrice dei coefficienti tecnologici* corrisponde, invece, ai posti necessari  $p_j$  per stoccare i pannelli di *tipo j* nel magazzino del Lotto 1;
- I *vincoli* impongono che la sommatoria del prodotto tra le variabili (i pannelli spostati nel magazzino del Lotto 1) e i corrispondenti posti necessari sia minore uguale a 53 per i pannelli di formato 2800 mm e minore uguale a 30 per i pannelli di dimensione maggiore.

$$\sum_j (x_j * p_j) \leq 53 \text{ con } j \text{ pannelli di formato 2800 mm}$$

$$\sum_j (x_j * p_j) \leq 30 \text{ con } j \text{ pannelli di formato maggiore a 2800 mm}$$

La riduzione del fabbisogno di vani ottenuta risolvendo il problema è di 206 unità. I vani effettivamente occupati del magazzino nuovo sarebbero **406**, quindi si avrebbero a disposizione 13 vani vuoti. Nel magazzino del Lotto 1 rimarrebbe solo una postazione libera.

**3°Soluzione:** Massimizzare i posti liberi nel magazzino del Lotto 1, riempiendo completamente il nuovo magazzino.

È stato utilizzato lo stesso modello della configurazione precedente modificato, introducendo il vincolo di uguaglianza per ridurre la richiesta precisamente di 193 vani (quelli in eccesso) e riscrivendo la funzione obbiettivo in modo da minimizzare la sommatoria dei pannelli inseriti nel sistema di stoccaggio a terra.

$$\min Z = \sum_j (x_j * p_j) \quad \forall j$$

In questo modo si andrebbero ad occupare tutti i **419** vani del nuovo magazzino. Il numero massimo di postazioni a terra che si riuscirebbero a liberare nel magazzino del Lotto 1 sono pari a 8.

**4°Soluzione:** Massimizzare i posti liberi nel magazzino del Lotto 1, considerando di poter aumentare la capacità di stoccaggio del nuovo magazzino, seppur di un solo

livello di carico. Sarebbero disponibili 44 vani in più, quindi la mancanza di vani da risolvere si ridurrà a 149.

È stato utilizzato lo stesso modello matematico definito sul punto precedente, andando solo a variare il vincolo di uguaglianza legato al numero di vani disponibili nel nuovo magazzino.

Risolvendo il problema, si ottiene che si riuscirebbe a liberare circa il 27% dei posti del magazzino del Lotto 1.

**Tabella 14.2:** Risultati ottenuti dall'analisi delle possibili configurazioni.

<u>CASO A</u>	<i>Nuovo Magazzino</i>	<i>Magazzino Lotto 1</i>	<i>Nuovo Magazzino</i>	<i>Magazzino Lotto 1</i>	<i>Nuovo Magazzino</i>	<i>Nuovo Magazzino</i>
<b>POSSIBILI SOLUZIONI</b>	<b>Variazione richiesta vani</b>	<b>posti occupati</b>	<b>vani occupati (pannelli + barre)</b>	<b>posti liberi</b>	<b>vani vuoti</b>	<b>Livelli di carico da aggiungere</b>
1°	-199	82	413	1	6	0
2°	-206	82	406	1	13	0
3°	-193	75	419	8	0	0
4°	-149	61	463	22	0	1

### 14.3 Analisi Caso B

Se la riduzione delle quantità in stock coinvolgerà, invece, tutti i pannelli in giacenza il numero di vani necessari per il loro stoccaggio scenderà a **448**. Sommando i 120 vani per le barre in giacenza, si dovrà ovviare alla mancanza di 149 vani.

Anche in questo caso si procede con la valutazione di alcune possibili configurazioni della giacenza considerando anche lo sfruttamento totale o parziale del magazzino del Lotto 1. Sono stati utilizzati le stesse ipotesi del caso A e gli stessi dati di partenza indicati nella Tabella 14.1.

I risultati sono enunciati brevemente nella Tabella 14.3.

**1°Soluzione:** Riempire il magazzino del Lotto 1, inserendo i pannelli di formato 3050 mm, 3750 mm e quelli con spessore pari a 19/20/22 mm di dimensione 2800 mm.

Si andrebbe, così, a ridurre la richiesta di vani di 199 unità. I vani effettivamente occupati nel nuovo magazzino dalle barre e dai pannelli scenderebbero a **369**. Nel magazzino del Lotto 1 rimarrebbe solo una singola postazione libera.

**2°Soluzione:** Riempire il magazzino del Lotto 1, massimizzando il numero di vani liberi nel nuovo magazzino.

Il risultato è stato conseguito utilizzando lo stesso modello matematico descritto nella *2°Soluzione* del Caso A.

La riduzione del fabbisogno di vani ottenuta risolvendo il problema sarebbe di 206. I vani effettivamente occupati del magazzino nuovo sarebbero **362**, quindi si avrebbero a disposizione 57 vani vuoti. Nel magazzino del Lotto 1 rimarrebbe solo una postazione libera.

**3°Soluzione:** Massimizzare i posti liberi nel magazzino del Lotto 1, riempiendo completamente il nuovo magazzino.

È stato utilizzato lo stesso modello descritto nella *3°Soluzione* del Caso A, considerando i nuovi dati sulla giacenza dei pannelli della sezionatrice.

Il numero massimo di postazioni a terra che si riuscirebbero a liberare nel magazzino del Lotto 1, occupando completamente il nuovo magazzino, sono pari a 22.

**4°Soluzione:** Massimizzare i posti liberi nel magazzino del Lotto 1, considerando di poter aumentare la capacità di stoccaggio del nuovo magazzino, seppur di un solo livello di carico. Sarebbero disponibili 44 vani in più, quindi la mancanza di vani da risolvere si ridurrebbe a 105.

È stato utilizzato lo stesso modello matematico definito nella 4° Soluzione del Caso A. Risolvendo il problema, si ottiene che si riuscirebbero a liberare 55 posti del magazzino del Lotto 1, che corrispondono a due terzi delle postazioni a terra.

**5° Soluzione:** Tenere libero il 50% dei posti liberi nel magazzino del Lotto 1, considerando di poter aumentare la capacità di stoccaggio del nuovo magazzino di un livello di carico.

Anche in questa soluzione si sfrutterà lo stesso modello matematico dei punti precedenti, modificando i vincoli sui posti disponibili nel magazzino del Lotto 1.

Il risultato ottenuto sancisce che, per occupare solo la metà della capacità del sistema di stoccaggio del Lotto 1, si andrebbero a riempire 433 vani nel nuovo magazzino. Resterebbero disponibili 30 vani.

**Tabella 14.3:** Risultati ottenuti dall'analisi delle possibili configurazioni.

<b>CASO B</b>	<i>Nuovo Magazzino</i>	<i>Magazzino Lotto 1</i>	<i>Nuovo Magazzino</i>	<i>Magazzino Lotto 1</i>	<i>Nuovo Magazzino</i>	<i>Nuovo Magazzino</i>
<b>POSSIBILI SOLUZIONI</b>	<b>Variazione richiesta vani</b>	<b>posti occupati</b>	<b>vani occupati (pannelli + barre)</b>	<b>posti liberi</b>	<b>vani vuoti</b>	<b>Livelli di carico da aggiungere</b>
1°	-199	82	369	1	50	0
2°	-206	82	362	1	57	0
3°	-149	61	419	22	0	0
4°	-105	28	463	55	0	1
5°	-135	42	433	41	30	1

## 14.4 Considerazioni Finali

In entrambi i casi studiati, la riduzione delle giacenze, nonostante sia stata scelta pari ad un valore piuttosto conservativo, insieme all'occupazione parziale o totale del magazzino del Lotto 1, garantiscono di poter stoccare tutti i pannelli e le barre.

Si potrebbe considerare anche l'aggiunta di un ulteriore piano di carico nel nuovo magazzino, che permetterebbe di liberare fino al 67% della capacità del sistema di stoccaggio del Lotto 1, pur non andando ad intaccare in modo significativo il vincolo costruttivo sull'altezza della struttura (l'incremento necessario infatti sarebbe solo di 1,050 m).

Valutando anche un potenziale margine di errore, i risultati possono essere considerati allo stesso modo accettabili, in quanto tutte le soluzioni lasciano diversi vani vuoti o posti liberi che potrebbero assorbire gli errori derivanti dall'incertezza che caratterizza i dati di partenza.

## 15. CONCLUSIONI

Dallo studio effettuato si evince chiaramente che la modifica del layout e l'introduzione del nuovo sistema di stoccaggio automatico, costringa l'azienda a ridurre le quantità di pannelli in giacenza. Altrimenti, i due magazzini dedicati ai pannelli non avrebbero capacità sufficiente a stocarli tutti e l'area del magazzino attuale non sarebbe più utilizzabile in quanto occupata quasi interamente dalla sezionatrice angolare.

Inoltre, sarebbe importante dimensionare correttamente il pacco da inserire nel nuovo sistema di stoccaggio per sfruttare al meglio lo spazio in altezza del vano con una delle soluzioni proposte nel paragrafo 13.1.

La diminuzione del livello delle scorte contribuirebbe anche alla decrescita del costo di mantenimento a scorta, flusso economico che spesso non è valutato nell'azienda, ma che sicuramente incide nelle voci del bilancio.

Il processo di riduzione delle quantità stoccate potrebbe essere inizializzato a partire dai pannelli del Lotto 1, di cui si conoscono in modo preciso le quantità acquistate, i consumi e le loro variazioni in risposta alle oscillazioni della domanda.

Tale obiettivo è raggiungibile introducendo la gestione kanban, già sperimentata da tempo su una piccola frazione di codici. Si può quindi ritenere che l'azienda abbia sviluppato l'esperienza necessaria per estendere questo sistema ad altri pannelli, in tutta sicurezza, senza rischiare rotture di scorta.

Il nuovo magazzino automatico consentirebbe un tracciamento migliore dei flussi in entrata e in uscita dei pannelli lavorati alle sezionatrici angolari. Una volta ottenuti in modo preciso questi dati preziosi, si potrà procedere con l'introduzione della gestione kanban anche su questo tipo di pannelli, senza alcuna incertezza.

Questo processo permetterebbe di risparmiare ancora più spazio sul nuovo magazzino, da poter dedicare, ad esempio, ai nuovi pannelli che verranno introdotti in futuro. Allo stesso tempo, consentirebbe di continuare a liberare sempre un numero maggiore di postazioni a terra nel magazzino del Lotto 1 dove poter stoccare gli scarti rilavorabili in uscita dalla macchina, che sono in continua crescita.

# RINGRAZIAMENTI

Vorrei dedicare questo spazio alle persone che mi hanno accompagnato in questi tre ultimi anni e a coloro che hanno contribuito alla stesura di questo elaborato.

Ringrazio innanzitutto il mio relatore, Prof. Mohamad El Mehtedi, per avermi permesso di effettuare sotto la sua guida questa importante esperienza.

Ringrazio l'Ing. Carmine Dazj, per la sua infinita disponibilità e per le sue preziose indicazioni che mi ha sempre prontamente dato.

Proseguo col ringraziare, la Lube Industries S.r.l e il suo personale, in particolare l'Ing. Gianluca Pallotta per avermi consentito di svolgere lo stage nonostante le difficoltà di questo periodo, per avermi dato importanti consigli e per avermi spronato sempre a dare il meglio di me stesso.

Ringrazio la mia ragazza per essermi stata sempre accanto e per avermi sostenuto e aiutato anche nei momenti più difficili, non so se sarei stato in grado di raggiungere questo traguardo senza di lei.

Ringrazio tutti i miei amici e tutti coloro che ho conosciuto in questa bellissima avventura a Fermo, per aver contribuito ad aiutarmi a giungere fino a qui, senza di loro il cammino sarebbe stato sicuramente più duro e soprattutto piuttosto noioso.

Infine, vorrei ringraziare la mia famiglia ed in particolare i miei genitori, per avermi dato l'opportunità di intraprendere questa esperienza formativa e il cui supporto morale mi ha aiutato a trovare le motivazioni giuste per applicarmi con dedizione ed impegno allo studio.



# BIBLIOGRAFIA

F. Gabrielli, 2006, *Appunti di Programmazione e Controllo della Produzione*, Bologna, Pitagora Editrice.

M. Iannaccone, 2019, *Corso di Logistica*.

G. Snichelotto, 2018, *Studio del tempo ciclo di un sistema di trasloelevatori multi-profondità*.

A. Toniolo, 2013, *La gestione del magazzino*.

C. Maino, 2014, *Sistemi automatizzati innovativi per le attività di stoccaggio e prelievo all'interno dei centri distributivi*.

S. Pontarin, 2017, *Logistica e stagionalità nel dimensionamento del magazzino*.

M. Bevilacqua, 2019, *Appunti di Logistica Industriale*.

L. Giulioni, 2019, *Proposta nuova gestione KANBAN magazzino pannelli Lotto 1*.

M. Lupi, 2013, *Sistemi di movimentazione e stoccaggio nella logistica interna*.

Federation Europeene De La Manutention, 2003, *Performance Data of S/R Machines Cycle Times (9.851)*.

## SITOGRAFIA

< <https://www.cucinelube.it/>>

< <https://simcoconsulting.it/>>

< <https://www.mecalux.it/>>

< <http://www.mec-system.net/>>

< <https://www.campeotto.it/>>

< <https://www.logisticaefficiente.it/>>

< <https://www.ferrettogroup.com/>>

< <https://www.modula.eu/>>

< <https://www.acelli.it/>>