

# POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale  
in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale  
Lean-led Approach per il re-layout di un  
magazzino automotive



Relatore

Anna Corinna Cagliano

Correlatore

Emanuele La Trofa

Candidato

Irene De Chiara

Anno Accademico 2022/2023

Sommario	
Introduzione.....	5
Capitolo 1: Quadro teorico dell'analisi .....	6
1.1 Lo studio del Layout.....	6
1.1.1 Tipologie di Layout dell'area produttiva.....	8
1.1.2 Tipologie di Layout di magazzino.....	10
1.2 I sistemi di stoccaggio .....	11
1.3 Lean Manufacturing .....	14
1.3.1 La nascita del Lean Manufacturing .....	14
1.3.2 Gli strumenti del Lean Manufacturing .....	15
1.3.3 La politica del Just in Time .....	18
1.4 Lean re-layout di un magazzino .....	19
1.5 Sistemi ERP e WMS .....	20
Capitolo 2: L'azienda .....	22
2.1 La storia .....	22
2.2 I prodotti .....	23
2.3 Le linee di produzione .....	23
2.4 I magazzini.....	24
2.5 I mezzi di movimentazione .....	26
2.6 Gli imballi.....	29
2.7 Gli operatori.....	34
2.8 La gestione delle forniture.....	35
2.9 Il progetto in analisi.....	36
Capitolo 3: Il magazzino AS IS .....	38
3.1 Layout e descrizione del magazzino da analizzare .....	38
3.2 Postazioni di Picking e Refilling.....	46
3.3 Analisi dei flussi di materiale con codici gestiti e rispettivi volumi .....	47

3.4 Analisi dei flussi delle risorse umane e circuito del Mizusumashi .....	50
3.5 Individuazione sprechi di layout e classificazione nei 7 sprechi .....	56
3.6 Analisi con metodo 5 whys .....	58
Capitolo 4: Il magazzino TO BE.....	60
4.1 Obiettivi e requisiti di progetto per il magazzino To Be.....	60
4.2 Applicazione 5 S per l'individuazione delle azioni di miglioramento.....	61
4.3 Proposte di re-layout.....	62
4.4 Determinazione delle zone di ubicazione.....	73
4.5 Spaghetti Chart per le opzioni di re-layout .....	75
4.5.1 Analisi flussi waterspider .....	75
4.5.2 Analisi flussi Magazzinieri.....	79
Capitolo 5: Selezione del magazzino TO BE.....	84
5.1 KPI per il nuovo layout .....	85
5.2 Quantificazione degli effetti dei miglioramenti .....	87
5.3 Scelta dell'opzione migliore.....	91
Capitolo 6: Magazzino TO BE, Gestione nuova proposta di layout ..	93
6.1 Azioni di miglioramento.....	93
6.2 Gestione delle risorse con l'analisi tempi e metodi .....	99
6.2.1 Operatori Returnable – Magazzino Centrale.....	101
6.2.2 Operatori delle spedizioni.....	101
6.2.3 Operatori Supermarket- Magazzino Tunnel.....	103
6.2.4 Operatori Returnable- Magazzino Tunnel.....	104
6.3 Soluzione finale .....	105
Capitolo 7: Conclusioni.....	109
7.1 Benefici apportati dal lavoro di tesi .....	109

7.2 Limiti del lavoro di tesi .....	110
7.3 Passi futuri .....	110
Bibliografia.....	111
Sitografia .....	113

## Introduzione

La presente tesi di laurea propone un'analisi dettagliata del processo di re-layout di un magazzino presso un'azienda produttrice di pompe ad acqua per il mercato automotive. In particolare, l'obiettivo principale è stato quello di individuare le principali opportunità e le criticità legate all'espansione della potenzialità ricettiva del magazzino, valutando l'impatto di questa operazione sulla gestione logistica dell'azienda. Il lavoro è stato svolto utilizzando gli strumenti indicati dal metodo di gestione del Lean Manufacturing, che hanno consentito di valutare diversi scenari e di individuare la soluzione ottimale per l'espansione del magazzino.

In particolare, la tesi si è focalizzata sull'importanza di un'adeguata gestione dello spazio di stoccaggio all'interno del magazzino. Sono state analizzate le pratiche in uso per lo spostamento e l'immagazzinamento dei materiali, con particolare attenzione alla definizione delle diverse aree dedicate al picking, al refilling e allo stoccaggio sia della materia prima che del prodotto finito. Inoltre, sono stati considerati gli aspetti strutturali vincolanti per la definizione della nuova area di stoccaggio e i limiti relativi al numero di risorse operanti all'interno del magazzino. Grazie a un'attenta analisi di questi aspetti è stato possibile individuare le criticità e le opportunità di miglioramento legate all'espansione del magazzino, con un particolare interesse per le ricadute positive sui processi logistici dell'azienda.

Nel primo capitolo viene presentato un quadro teorico di riferimento utile per la comprensione delle tematiche trattate nei capitoli successivi, si introducono i concetti del Lean Manufacturing, gli strumenti in utilizzo e le definizioni teoriche di base riguardanti lo studio del layout. Successivamente, si passa a una presentazione dell'azienda in termini di storia, struttura e organizzazione. In tale capitolo si introduce il progetto in analisi che viene sviluppato nei capitoli successivi. Nel terzo capitolo si mostra una panoramica della situazione di partenza del magazzino da analizzare, si parte dalla definizione del layout per poi passare all'applicazione degli strumenti del Lean Manufacturing per lo studio dei flussi di magazzino, degli sprechi di layout e delle problematiche presenti. Sulla base di tali considerazioni, nel quarto capitolo sono sviluppate delle proposte di layout con i rispettivi flussi ipotizzati e da tali elaborazioni vengono quantificati gli effetti dei miglioramenti che si otterrebbero con le diverse proposte. Nel quinto capitolo vengono mostrate le motivazioni che hanno portato a selezionare la proposta finale. Nel sesto capitolo vengono definite delle azioni di miglioramento specifiche per la proposta selezionata e si ridefiniscono la distribuzione delle attività e dei carichi di lavoro per le singole risorse. Infine, vengono evidenziati i benefici e i limiti riguardanti il presente progetto, con un occhio anche ai passi futuri in essere.

La soluzione finale proposta, basata sulle logiche del Lean Manufacturing, fornisce un ottimo punto di partenza per migliorare l'efficienza operativa dell'azienda e ridurre i costi logistici. In termini quantitativi si ottiene un miglioramento della potenzialità ricettiva del magazzino del 46% e una riduzione dei tempi per le operazioni di picking e refilling del 10% e del 28%. In sintesi, rappresenta un esempio di applicazione degli strumenti del Lean Manufacturing per la comprensione e il miglioramento dei processi logistici in una realtà grande e complessa come quella di un'azienda produttrice operante nel settore automotive.

# Capitolo 1: Quadro teorico dell'analisi

Lo scopo del capitolo è di fornire un inquadramento teorico di base necessario per comprendere l'analisi svolta con un approccio Lean del re-layout di un magazzino supermarket interno a un'azienda produttrice operante nel settore automotive. Vengono innanzitutto presentati i principali concetti in merito allo studio di un layout generale e le diverse tipologie di layout che si possono scegliere per un magazzino e per un'area produttiva. Successivamente, viene definito il concetto di Lean Manufacturing e vengono spiegati i suoi metodi di analisi. Infine, vengono trattate le tecniche utilizzate per eseguire un'analisi di layout di un magazzino secondo i principi del Lean Manufacturing e vengono presentati gli strumenti WMS e ERP per la gestione contabile del magazzino.

## 1.1 Lo studio del Layout

Il sistema logistico aziendale deve consentire di realizzare il coordinamento dinamico tra vendite e produzione, garantendo un elevato servizio al cliente a bassi costi logistici. Tale obiettivo può essere raggiunto attraverso la gestione dei flussi fisici di materiali in sincronia con la domanda del mercato (Balestri, 2012).

I fattori determinanti per il raggiungimento del successo nell'ottica della qualità totale sono:

- l'efficienza dell'approvvigionamento delle materie prime e delle merci necessarie al processo di trasformazione;
- la possibilità di disporre di un'organizzazione logistica e commerciale che consenta il collocamento del prodotto finito o delle merci sul mercato, nei tempi e nei luoghi richiesti.

L'American Institute of Industrial Engineers" afferma che: "Lo studio del layout ha per oggetto la progettazione, la messa in opera, la manutenzione e il miglioramento di sistemi integrati di uomini, macchine e materiali; facendo uso di metodi e tecniche tratti dalle scienze matematiche, fisiche e sociali, oltre che dai criteri dell'analisi economica, esso deve definire gli obiettivi di tali sistemi integrati, valutare preventivamente e controllare i risultati ottenuti" (Maraschi, 2011).

La scelta del livello di scorta, metodi di rifornimento e la locazione del magazzino hanno un grande impatto sul funzionamento efficiente di una linea di produzione (Battini, 2010). Nel caso analizzato viene eseguita un'analisi su un magazzino operante come supermarket per l'area produttiva e pertanto vanno considerate tutte le variabili riguardanti il rifornimento, il posizionamento del magazzino, le risorse operanti al suo interno e il servizio offerto al reparto da parte della logistica. Per riuscire a soddisfare la domanda del cliente finale, la maggior parte dei produttori nel settore automotive producono prodotti multipli sulla stessa linea di assemblaggio. L'organizzazione del layout di un magazzino può migliorare l'efficienza e l'efficacia nella produzione in modo che la capacità e la qualità di produzione programmata possa essere ottenuta con costi minori (Hanson et al. 2016).

Una volta definito un layout di magazzino, con il passare del tempo, con l'evoluzione del prodotto e la nascita di una nuova necessità all'interno della produzione, può presentarsi una situazione in cui diventa necessario rivedere il layout aziendale, per riuscire a migliorare le condizioni presenti, adattandole alle nuove necessità.

Il B.I.T afferma che “per layout di una fabbrica, di uno stabilimento, di un’area di lavoro si intende la dislocazione dei reparti o delle officine nell’ambito della fabbrica, e delle macchine, dei posti di lavoro e dei depositi nelle aree lavorative, inclusi, ove sia il caso, gli uffici ed i servizi aziendali relativi”. Considerando lo studio di un layout in termini generali, si possono distinguere quattro categorie di revisione di un layout:

- Costruzione di un nuovo stabilimento: stabilire l’ubicazione corretta, decidere la disposizione delle unità relative al processo produttivo e valutare la disposizione dei servizi ausiliari.
- Trasferimento degli impianti in uno stabilimento esistente: il problema rende necessario il riesame dei metodi produttivi e un adattamento ai vincoli strutturali.
- Trasformazione generale del layout esistente: unisce il vincolo strutturale dell’impianto già esistente alla necessità di rivedere l’organizzazione interna per una rivoluzione completa degli spazi.
- Modifiche parziali al layout esistente: piccoli cambiamenti alla disposizione di macchinari e impianti possono verificarsi frequentemente come conseguenza del processo tecnologico e l’introduzione di nuove tecnologie.

Le diverse categorie di revisione del layout si svilupperanno attorno a differenti livelli di analisi del layout, da un livello di dettaglio più generale a uno più di dettaglio. Tra questi in ordine si trovano [7]:

- Globale: dove posizionare i vari stabilimenti nel mondo
- Supra: quali sono le caratteristiche degli edifici
- Macro Layout: come distribuire i vari dipartimenti o le celle all’interno degli stabilimenti
- Micro Layout: quali sono le caratteristiche e come configurare le varie celle e stazioni di lavoro
- Sub Micro Layout: come configurare la singola postazione di lavoro

Le fasi temporali che caratterizzano lo studio del layout sono riassunte nella Figura 1 dove si mostra un Diagramma di Gantt delle fasi di creazione di un layout:

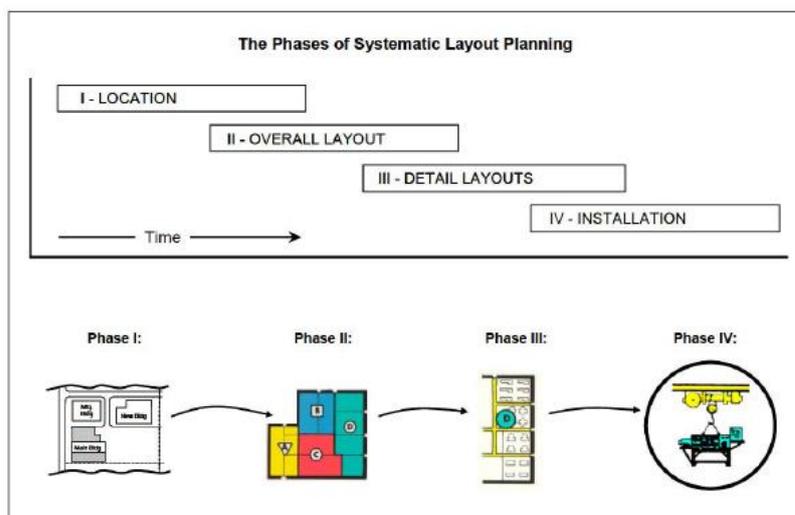


Figura 1 Diagramma di Gantt delle fasi temporali di creazione di un layout (Muthers, Halers, 2015)

### 1.1.1 Tipologie di Layout dell'area produttiva

Per ciò che riguarda il layout di un'area produttiva, esistono delle configurazioni dedicate che vengono scelte in base al tipo di produzione e al numero di trasformazioni a cui uno o più prodotti devono essere sottoposti.

Nel Diagramma P-Q, Figura 2, mostra le quattro zone in cui sono individuate le quattro tipologie di layout possibili per un'area di produzione:

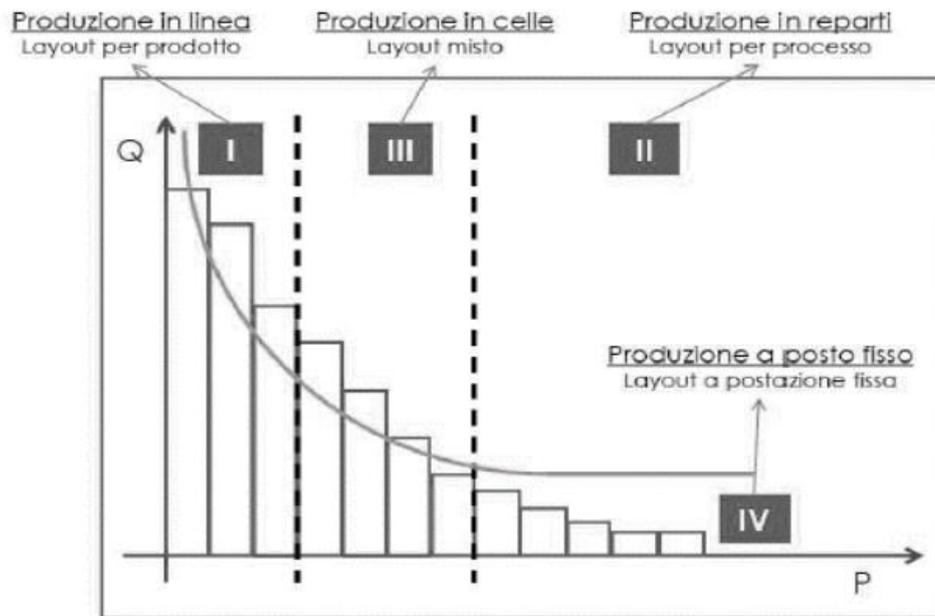


Figura 2 Diagramma P-Q delle tipologie di layout (Panizzolo R, 2021)

- **Layout in linea:** prevede la realizzazione di elevati volumi di prodotti con varietà bassa. Il ciclo di produzione risulta unidirezionale, ripetitivo e rigido, tratta un unico prodotto, omogeneo e costante. L'installazione dei macchinari è fissa ed è determinata dalla sequenza produttiva che il prodotto deve seguire. Mostrato in Figura 3.

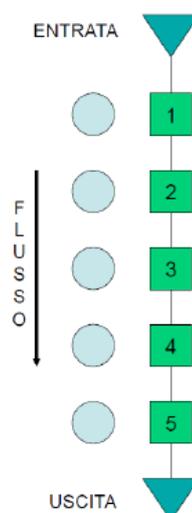


Figura 3 Schema di layout in linea o per prodotto (Panizzolo R, 2021)

- **Layout a isole:** consiste nello standardizzare la varietà produttiva individuando delle famiglie di prodotti che presentano parametri simili affinché possano essere raggruppati e prodotti all'interno della stessa cella. Mostrato in Figura 4.

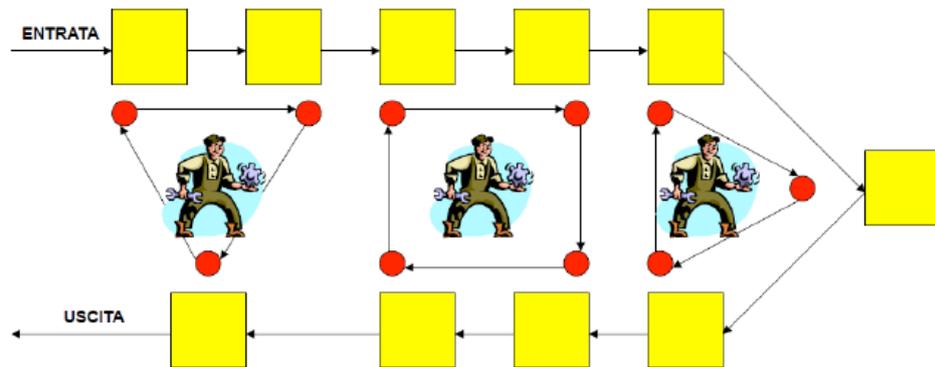


Figura 4 Schema di Layout a cella (Panizzolo R, 2021)

- **Layout per reparti o per processo:** consiste nella realizzazione di prodotti ad elevata varietà e volumi bassi. La varietà dei prodotti si traduce in un'elevata varietà dei cicli produttivi; infatti, nella produzione per processo la disposizione delle macchine non rappresentano le sequenze produttive dei prodotti. Il layout è costruito raggruppando i macchinari con le stesse funzionalità e tecnologie in un'unica unità. Mostrato in Figura 5.

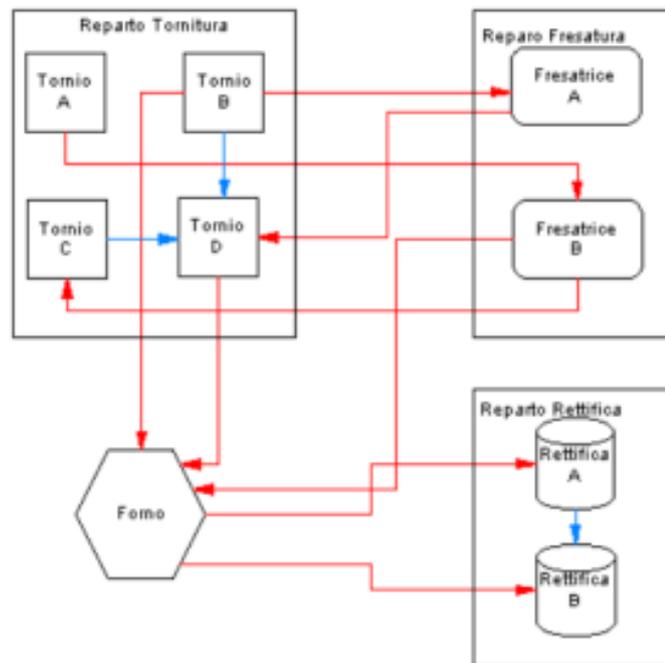


Figura 5 Schema di layout per reparti (Zennaro, 2021)

- **Layout a postazione fissa:** prevede la realizzazione di prodotti su commessa, con varietà massima e volumi bassi. È organizzato in tanti reparti allocati attorno alla zona di costruzione finale di prodotto che è il fulcro di questo sistema produttivo. Le macchine, le attrezzature e gli operatori si muovono attorno al prodotto. Mostrato in Figura 6.

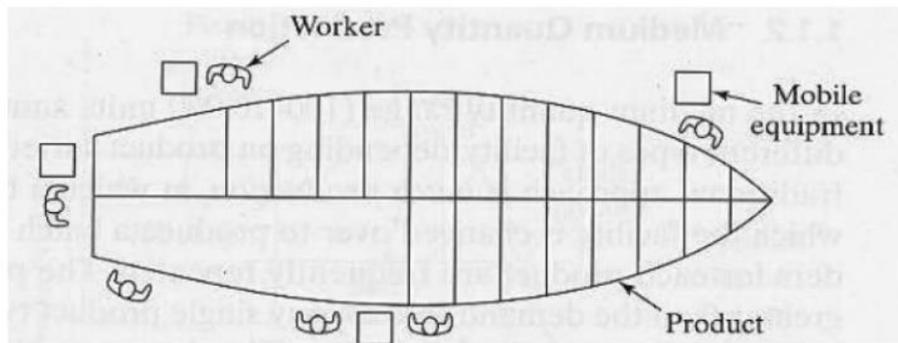


Figura 6 Schema di layout a postazione fissa (Zennaro, 2021)

### 1.1.2 Tipologie di Layout di magazzino

La scelta del layout deve consentire lo sfruttamento migliore, in termini di superficie e dello spazio a disposizione. Deve, inoltre, consentire il raggiungimento di specifiche prestazioni quali, ad esempio, prontezza di risposta alle esigenze dei vari clienti in modo da poter minimizzare i costi e massimizzare lo sfruttamento degli spazi e delle condizioni di lavoro [8]. Le diverse tipologie di layout di un magazzino si possono suddividere in base al tipo di sfruttamento degli spazi applicato per poter creare delle aree dedicate a determinate attività:

- **Flusso lineare:** il flusso parte da una direzione e procede verso un'unica direzione. Entrata e uscita si trovano in due posizioni contrapposte. I flussi sono lineari, così come i percorsi dedicati ai mezzi di movimentazione delle merci. Si traduce in operazioni semplici e bassa probabilità di incorrere in coinvolgimenti tra le varie operazioni in magazzino. Mostrato in Figura 7. [8]



Figura 7 Schema di flusso lineare [8]

- **Flusso a U:** l'entrata e l'uscita dei prodotti sono adiacenti e si affacciano su un fronte unico, permettendo il carico e lo scarico delle merci da un lato unico. Questa tipologia di layout è consigliata quando spazi esterni sono ridotti e di conseguenza si è costretti a utilizzare solo una parte del magazzino con baie di carico e scarico. Mostrato in Figura 8. [8]

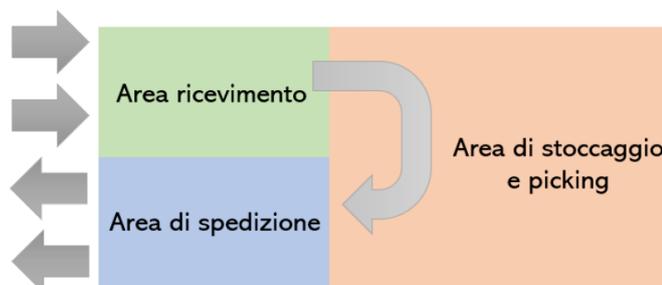


Figura 8 Schema di flusso a U [8]

- **Flusso a L:** le aree di spedizione e ricevimento delle merci sono disposte sui lati confinanti del magazzino. Mostrato in Figura 9. [8]

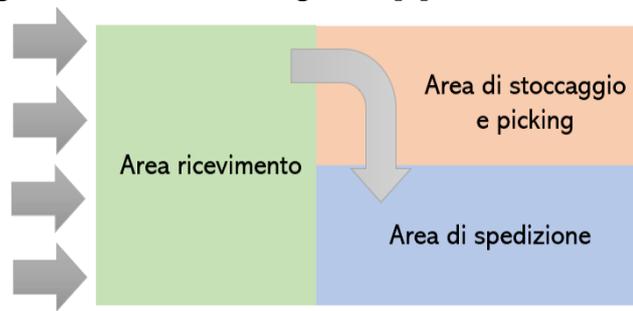


Figura 9 Schema di Flusso a L [8]

## 1.2 I sistemi di stoccaggio

I sistemi di stoccaggio servono per immagazzinare i prodotti per riuscire a ottenere sufficiente disponibilità di prodotti necessari per la produzione e la distribuzione. Le modalità di immagazzinamento dipendono dalle caratteristiche dei materiali da stoccare.

L'immagazzinamento delle unità di carico può avvenire in modalità differenti:

- **Magazzino a Catasta:** è caratterizzato dall'assenza di scaffalature, le unità vengono sovrapposte una sull'altra. Questo tipo di stoccaggio viene utilizzato quando i materiali sono raccolti in contenitori non sovrapponibili gli uni sugli altri (Monte, 2009). Uno dei vantaggi di questa modalità è che non necessita di alcun investimento riguardo le infrastrutture, ed è caratterizzato da un rendimento superficiale elevato. Il vincolo di questo tipo di stoccaggio risiede nell'altezza massima accatastabile e nel limite di resistenza delle merci. Mostrato in Figura 10. [3]



Figura 10 Magazzino a catasta (Monte, 2009)

- **Scaffali tradizionali:** sono strutture metalliche composte da montati verticali e correnti orizzontali, particolarmente utilizzate per lo stoccaggio di merce stipata in bancali. La dimensione è regolabile in base alla grandezza del bancale e va dimensionata tenendo conto che del mezzo di movimentazione utilizzato per il prelievo e lo stoccaggio. È il sistema di stoccaggio più utilizzato grazie alla semplicità di installazione e per l'economicità dell'investimento. Mostrato in Figura 11.

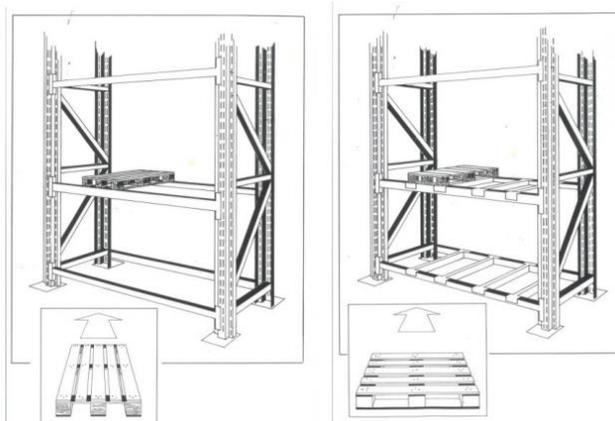


Figura 11 Scaffalature per bancali (Monte, 2009)

- **Cantilever:** è uno scaffale adatto per lo stoccaggio orizzontale di corpi lunghi e pesanti che non possono essere contenuti all'interno dei pallet. Viene utilizzata per la semplicità di installazione e di utilizzo e per l'economia dell'investimento. Mostrato in Figura 12.



Figura 12 Scaffalature Cantilever [9]

- **Scaffali passanti:** sono strutture particolarmente adatte a unità di carico numerose e non sovrapponibili (Monte, 2009). La caratteristica principale di tali strutture è la possibilità di poter entrare all'interno del corridoio della scaffalatura con un mezzo di movimentazione per eseguire operazioni di prelievo o posizionamento di materiale. Mostrato in Figura 13.

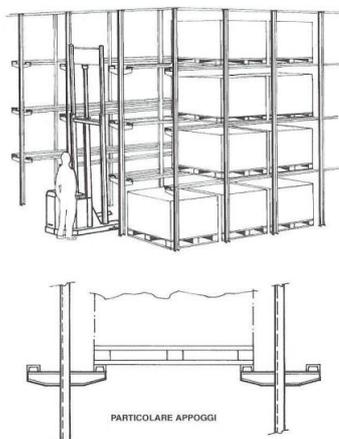


Figura 13 Scaffalature passanti (Monte, 2009)

- **Scaffali a gravità:** il materiale viene caricato da un lato e prelevato dal lato opposto, questo garantisce la logica FIFO. Ogni volta che viene eseguito un prelievo, il materiale scorre su dei rulli grazie alla gravità che caratterizza gli scaffali e riempie il posto liberato. In corrispondenza della zona di carico si libera un posto. Mostrato in Figura 14.

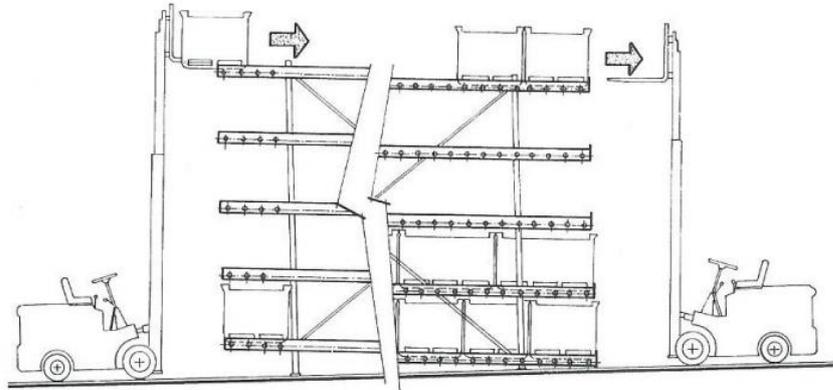


Figura 14 Strutture a gravità (Monte, 2009)

- **Scaffali mobili:** costituite da elementi mobili trasversalmente, tali scaffalature scorrono su delle rotaie apposite che muovendosi creano delle aperture verso corridoi da cui l'operatore può eseguire il prelievo. Mostrato in Figura 15.

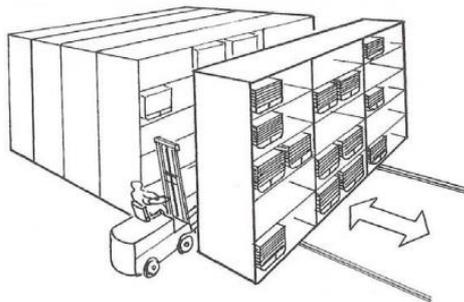


Figura 15 Scaffali mobili (Monte, 2009)

## 1.3 Lean Manufacturing

Il Lean Manufacturing è un insieme di metodi e strumenti che consentono di portare l'azienda verso l'eccellenza operativa, costruire una organizzazione efficiente ed efficace che consenta di produrre un prodotto o servizio massimizzando le risorse. Nei paragrafi successivi viene descritta la storia che ha portato alla nascita del Lean Manufacturing e successivamente si mostrano i principali strumenti che sono utilizzati per l'applicazione di tale metodo.

### 1.3.1 La nascita del Lean Manufacturing

A seguito della Seconda guerra mondiale, a causa delle gravi condizioni economiche del Giappone le risorse disponibili scarseggiavano. Tale condizione ha portato alla nascita del principio di produzione efficiente, successivamente noto come Toyota Production System (TPS). Il TPS si basava sulla filosofia di "più valore per meno lavoro" (Liker et al., 2006). Successivamente nel 1990 James Womack et al ha sviluppato una descrizione precisa del TPS nel suo libro "La macchina che ha cambiato il mondo" e ha coniato il termine "Lean Manufacturing" (Liker et al., 2006).

Liker et al. (2006) ha condotto diversi studi per riuscire a comprendere la filosofia del TPS, arrivando a scrivere il suo libro "The Toyota Way Field book" in cui ha dimostrato tramite delle ricerche che un'azienda che ha l'obiettivo di implementare la Lean deve focalizzarsi sull'eliminazione degli sprechi come punto di inizio del suo percorso. Secondo P. Ducker "non c'è niente di più insensato che l'implementazione di operazioni che non dovrebbero essere implementate affatto". Le attività che dovrebbero essere generate sono quelle per le quali il cliente è disponibile a pagare, qualunque azione che non apporta valore aggiunto al cliente e le operazioni che assorbono troppe risorse in relazione all'effetto e al valore che generano, sono trattate come uno spreco (Grzelczak et al., 2016). Taiichi Ohno (1998) ha elencato 7 tipi di spreco, Muda in giapponese:

1. **Sovrapproduzione:** produrre più del necessario con rimanenza di una quantità di beni.
2. **Attese:** tempi di attesa non strettamente necessari al ciclo di fabbricazione del prodotto.
3. **Trasporto:** tutte le operazioni di trasporto da un'area a un'altra, da un reparto ad un altro, che hanno un costo e che talvolta generano scarti legati alle movimentazioni stesse.
4. **Perdite di processo:** tutte le inefficienze che provocano rallentamenti del flusso produttivo, difettosità o scarto del prodotto, incremento di costi, variabilità e instabilità dei risultati.
5. **Scorte:** la presenza di materiali nel processo genera una quantità di valore intrappolato nello stesso proporzionale e funzione della quantità e dello stato di avanzamento nel flusso produttivo.
6. **Movimenti:** trasferimento di materiali all'interno di una postazione di lavoro nel ciclo produttivo. Non costituisce valore aggiunto.
7. **Prodotti difettosi:** realizzazione di pezzi difettosi, siano essi scarti o necessitino di lavorazioni aggiuntive rispetto allo standard. Implicano uno spreco in termini economici.

### 1.3.2 Gli strumenti del Lean Manufacturing

La filosofia Lean utilizza degli strumenti per l'analisi dei flussi dei materiali e delle informazioni e per l'individuazione delle problematiche per l'eventuale introduzione di contromisure di miglioramento. In questo paragrafo vengono presentati tali strumenti.

#### Value Stream Map

La Value Stream Map è una tecnica del Lean Manufacturing che viene utilizzata per supportare e implementare un approccio Lean. È uno strumento che viene utilizzato per visualizzare l'intero processo di produzione, in termini di flussi sia dei materiali che dell'informazione.

È una rappresentazione grafica di quanto segue il prodotto creato da un'azienda, a partire dal fornitore di materia prima fino a giungere nelle mani del cliente che lo ha acquistato. Attraverso una rappresentazione grafica risulta più semplice individuare quelle aree in cui si accumulano ritardi e in cui sussistono criticità insite, riuscendo ad agire direttamente sulle cause (Delpino, 2021).

È uno strumento che integra due sequenze fondamentali da analizzare (Lucca, 2018):

- Il flusso dei materiali, inteso come il susseguirsi di step per il passaggio da materia prima a prodotto finito
- Il flusso delle informazioni, ovvero la sequenza di informazioni che passano dal cliente ai singoli reparti.

Un esempio di VSM viene raffigurato in Figura 16:

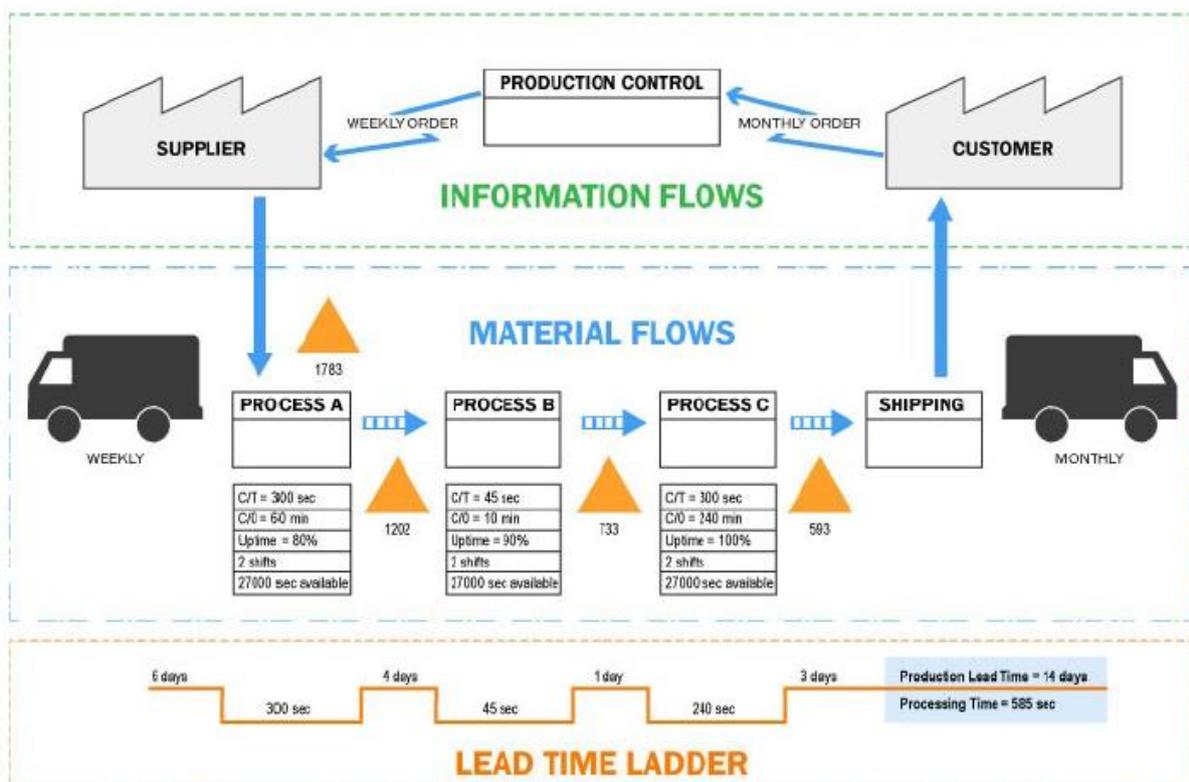


Figura 16 Esempio di Value Stream Map [11]

## Spaghetti Chart

Oltre all'individuazione degli sprechi per uno studio corretto del layout viene eseguito uno studio dei flussi tramite il metodo dello Spaghetti Chart, di cui viene riportato un esempio in Figura 17.

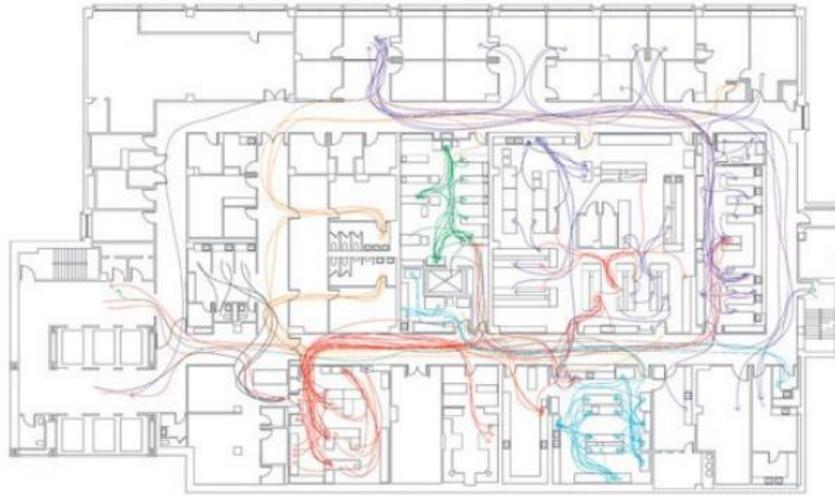


Figura 17 Esempio di Spaghetti Chart [5]

Lo Spaghetti Chart, anche chiamato “Work-flow Diagram” mostra i processi fisici delle risorse e dei materiali. È uno strumento molto utilizzato per lo studio e la mappatura dei miglioramenti atti a identificare problematiche di layout o sprechi di valore nei processi. Tutto questa mappatura viene eseguita tramite un disegno manuale del flusso fisico dei materiali o delle risorse che operano nell'ambiente di lavoro analizzato e viene utilizzato per calcolare le distanze percorse, i movimenti di andata e ritorno in un punto e il tempo perso/impiegato per i movimenti e/o il trasporto. L'obiettivo è di ottimizzare i movimenti andando a rivedere il layout o gli spostamenti con il fine di minimizzare movimenti non necessari (Michalos et al., 2018).

## Metodo 5 Whys

Dopo aver analizzato le problematiche presenti, un possibile metodo utilizzato per l'individuazione della radice dei problemi è il Metodo 5 Whys. Il metodo 5 Whys gioca un ruolo fondamentale nel Lean Manufacturing e viene descritto come una tecnica centrale per il TPS: “La base dell'approccio scientifico di Toyota è di porsi 5 volte la domanda “*perché*” ogni qualvolta ci si trova dinanzi a un problema. Ripetendosi la domanda 5 volte la natura del problema e la soluzione diventano chiari. Cinque domande corrispondono a una soluzione.” (Taiichi Ohno, 1998). L'aspetto pedagogico del metodo 5 whys risiede nella rivelazione di un'influenza inaspettata di una causa lontana, che illustra l'importanza del ricercare a fondo in un percorso casuale (Card, 2017).

Un esempio del metodo viene mostrato nella Figura 18 in cui un cliente non è disposto a pagare per un prodotto consegnato:



Figura 18 Esempio di Metodo dei 5 perché [10]

La radice del problema si trova in pochi passaggi e porta alla contromisura di sostituire un fornitore che sia in grado di sopprimere la richiesta di materiale con tempistiche differenti di consegna rispetto al precedente.

### Metodo 5S

Il Metodo 5S è una tecnica utilizzata per l'organizzazione di uno spazio che si basa su una lista di 5 parole, punti chiave da seguire per il miglioramento delle condizioni di lavoro. Le 5S corrispondono alla traduzione giapponese di (Cagliano, 2020):

- **Separare:** separare ciò che è superfluo da ciò che è necessario all'interno della postazione di lavoro. Per poter evidenziare ed eliminare tutto ciò che non serve occorre eseguire una pulizia accurata della postazione di lavoro e classificare gli oggetti presenti in maniera razionale.  
L'obiettivo è di ridurre il tempo necessario per la ricerca di un oggetto, ridurre la possibilità di distrazione, semplificare l'ispezione, aumentare la quantità di spazio disponibile e incrementare la sicurezza eliminando gli ostacoli.
- **Ordinare:** definire una sistemazione di materiali, utensili e attrezzi all'interno della postazione di lavoro in modo che essi siano immediatamente disponibili quando occorrono. Ridurre al minimo indispensabile il numero di oggetti da tenere presso la postazione di lavoro senza provocare arresti o ritardi nella produzione.  
L'obiettivo è di definire una postazione dedicata per gli oggetti di uso comune, i mezzi e i macchinari utilizzati per riuscire a migliorare il processo, riducendo le interruzioni per la ricerca di un oggetto.

- **Pulire:** eliminazione dello sporco da macchine e attrezzature e verifica ed eventuale eliminazione di problemi.  
L'obiettivo è creare un ambiente pulito e organizzato in cui si lavora e mantenere uno stato costante tramite operazioni giornaliere o regolari di pulizia.
- **Standardizzare:** formalizzare le attività di pulizia attraverso procedure standard  
L'obiettivo è creare delle procedure facili da seguire che permettano di assicurare un ambiente di lavoro pulito e organizzato in cui sono definite delle responsabilità.
- **Disciplinare:** verificare il mantenimento dei risultati tramite controlli periodici.  
L'analisi continua dei problemi e l'identificazione delle relative contromisure, unitamente al monitoraggio del livello di prestazione raggiunto, consentono di fissare nuovi obiettivi secondo il principio del miglioramento continuo.  
L'obiettivo è rendere automatica la pratica dei punti precedenti e controllare che queste azioni rimangano costanti nel tempo.

### 1.3.3 La politica del Just in Time

La personalizzazione del prodotto nel settore automotive rappresenta un forte fattore competitivo. Richiede che la produzione venga gestita con lotti piccoli e misti di componenti e che il rifornimento delle linee sia frequente e ad alta efficienza. Per poter raggiungere tale obiettivo il metodo del milk run interno per l'asservimento alle linee è molto utilizzato. Consiste nel trasporto di materiale da un'area di stoccaggio a diversi punti di utilizzo finale, su percorsi definiti e in tempi brevi e fissati (Vilda et al., 2020). Viene utilizzato un magazzino Supermarket che opera come punto di stoccaggio tra il magazzino e la produzione. Per quanto riguarda la logistica inbound, in alcuni casi, il magazzino esterno è situato al di fuori dei confini dell'azienda e in questo caso vengono coinvolti mezzi come bilici o motrici per il trasferimento di materiale all'impianto (Sampka & Godarzi, 2010). Consegnato il materiale, questo viene trasferito nel magazzino supermarket che si trova in una posizione adiacente all'area produttiva. Per riuscire a ottenere una produzione snella interviene la figura del Mizusumashi o Waterspider, un addetto che opera tra le linee produttive e il magazzino, e che ha il compito di rifornire le postazioni di lavoro con la quantità di materiale giusta nel momento giusto con l'obiettivo di mantenere un flusso continuo. Con il suo lavoro permette di accorciare il lead time del processo e ridurre gli sprechi di produzione, infatti è un ruolo "system-centric" e non "person-centric" in quanto tutto il lavoro si evolve attorno all'efficienza del sistema e non all'efficienza dell'addetto. Questo fattore rende accettabile dei giri a vuoto/basso carico se resi necessari per soddisfare la richiesta urgente di alcune postazioni.

In una linea di produzione che opera secondo una politica del Just in Time (JIT), il tasso di uscita del prodotto finito è generalmente dettato dalla domanda. Il concetto alla base del sistema di produzione JIT può essere visto come produzione del prodotto giusto, nella quantità giusta, al momento giusto e funziona grazie all'andamento dettato dal corretto dimensionamento del kanban di produzione in ogni stazione della linea (Sarker et al., 1999). La decisione rispetto alla quantità di kanban da allocare in una stazione di produzione è stata una problematica che ha interessato Wang e Wang (1991), Askin et al. (1993), Co e Jacobson (1994) e Muckstadt & Tayur (1995) e che li ha portati a determinare il numero di kanban necessari in una linea multiprodotto sotto la politica JIT.

## 1.4 Lean re-layout di un magazzino

Uno dei metodi utilizzati per il re-layout di un magazzino è l'approccio Lean che mira a snellire il flusso e i processi in un'ottica di miglioramento continuo. Viene utilizzato il termine brownfield per parlare di un territorio già sviluppato e quindi di un layout già strutturato (Tiesdell et al., 2004).

Gli step che devono essere seguiti per lo studio di un Lean re-layout sono (Cagliano, 2020):

1. Misurazione e stesura del layout di magazzino.
2. Selezione del processo produttivo e delle attività da analizzare nel magazzino esaminato.
3. Rilevazione dei carichi di lavoro, dei tassi di utilizzazione delle risorse umane e dei tempi ciclo e delle attese.
4. Stesura Spaghetti Chart e individuazione dei flussi
5. Analisi dello Spaghetti Chart, individuazione delle criticità e delle cause con il metodo 5 whys.
6. Proposta azioni per il miglioramento delle criticità con il metodo 5S.
7. Ridisegno del layout implementando i miglioramenti.
8. Calcolo dei tempi ciclo, delle attese, dei carichi di lavoro e di utilizzazione delle risorse umane dopo re-layout.
9. Spaghetti Chart dopo re-layout.
10. Quantificazione degli effetti dei miglioramenti.

Il primo passo per l'analisi è la misurazione e stesura del layout di magazzino, con una valutazione degli spazi e volumi occupati tra cui lo spazio a disposizione per ciascuna attività, lo spazio occupato da costruzioni fisse e/o mobili, lo spazio disponibile per future espansioni di capacità, l'area occupata dai corridoi e quella occupata da casse accatastate a terra. Considerando che le performance aziendali sono influenzate dal livello di produttività e dai servizi di magazzino (Sujana et al. 2014), vengono poi valutate le prestazioni del magazzino tramite il calcolo di alcuni indici di prestazione, riportati di seguito:

- **Indice di rotazione:** indicatore di natura finanziaria serve per indicare se viene fatta una gestione efficiente delle scorte. Rappresenta il numero di volte in cui un dato codice viene rinnovato in un lasso di tempo considerato. Con rinnovare si intende il numero di volte in cui è stato utilizzato e venduto nel periodo. Per calcolare l'indice si utilizzano le vendite del codice in un periodo sullo stock medio di magazzino del codice nello stesso periodo. Somma delle vendite mensili sulla somma delle rimanenze mensili. Nel caso di materie prime e semilavorati si può utilizzare.
- **Potenzialità ricettiva:** misura della capacità statica del magazzino che può essere espressa in termini di unità di carico stoccabili nel magazzino.
- **Coefficiente di utilizzazione superficiale (CS):** si definisce il modulo unitario il più piccolo elemento, che replicato, consente di ottenere l'intera area di stoccaggio del magazzino. Si può calcolare il numero di unità di carico che si possono stoccare per modulo e il numero di unità di carico per m<sup>2</sup> (Gentile, 2009). Il coefficiente di utilizzazione superficiale è il rapporto tra il numero di Unità di Carico stoccate e l'area del modulo unitario [2].

- **Potenzialità di movimentazione (PM):** è la capacità dinamica del magazzino e si esprime come numero massimo di unità di carico in transito attraverso l'impianto di stoccaggio nell'unità di tempo. Dipende dal numero di mezzi di movimentazione e dalle caratteristiche dei relativi cicli [11].
- **Coefficiente di utilizzazione volumetrica (CV):** rapporto tra il volume medio dell'unità di carico e il volume della cella [11].
- **Indice di selettività:** rapporto tra il numero di unità di carico direttamente accessibili in fase di prelievo e il numero totale di unità di carico immagazzinate [11].

Seguendo i passi indicati, si ottengono delle proposte di layout, tra le quali è possibile scegliere quella finale, che più si adatta alle esigenze aziendali e all'ottica di miglioramento rispetto alla condizione iniziale.

## 1.5 Sistemi ERP e WMS

Oltre alla gestione fisica del materiale, gioca un ruolo fondamentale la gestione contabile delle scorte. Per poterlo fare vengono utilizzati i sistemi Enterprise Resource Planning (ERP) e Warehouse Management System (WMS). L'ERP supporta la supply chain, che è un insieme di processi aziendali, il WMS gestisce solamente il magazzino. Si completano uno con l'altro e la loro integrazione porta il maggior profitto all'azienda (Woźniakowski, 2018). Per un uso efficiente dei sistemi ERP e WMS, la maggiorparte dei produttori automotive sceglie il metodo dei codici a barre per identificare il materiale, l'ubicazione delle materie prime, dei semilavorati e dei prodotti finiti a magazzino (Kärkkäinen & Hokmström, 2002).

Il sistema **Enterprise Resource Planning** (ERP) è un pacchetto utilizzato per la pianificazione delle risorse, composta da moduli integrati che gestiscono tutti i processi centrali dell'azienda. L'obiettivo principale è di incorporare i processi di business all'interno e attraverso i confini funzionali e tecnici dell'organizzazione con un flusso di lavoro migliorato, portando la standardizzazione delle pratiche e un accesso sempre aggiornato in tempo reale dell'informazione. I moduli funzionali di base di un sistema ERP che includono la gestione logistica sono [12]:

- **Vendite e distribuzione:** parte di un'area logistica grande che supporta le relazioni con i clienti dall'offerta, all'ordine di acquisto, sino alla fattura. È un modulo strettamente integrato con la gestione dello stock e la pianificazione della produzione.
- **Gestione del materiale:** questo modulo è responsabile per il coordinamento della pianificazione, degli acquisti, dell'approvvigionamento, della movimentazione, dello stoccaggio e del controllo dei materiali.
- **Gestione della qualità:** è un modulo che gestisce la pianificazione e il controllo della qualità del prodotto, raccoglie dati riguardanti la qualità delle materie prime, dei semilavorati e dei prodotti finiti.
- **Manutenzione dell'impianto:** è un modulo per la gestione delle ispezioni, utilizzato per determinare le condizioni tecniche delle attrezzature, manutenzione preventiva e il mantenimento dell'attrezzatura nelle condizioni ideali.

Il **Warehouse Management System (WMS)** è un sistema informativo dedicato alla gestione di tutte le operazioni di gestione di un magazzino caratterizzato da alti volumi, in tempo reale. Questi sistemi sono strutturati per ottimizzare la supervisione della gestione del materiale e lo stoccaggio dei prodotti. Al giorno d'oggi è difficile immaginare una realizzazione efficiente dei processi logistici senza il supporto di strumenti IT, tra i più comuni si trovano gli scanner di codici a barre, fotocopiatrici, sistemi di etichettatura o integrazione con un software ERP interno. Il WMS rende veloce il processo di ricezione e prelievo dei beni in un magazzino, definisce un fornitore esterno o specifica un'origine interna. Controlla il materiale in termini di qualità e quantità e sceglie automaticamente la posizione di ubicazione. Specifica la zona di spedizione per gli ordini segnalati per la partenza e analizza gli ordini. L'utilizzo di questo tipo di software ottimizza le operazioni e migliora la realizzazione delle operazioni secondo determinate priorità. Il risultato che si ottiene implementando un sistema WMS è supportato da scopi di organizzazione, supervisione e controllo dei processi legati alla movimentazione e allo stoccaggio di materiali e beni. Ci sono delle caratteristiche specifiche che descrivono accuratamente il comportamento del WMS [12]:

- Ottimizzazione dello spazio di ubicazione utilizzato
- Riduzione del tempo necessario per le ordinazioni e le spedizioni di materiale
- Aumento del turnover dello stock
- Miglioramento della qualità dei servizi forniti dai produttori
- Riduzione dell'ammontare di possibili errori, dovuti a controlli avanzati e alla risoluzione rapida di problemi tra il produttore e i rivenditori
- Alta flessibilità e mobilità nello scambio di dati con il sistema
- Accesso facilitato ai dati
- Controllo completo degli ordini
- Gestione del traffico di magazzino
- Assistenza nella preparazione dei documenti di spedizione e automazione del processo di spedizione
- Automazione dei processi di magazzino

Grazie all'utilizzo di questi sistemi, si riesce a garantire una corretta gestione del materiale movimentato sia in termini contabili che fisici.

## **Capitolo 2: L'azienda**

L'elaborato discute un lavoro svolto all'interno di un'azienda facente parte di un gruppo internazionale operante nel settore automotive con sede in Corea, il cui nome non verrà menzionato lungo il testo per ragioni di riservatezza. L'analisi si focalizza su uno degli stabilimenti produttivi che risiedono in Italia. Nei seguenti paragrafi viene descritta la storia dell'azienda e le metodologie utilizzate per la sua gestione attuale.

### **2.1 La storia**

L'azienda analizzata vede la sua fondazione in Italia, nel 1970, per la produzione di particolari di illuminazione auto e stampi per le presse. Gli stessi stampi prodotto venivano utilizzati per la produzione interna di lamiere e plastiche. Nel corso degli anni l'azienda si evolve specializzandosi nel settore automotive. Nel periodo che va dal 1975 al 1980, il prodotto di punta diventa il relè e si assiste a una forte crescita della domanda di tale componente.

Nell'anno 1997 un gruppo inglese, specializzato in circuiti stampati flessibili per componenti plastici e connettori dell'industria automobilistica, decide di acquisire la maggioranza della società italiana. Con l'acquisizione inglese, si assiste a un aumento dei volumi prodotti e delle vendite. Tale periodo dura sino all'anno 2007 in cui il gruppo inglese viene acquistato da un gruppo austriaco facente parte di una multinazionale canadese. Questo cambiamento permette di ampliare ulteriormente il bagaglio di clienti.

Nel 2012 si iniziano a produrre le prime ventole di raffreddamento Electronic Cooling Fan (ECF), prodotto ancora in produzione al giorno d'oggi. Nel corso degli anni aumenta la domanda e l'azienda si ristruttura per riuscire a soddisfarla. Attualmente ci sono 7 linee dedicate alla creazione di tale prodotto finito.

Nel 2019 si assiste a una nuova acquisizione del gruppo da parte di una società coreana. Da tale data sino ad oggi, il core business dell'azienda sono le ventole di raffreddamento ECF e le pompe dell'acqua a controllo elettronico Electronic Water Pump (eWp). Vengono prodotti anche alcuni componenti elettronici, ma questi rappresentano una parte marginale del business dell'azienda. Negli ultimi due anni la domanda di eWp è esplosa e anche in questo caso l'azienda si è dovuta adattare con l'installazione di nuove linee. Attualmente, nell'area produttiva specializzata in produzione di eWp, sono presenti 4 linee, una di queste in fase di inaugurazione, e una quinta è in progetto per i prossimi anni.

## 2.2 I prodotti

Come descritto nel Paragrafo 2.1, l'azienda ha diversificato nel tempo la sua produzione. Attualmente i due prodotti di punta sono rappresentati dalle ventole di raffreddamento ECF e dalle pompe dell'acqua a controllo elettronico eWp. Esistono diverse versioni dello stesso prodotto finito in base al cliente finale, che cambiano l'una dall'altra per un singolo componente o per il tipo di materiale di un certo componente.

Nell'analisi dettagliata ai capitoli 3, 4 e 5 vengono considerati soltanto i prodotti eWp, nelle diverse versioni prodotte. I componenti principali della distinta base di una pompa sono mostrati nella Tabella 1:

Material	Cover Cap Housing	Volute	Housing+ Shaft	Impeller+ Brushing	Rotor+ Stack	Wet Sleeve	Washer	Stator	O-Ring Type 1	O-Ring Type 2	O-Ring Type 3	Label	Screw	Tin Ring	Hook
Level	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	4
Quantity	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	3	3

Tabella 1 Distinta base di una pompa ad acqua

Ogni componente, con le sue caratteristiche specifiche, viene identificato da un codice univoco. Dopo essere stato utilizzato, viene creato il codice univoco del prodotto finito per cui viene utilizzato.

Per la corretta gestione del materiale è bene conoscere con precisione l'esplosione di tutte le distinte basi dei prodotti finiti con le rispettive quantità dei componenti. In totale vengono gestiti circa 40 codici di prodotto finito.

Alcune parti vengono comprate da fornitori, mentre altre vengono prodotte internamente dall'azienda. Ci sono diverse versioni di uno stesso componente e proprio questa differenza determina le caratteristiche di un certo prodotto finito rispetto a un altro.

## 2.3 Le linee di produzione

All'interno dello stabilimento piemontese, l'azienda presenta attualmente 6 linee di produzione del componente ECF più una dedicata a un cliente specifico e 4 linee per il prodotto eWp. Le linee ECF sono dislocate in più aree dello stabilimento, mentre le linee eWp sono tutte racchiuse nella stessa area produttiva.

Le linee sono composte da diverse postazioni, in ognuna delle quali vi è un operatore dedicato che ha il compito di eseguire una singola operazione. Tramite nastri trasportatori il materiale passa da una postazione all'altra, e in ogni postazione viene aggiunto un componente.

Ogni postazione viene asservita dall'operatore waterspider che tramite alcune rulliere a gravità si occupa di ritirare i contenitori vuoti e di rifornire contenitori pieni di materiale. Sulle rulliere deve essere rispettata la logica FIFO, pertanto da un lato viene depositato il materiale e dal lato opposto viene prelevato. Le minuterie vengono disposte su uno scaffale interno alle linee che funge da buffer. Ogni linea ne possiede uno e viene rifornito sempre dal waterspider ma con una frequenza molto più bassa.

## 2.4 I magazzini

Lo stabilimento oggetto di analisi è suddiviso in più aree, ognuna dedicata alla realizzazione di un certo prodotto finito. Ogni area produttiva presenta almeno un magazzino adiacente.

Per la produzione delle ventole di raffreddamento ECF, viene utilizzato un magazzino supermarket detto Magazzino Rosso, per lo stoccaggio dei componenti per le linee 1, 2 e 4. La zona di picking è interna alle linee.

Per le linee 3, 5 e 6 viene utilizzato il magazzino blu, dove si trovano anche le postazioni di picking. Per l'ubicazione delle pedane di prodotto finito di tutte le ecf viene utilizzato il magazzino centrale.

La linea 7 è dedicata alla produzione per un cliente specifico. Oltre ad essere separata dalle altre linee di ECF, presenta anche un magazzino dedicato che funge sia da supermarket che da zona di ubicazione.

Anche per la produzione delle pompe ad acqua eWp, viene utilizzato un unico magazzino, chiamato magazzino tunnel, che funge sia da supermarket, sia da zona di ubicazione per il prodotto finito. Le postazioni di picking si trovano all'interno del magazzino, ad eccezione del materiale per un cliente specifico che si trova negli scaffali interni alle linee. Una ulteriore eccezione riguarda il componente ECU che viene stoccato nel magazzino blu e la cui zona di picking è interna all'area di produzione. Adiacente al magazzino tunnel si trova l'area di smistamento 1720\_IN, inizialmente creata come punto di appoggio per il materiale da ubicare nel magazzino tunnel o nel magazzino blu.

Oltre a questi magazzini dedicati ci sono delle aree nel piazzale di scarico dedicate all'ubicazione di prodotti finiti in uscita, imballi vuoti o altri materiali di scarto o di rottame. Si può considerare un'area di smistamento del materiale sia in entrata che in uscita.

Nella Figura 19, sono presentati con una forma azzurra i magazzini e con una forma gialla le aree produttive. Gli uffici, gli spogliatoi e altre aree non specifiche rientrano nelle zone non evidenziate con un colore.

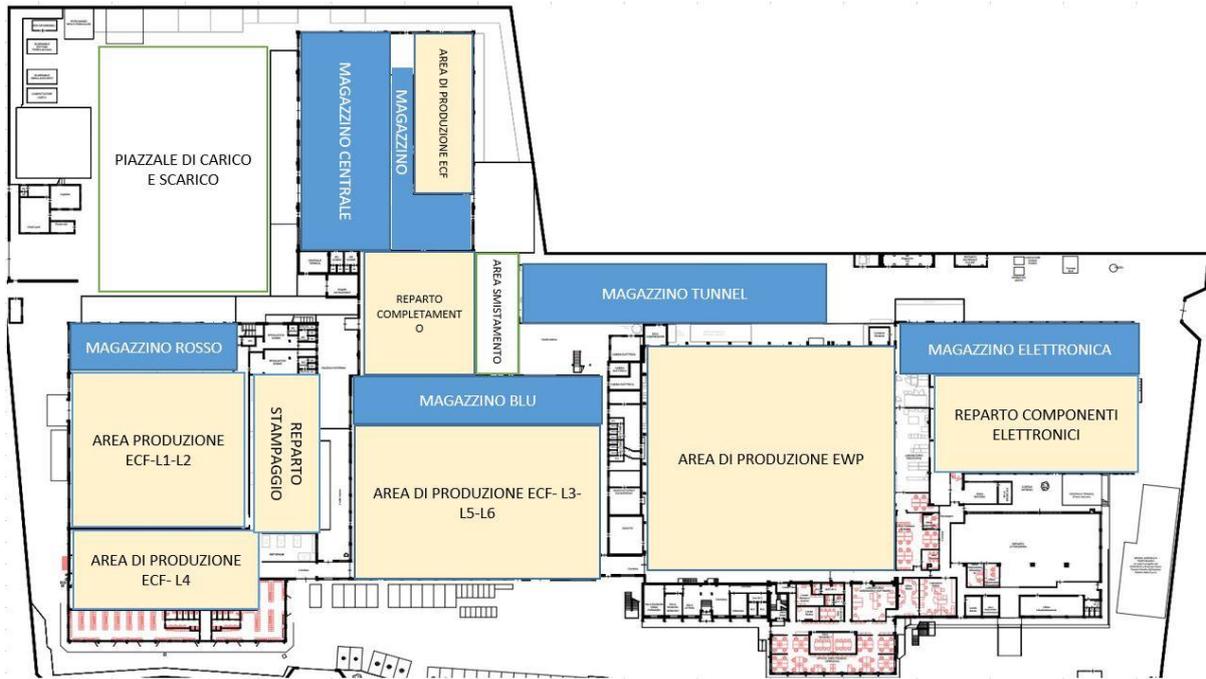


Figura 19 Area dello stabilimento

Oltre ai magazzini interni, vengono utilizzati due magazzini esterni. Uno dei due magazzini sfrutta la tecnica di gestione del consignment stock, ovvero la condizione per cui la proprietà del materiale rimane del fornitore sino a quando la pedana non viene prelevata per l'utilizzo. Vengono fatti due ordini giornalieri in cui viene definito il materiale da prelevare, che diventa di proprietà dell'azienda, e che viene consegnato alla sede principale. Il secondo magazzino esterno utilizzato è soltanto come deposito esterno. La maggior parte dei fornitori consegna il materiale nei magazzini esterni, da cui poi viene prelevata soltanto la quantità necessaria da parte di uno dei trasportatori dell'azienda. Ci sono alcuni fornitori che non consegnano ai magazzini esterni, in tal caso il materiale viene trasportato ai magazzini esterni dal trasportatore dell'azienda. Pertanto, l'utilizzo di questi magazzini esterni permette di mantenere nello stabilimento uno stock snello e sufficiente per il soddisfacimento delle richieste nel turno sino all'ordine successivo.

## 2.5 I mezzi di movimentazione

I mezzi di movimentazione utilizzati all'interno dell'azienda sono molteplici e variano a seconda dell'attività per cui vengono utilizzati:

- **Carrelli elevatori:** vengono utilizzati di diverse dimensioni e portate per il trasporto su medie e lunghe distanze e per lo stoccaggio. I fattori di influenza per la differenziazione tra diversi modelli di carrelli elevatori risiedono nella lunghezza delle forche, nella portata e nelle dimensioni totali. Il carico massimo per viaggio è di due pedane per volta. I carrelli della tipologia della Figura 20 vengono utilizzati per il trasporto dal piazzale di carico/scarico ai magazzini e per lo stoccaggio. I carrelli della Figura 21 vengono utilizzati soltanto per lo stoccaggio delle pedane. All'interno del piazzale di scarico e per il trasporto del materiale dal piazzale ai magazzini, viene utilizzato il carrello elevatore mostrato nella Figura 20 di sinistra. Per alcuni modelli che supportano portate importanti, viene sfruttato un quadri forca che permette di aumentare la capacità di carico a 4 pedane per viaggio. Tuttavia, non è un tipo di trasporto fluido e viene spesso evitato da parte degli operatori, in quanto il rischio di danneggiamento delle pedane risulta molto alto. Il carrello mostrato nella Figura 21 di destra viene invece utilizzato principalmente per lo stoccaggio all'interno dei magazzini, nel magazzino centrale e nel magazzino retrostante il magazzino centrale. Essendo caratterizzato da dimensioni più ridotte e angolo di manovra più piccolo, si rende ideale per gli spazi più ristretti. La velocità massima che riescono a raggiungere i carrelli è di 9 km/h, per ragioni di sicurezza in zone coperte e interne la velocità massima è impostata a 6km/h e il personale che passa a piedi in aree trafficate ha l'obbligo di indossare un dispositivo che rallenta i carrelli nelle vicinanze.



Figura 2 Carrello elevatore [13]



Figura 21 Carrello elevatore (cabina) [13]

- **Transpallet stoccatore:** vengono utilizzati per il trasporto su brevi distanze e per lo stoccaggio di materiale. Anche in questo caso, ci sono diversi modelli caratterizzati da portata, dimensioni e manovrabilità diverse. Vengono utilizzati anche dei transpallet manuali, mostrati nella Figura 23. Il carico è di due pedane per volta per i transpallet elettrici, Figure 22, 24, e di una per volta per il transpallet manuale. Il transpallet mostrato nella Figura 22 di sinistra presenta un ingombro minore e pertanto viene prediletto in ambienti ristretti di magazzino. All'interno dell'azienda i transpallet elettrici vengono utilizzati in tutti i magazzini per lo stoccaggio e per la movimentazione più celere delle pedane all'interno del magazzino. Vengono

ulteriormente utilizzati all'interno delle linee di produzione dagli addetti waterspider per il trasporto di pedane di prodotto finito che risultano troppo pesanti per essere movimentate con il carrello manuale. Il transpallet elettrico, mostrato al centro, risulta più facile da ricaricare, grazie alla batteria che si cambia lateralmente, ma questo comporta un ingombro maggiore ed è pertanto utilizzato in spazi più ampi. Il transpallet manuale, della figura di destra, è utilizzato soltanto per lo spostamento di pedane e piccoli colli a terra, in quanto non permette il sollevamento della pedana. Viene utilizzato anche per il posizionamento delle pedane all'interno sui bilici.



Figura 22 Transpallet elettrico 1 [13]



Figura 23 Transpallet manuale [13]



Figura 24 Transpallet elettrico 2 [13]

- **Carrello manuale:** viene utilizzato esclusivamente dal waterspider per la movimentazione del materiale dal magazzino supermarket alle postazioni nelle linee di produzione, vedi Figura 25. Si effettua il milk run per la distribuzione alle postazioni di diversi codici di prodotto nelle diverse postazioni delle quattro linee di produzione. Viene poi utilizzato per la raccolta degli imballi vuoti dalle postazioni al magazzino. Il carico è variabile a seconda dei contenitori trasportati.



Figura 25 Carrello manuale

- **Carrello combinato trilaterale:** è un mezzo utilizzato per il solo stoccaggio del materiale, caratterizzato da un basso ingombro che lo rende ideale per lavorare in corsie strette. Raggiunge un'altezza di stoccaggio elevata e all'interno dell'azienda viene utilizzato nel magazzino rosso. L'operatore manovra il mezzo da bordo. Viene mostrato in Figura 26.



Figura 26 Carrello trilaterale

- **Trattorino:** è un mezzo utilizzato per lunghe distanze e per il trasporto di grossi carichi. Ha una portata variabile a seconda del modello e una capacità di trasporto di 4 pedane per rimorchio. Il numero di rimorchi massimi trasportabili varia a seconda della potenza del trattore e delle esigenze di utilizzo. Non è utilizzato all'interno del caso aziendale, ma nel corso dello studio viene presentato come alternativa per il trasporto di pedane tra il magazzino tunnel e il piazzale di carico/scarico. In Figura 27 viene presentato un esempio di motrice di un trattorino, mentre in Figura 28 un possibile rimorchio.



Figura 27 Trattorino [13]



Figura 28 Esempio di rimorchio

## 2.6 Gli imballi

Dopo aver esaminato la distinta base dei prodotti finiti che vengono realizzati, si passa ora all'analisi degli imballi utilizzati sia per i componenti che per i prodotti finiti.

Le combinazioni di imballo possibili sono molteplici, la decisione di quale imballo utilizzare nasce da un accordo tra il cliente e il fornitore e dipende anche dal tipo di trasporto e dal viaggio che la pedana deve affrontare. La tendenza del settore automotive è quella di utilizzare pedane composte da cassette odette di plastica riutilizzabili e impilabili che permettono di ottimizzare il flusso con un processo di lean management.

Una pedana completa è formata da 4 parti principali:

1. Pallet
2. Cassetta
3. Termoformato, sacchetto, alveare e pianetto
4. Coperchio

Vengono presentate le tipologie principali per ogni componente che vengono utilizzate per lo stoccaggio e il trasporto sia di materiale che di prodotto finito

1. **Pallet:** esistono numerose versioni di pallet che variano a seconda delle esigenze del cliente o del fornitore, oppure che dipendono dal tipo di materiale che deve essere trasportato. Un ulteriore fattore da considerare è la destinazione finale della spedizione. Di seguito vengono presentati i diversi tipi di pallet più comunemente utilizzati nel caso aziendale.

- Europallet: dimensioni standard di 120x80x15 cm. È costantemente scambiato tra gli attori di una fornitura. È il tipo di pallet più comunemente utilizzato. Mostrato in Figura 29.



Figura 29 Europallet

- Pallet in legno: dimensioni di 120x80x10 cm. Viene utilizzato in caso di carenza di europallet, è un pallet di emergenza che non può essere recuperato ma va smaltito. Mostrato in Figura 30.



Figura 30 Pallet in legno

- Pallet in legno con trattamento di fumigazione: è il pallet che deve essere obbligatoriamente utilizzato in caso di spedizioni al di fuori del territorio europeo. Viene eseguito un trattamento termico o di essiccazione atto a prevenire le formazioni di muffe, parassiti e germi che si sviluppano nelle spedizioni internazionali. Le dimensioni possono essere sia standard che specifiche. Nelle Figure 32, 31 si mostrano due casi di pedane affumicate, una con dimensioni standard e l'altra con dimensioni più piccole.



Figura 32 Pallet in legno trattato 1



Figura 31 Pallet in legno trattato

- Pallet in plastica: le dimensioni variano a seconda dell'esigenza come i pallet in legno, con l'unica differenza che il materiale utilizzato è la plastica. Viene scambiato tra fornitore e cliente. Nella Figura 33 viene mostrato un caso con dimensione standard e nella Figura 34, una misura non standard di 120x100x15.



Figura 33 Pallet in plastica nera



Figura 34 Pallet in plastica blu

- Pallet in metallo: le dimensioni più comunemente utilizzate in azienda per questo tipo di materiale sono più grandi dello standard. Si trovano solitamente dimensioni di 120x100x15 come in Figura 36 e nel caso di pedane integrate al contenitore si hanno anche dimensioni di 120x80x60, come in Figura 35.



Figura 36 Pallet in metallo 1



Figura 35 Pallet in metallo 2

- **Pallet ESD:** I pallet utilizzati per i componenti elettronici devono avere la dicitura ESD, possono essere di diverse dimensioni oltre a quella standard. ESD è l'abbreviazione di Electrostatic Discharge, scarica elettrostatica. È un fenomeno che avviene quando tra due corpi a diverso potenziale elettrico avviene un trasferimento di carica. I danni che tipicamente vengono riscontrati su un dispositivo a semiconduttore dopo un evento ESD sono il breakdown dei dielettrici e le fusioni delle interconnessioni per colpa delle alte temperature che vengono generate. Si stima che le scariche elettrostatiche siano la causa dei guasti di più del 30% dei componenti elettronici (Podetti, E. Caratterizzazione di Gate Oxide Monitor e strutture di protezione concentrate e distribuite per ESD in tecnologia BCD8). Pertanto, per la movimentazione di prodotti elettronici al giorno d'oggi vengono utilizzate cassette e pedane ESD standard, mostrate in Figura 38. Viene utilizzato il simbolo standard ESD mostrato in Figura 37 per differenziare i materiali che sono adatti al trasporto di tali componenti elettronici.



Figura 38 Pallet ESD



Figura 37 Simbolo ESD

**2. Cassette:** il tipo di cassetta, come per la pedana, viene stabilita da un accordo tra il cliente e il fornitore. Esistono diverse dimensioni e tipologie e di seguito ne vengono mostrati i casi più comuni.

- **KLT in plastica:** è anche comunemente conosciuta come cassetta Odette, di frequente utilizzo nel settore automotive grazie alla possibilità di riutilizzo e alla facilità del trasporto data dall'impilabilità della cassetta. Se ne trovano di diverse dimensioni, ognuna di queste garantisce che una volta impilate e posizionate una di fianco all'altra, la superficie occupata sia sempre uguale alla dimensione standard dell'europallet. Le pedane intere sono composte sempre dallo stesso numero di cassette impilate tra loro. Nella Figura 39, viene mostrato un esempio di cassetta singola e nella Figura 40 un esempio di pedana composta da cassette impilate.



Figura 39 Cassetta KLT in plastica



Figura 40 Pedana intera di klt

- **Cassette in cartone:** rappresentano un'alternativa ai klt, le caratteristiche di impilamento e dimensionamento sono le stesse delle cassette in plastica. Vengono utilizzate per spedizioni internazionali, in cui non si può utilizzare la plastica oppure come contenitori di emergenza nel caso non ci fosse sufficiente disponibilità di klt. Non possono essere riutilizzate, ma vengono smaltite dopo l'utilizzo. Le dimensioni possono raggiungere l'intera pedana. Nelle Figure si mostrano una cassetta singola, Figura 42, una pedana con cassette impilate, Figura 41, e una cassetta unica per una pedana, Figura 43.



Figura 42 Cassetta singola cartone



Figura 41 Cassetta composta cartone



Figura 43 Cassa intera cartone

**3. Termoformato, sacchetto, alveare e pianetto:** sono strutture utilizzate per il posizionamento del materiale all'interno delle cassette. Sono utili per mantenere il materiale più fermo possibile durante il trasporto e prevengono eventuali danni dovuti alle movimentazioni. Di seguito si mostrano i tre tipi più utilizzati.

- **Termoformato:** è un vassoio, solitamente di plastica o poliestere, con delle sedi per il posizionamento del materiale. Grazie alla caratteristica di impilabilità, una cassetta ne contiene più di uno. Sempre grazie a tale caratteristica, viene talvolta utilizzato come un sostitutivo della cassetta, quindi la pedana viene composta impilando direttamente i termoformati e poi imballata per mantenere il tutto fermo. Alcuni tipi di termoformato sono recuperabili e riutilizzabili, altri vengono smaltiti oppure ricollezionati e rivenduti. Nelle Figure 44, 45 si mostrano due termoformati, uno in plastica e uno in polistirolo, mentre nella Figura 46 si mostra una pedana di soli termoformati.



Figura 45 Termoformato polistirolo



Figura 44 Termoformato plastica



Figura 46 Termoformati impilati

- Alveare e pianetto: sono due parti che solitamente vengono utilizzate insieme all'interno di una cassetta. L'alveare è una struttura in cartone che divide la superficie in sotto scomparti. Il pianetto è una piccola lastra di cartone che serve per creare un piano di appoggio tra una cassetta e l'altra. Nella Figura 48 viene mostrato un alveare e nella Figura 49 un pianetto posizionato sopra all'alveare.



Figura 48 Alveare



Figura 49 Pianetto

- Sacchetto di contenimento: viene utilizzato per inserire materiale sfuso all'interno di una cassetta, vedi Figura 50, oppure come doppia protezione oltre al termoformato, Figura 49. In entrambi i casi risulta utile per mantenere il materiale al riparo dalla polvere che potrebbe danneggiarne alcune parti.



Figura 50 Sacchetto per materiale sfuso



Figura 49 Sacchetto per termoformato

4. **Coperchio:** viene utilizzato per mantenere unite le pedane formate da cassette o soli termoformati oppure come protezione per l'impilamento in cataste. Alcuni coperchi vengono collegati al pallet tramite delle cinghie di contenimento, vedi Figure 52, 51.



Figura 3 Coperchio con cinghie



Figura 52 Coperchio su pedana

Considerando i diversi tipi di contenitori e di pedane che possono essere creati dalla combinazione degli elementi precedenti, è necessario avere una chiara identificazione dell'imballo utilizzato per un certo componente o per un certo cliente. È possibile che ci siano più combinazioni per lo stesso cliente. In ogni caso è necessario che il materiale in entrata venga gestito nel modo corretto e che una volta vuoto vada ricollezionato per la vendita, restituito al fornitore oppure smaltito. Per gli imballi del prodotto finito è invece essenziale essere preparati, avere, nel momento giusto, sufficiente disponibilità di imballi per il prodotto finito vuoti pronti per essere riempiti. Nel paragrafo successivo viene spiegato il metodo utilizzato per la gestione delle forniture sia del materiale che degli imballi.

## 2.7 Gli operatori

All'interno dei magazzini lavorano alcuni operatori, il cui numero e i cui compiti variano a seconda del magazzino specifico. Si nota in linea generale come gli operatori che lavorano in magazzini dedicati all'asservimento delle linee di produzione, siano operativi su tre turni; mentre i magazzinieri dedicati alle spedizioni operano sui due turni giornalieri, in quanto non vengono effettuate spedizioni o ricezioni di materiale durante la notte. Facendo riferimento alla mappa presentata nella Figura 19 al Paragrafo 2.4, di seguito vengono descritti i compiti assegnati ai singoli operatori:

- **Magazzino Tunnel:** viene gestito da 4 magazzinieri che si alternano su 3 turni al giorno per 6 giorni la settimana. È sempre presente un magazziniere per turno, tranne il mercoledì e il giovedì in cui sono presenti due magazzinieri per l'accavallamento dei turni necessario per il corretto funzionamento dei riposi. I compiti principali degli operatori sono l'ubicazione del materiale, la preparazione delle pedane di imballi vuoti, l'asservimento delle postazioni di picking.  
Oltre ai magazzinieri, sul turno centrale, dal lunedì al venerdì, lavora un magazziniere aggiuntivo che si occupa di dare un supporto ai colleghi e di eseguire delle operazioni di gestione del prodotto finito. In particolare, ha il compito di rigettare le pedane di prodotto finito che vengono portate in magazzino, ubicarle fisicamente e, quando richieste, portarle nel piazzale per il carico. Inoltre, offre supporto ai colleghi del tunnel per la preparazione delle pedane di imballi vuoti, per il carico/scarico e il trasporto di pedane di materiale e di imballi vuoti sul piazzale.
- **Magazzino elettronica:** un operatore che si occupa della gestione del materiale lavora sul turno centrale, per 5 giorni la settimana. Due operatori per turno che si occupano della gestione del prodotto finito di elettronica, preparazione pedane, ubicazione contabile del prodotto finito ewp e trasporto al piazzale. Due operatori per il primo e due per il secondo per 5 giorni alla settimana.
- **Magazzino Rosso:** 4 operatori lavorano su tre turni per 6 giorni la settimana e si occupa dello stoccaggio e della gestione del materiale per l'asservimento alle linee ecf.
- **Magazzino Centrale:** all'interno del magazzino centrale ci sono delle aree in cui vengono effettuate diverse operazioni. Nell'area adiacente all'area di produzione ecf, operano quattro magazzinieri che si alternano su tre turni per 6 giorni la settimana e che hanno il compito di gestire lo stoccaggio e l'asservimento alle linee del materiale

necessario alla produzione. Oltre al ruolo di magazzinieri, operano anche come waterspider per la linea.

All'interno del magazzino centrale, nell'area adiacente al reparto di completamento operano quattro magazzinieri dedicati, chiamati Returnable, che si alternano su tre turni per 6 giorni la settimana. Il loro compito è di montare delle pedane, portarle al reparto vuote e di ritirare quelle che vengono riempite. Le pedane piene di prodotto finito vengono stoccate e ubicate nello scaffale centrale. Oltre al prodotto finito ecf, ricevono del prodotto finito ewp, e anche in questo caso lo ubicano nello scaffale.

Lo scaffale che viene riempito dagli operatori del returnable da un lato, dal lato opposto presenta un'altra area in cui operano gli operatori delle spedizioni. Quando richiesto, prelevano il prodotto finito dallo scaffale, lo preparano per la spedizione e lo caricano sul bilico. Per queste operazioni operano 3 operatori sui turni primo, centrale e secondo per 5 giorni la settimana.

- **Magazziniere Piazzale:** un magazziniere che opera sul primo turno, 5 giorni a settimana, si occupa di caricare e scaricare le pedane dai bilici. Il suo ruolo è dedicato principalmente alla gestione del materiale e non del prodotto finito. Si occupa anche di distribuire le pedane nei magazzini di riferimento. Dona supporto per il carico/scarico e il trasporto di pedane per i colleghi.
- **Magazzinieri Jolly:** per riuscire a dare supporto nelle diverse aree di lavoro, ci sono 2 magazzinieri che vengono allocati nelle aree in cui si presenta il bisogno. Si alternano tra di loro sui tre turni.

Le operazioni assegnate agli operatori sono definite ma non vincolanti, questo significa che all'interno della giornata vige una forte collaborazione da parte degli operatori nelle diverse aree. È essenziale che questo tipo di rapporto sussista in quanto permette di rendere più flessibile la risposta ai picchi che può presentarsi.

## **2.8 La gestione delle forniture**

Il processo di fornitura si attiva dalla domanda prevista di prodotto finito in un certo periodo di tempo, che viene stimata dagli operatori responsabili del Material Planning. Tenendo in considerazione la quantità richiesta, più eventuali scorte di sicurezza, viene eseguita una pianificazione del materiale necessario per la produzione nelle linee. Questo tipo di pianificazione viene realizzata su un periodo di sei mesi in anticipo ed è costantemente aggiornata. Le ordinazioni di materiale vengono fatte spedire al magazzino in consignment, che trattiene lo stock sino al momento dell'utilizzo.

Sulla base degli ordini effettivi dei clienti, raccolti dagli operatori del customer service, viene creato un piano di produzione per le due o tre settimane successive. Tale piano viene riformulato ogni settimana e tiene sempre conto della pianificazione delle due settimane successive. Da tale pianificazione della produzione, vengono elaborati gli ordini al magazzino in consignment per il prelievo del materiale. Vengono fatti due ordini al giorno, uno al mattino e uno al pomeriggio, che hanno l'obiettivo di coprire la produzione pianificata dal momento di arrivo del materiale in sede, sino all'arrivo della consegna successiva. La logica dietro a questo tipo di gestione risiede nella volontà di mantenere a magazzino uno stock il quanto più lean possibile rispetto alla quantità da utilizzare, per avere la quantità giusta nel momento giusto.

Se il processo appena descritto riguardava la gestione delle forniture di componenti necessari alla produzione, una volta utilizzati tali materiali, si innesca la fornitura e la gestione dei prodotti finiti in uscita. Seguendo la pianifica creata dal material planning ogni due settimane, un operatore dedicato attiva il processo di outbound creando un ordine degli imballi vuoti per il prodotto finito. È essenziale che gli imballi siano coerenti con quelli richiesti dai clienti per una specifica spedizione e che siano disponibili nel magazzino esterno nel momento giusto. Anche nel caso degli imballi di prodotto finito, vengono elaborati due ordini al giorno per il magazzino esterno, dove si tengono imballi pronti, oppure a un fornitore specializzato per la fornitura di cartone. L'assenza del giusto imballo, quando occorre, attiva l'utilizzo di un imballo di emergenza, solitamente in cartone. Oltre al pianificato, quando si ordinano gli imballi, è necessario tenere conto di eventuali variazioni all'ultimo minuto della produzione che possono anticipare un prodotto, bloccarlo, annullarlo o posticiparlo. Questo comporta che ci sia sempre una piccola scorta di tutti i tipi di imballo in modo da poter coprire tali situazioni sino alla consegna dell'ordine successivo.

Nel caso delle eWp, la fornitura outbound viene gestita con tempi molto stretti, a causa dell'alta domanda, un prodotto uscito dalla produzione, rimane poco tempo in stock a magazzino, in quanto viene subito spedito al cliente. Lo stesso non vale per i prodotti ECF di cui si riesce a creare una buona scorta a magazzino, dalla quale si pesca materiale con una logica FIFO al momento della spedizione. L'obiettivo è quello di riuscire a ottenere una situazione per le eWp un po' più simile a quella delle ECF, in quanto la disponibilità di uno stock a magazzino garantisce un margine di manovra più ampio nel caso di variazioni nella produzione. In questi termini, si intende un stock non eccessivo che sarebbe altrimenti inefficiente. L'introduzione in futuro di una nuova linea, insieme a un aumento della capacità di magazzino, dovrebbe favorire il raggiungimento di tale condizione.

## **2.9 Il progetto in analisi**

Come è stato spiegato nel Paragrafo 2.1, l'azienda sottoposta ad analisi è una grande realtà operante nel settore automotive che si occupa della produzione di componenti auto con sedi in tutto il mondo.

Recentemente, grazie all'aumento della richiesta di mercato di pompe ad acqua eWp, l'azienda si è dovuta adattare per riuscire a soddisfare l'incremento di domanda e lo ha fatto creando delle nuove linee produttive. La linea 4 è in fase iniziale di lavoro ed è già in progetto l'installazione di una quinta linea.

L'aumento delle linee di produzione ha portato inevitabilmente ad un aumento della richiesta di materiale e dei volumi stoccati, i quali sono risultati molto più ingenti rispetto allo spazio a disposizione a magazzino e pertanto è nata la necessità di trovare nuove soluzioni per la corretta ubicazione del materiale.

Il magazzino sottoposto ad analisi è il magazzino tunnel che opera come supermarket per le linee di produzione e che ospita componenti, imballi vuoti e prodotti finiti. All'interno del magazzino è presente un'area utilizzata come postazione di ricarica delle batterie dei carrelli elevatori e dei transapallet elettrici. Il progetto mira all'ampliamento dei posti di ubicazione a magazzino, tramite la riallocazione dell'area di ricarica in una zona esterna alla struttura al fine di liberare spazio e poter creare delle nuove scaffalature in quella zona.

Nel corso del tempo, a causa dell'aumento della domanda, sono aumentati i volumi di materiale da gestire e con la scarsa disposizione di spazio, sono state accumulate pedane in corrispondenza della zona di smistamento 1720\_IN situata di fronte all'entrata del magazzino tunnel, mostrato nella Figura 19 del Paragrafo 2.4. Le pedane accatastate a terra costituiscono una grossa criticità in quanto creano un grosso ingombro, riducono lo spazio di passaggio, sono difficili da trovare non avendo un'ubicazione definita e di conseguenza non permettono il prelievo del materiale in logica FIFO. Il materiale accatastato crea un passaggio aggiuntivo nel flusso iniziale dei materiali, uno step che risulta oneroso per l'azienda in termini di tempo, spazio e risorse.

Con la creazione di nuovo spazio all'interno del magazzino, l'obiettivo principale è quello di riuscire a riallocare il materiale attualmente accatastato e ubicarlo su scaffalature tradizionali nuove che permetterebbero un prelievo più celere e mirato del materiale, in rispetto alla logica FIFO.

Il fine di tale analisi è la creazione di un re-layout della zona liberata a magazzino, portato a termine seguendo un approccio Lean di eliminazione degli sprechi.

## Capitolo 3: Il magazzino AS IS

Lo studio effettuato nel presente capitolo ha lo scopo di esaminare lo stato iniziale del magazzino soggetto ad analisi al fine di stabilire un punto di partenza per lo studio delle modifiche da apportare. Partendo da una breve descrizione qualitativa, si procede con un esame più approfondito delle caratteristiche tecniche della struttura e dei flussi degli operatori e del materiale. Successivamente si procede con l'individuazione e classificazione degli sprechi e delle inefficienze dell'impianto, e si conclude con l'individuazione della fonte delle problematiche individuate tramite il metodo iterativo 5 whys.

### 3.1 Layout e descrizione del magazzino da analizzare

Il magazzino protagonista dell'analisi svolta è un magazzino supermarket, detto "tunnel", adiacente alla linea di produzione del prodotto finito eWp, e che viene utilizzato principalmente per l'ubicazione di componenti, prodotti finiti e imballi vuoti. La struttura è di tipo capannone telonato a un piano, di forma rettangolare con strutture portanti posizionate lungo i lati della struttura, vedi Figura 53.



Figura 53 Foto struttura capannone

Il magazzino presenta due entrate principali in corrispondenza degli estremi della struttura che portano all'esterno e un passaggio laterale che conduce all'area dedicata alle linee produttive. Una delle due entrate principali viene utilizzata per il trasporto e la movimentazione del materiale in entrata e in uscita dal magazzino. La seconda entrata principale invece viene usata per il passaggio del personale e del materiale verso altre zone dell'azienda e per il trasporto di materiale non inerente alla produzione del prodotto finito eWp. Al suo interno la struttura si sviluppa su un corridoio principale che collega le due entrate principali e lungo il quale sono dislocate delle scaffalature tradizionali che ospitano materiale. L'area di interesse include una scaffalatura laterale dislocata su tutto il lato a sinistra del corridoio principale e un'area che si sviluppa dalla seconda metà della struttura e che include una scaffalatura centrale, un corridoio secondario e una zona adibita a postazione di ricarica delle batterie dei mezzi di movimentazione.

L'area di ricarica, si trova all'interno di una zona di ampliamento della struttura, che è stata realizzata per unificare la struttura a capannone e la struttura in muratura adiacente che ospita

le linee produttive. È un collegamento realizzato grazie a una struttura portante a colonne di piccole dimensioni, la cui maglia però risulta essere posizionata al centro del corridoio secondario, vedi Figura 54. Lungo la giuntura che unisce le due strutture è presente un cornicione che in condizioni di forti piogge o condizioni atmosferiche avverse, si satura provocando grosse perdite di acqua all'interno della struttura. Non sono in programma delle operazioni di riparazione, pertanto tale problematica è da tenere in considerazione durante la decisione di ristrutturazione dell'area sottostante.



*Figura 54 Area collegamento strutture*

Le scaffalature all'interno del magazzino tunnel sono di tipo tradizionale, con campate di larghezza 2,7 m che riescono a ospitare dai due ai tre europallet in base al tipo di posizionamento delle pedane. L'altezza massima degli scaffali lungo tutta la struttura è di tre piani, che raggiungono circa 4 m di altezza totale. La profondità degli scaffali varia a seconda del tipo di posizionamento delle pedane utilizzato nei diversi scaffali; se si suddividono gli scaffali in tre zone, lo scaffale lungo laterale che segue il corridoio principale, lo scaffale centrale e lo scaffale corto laterale, allora si trovano tre profondità diverse per due tipi di direzioni di ubicazione. Lo scaffale lungo e lo scaffale corto presentano una profondità di 90 cm che riesce a ospitare tre pedane per campata, ubicate di punta, con vista frontale di 80cm. Diverso tipo di ubicazione viene invece utilizzato nello scaffale centrale, le cui campate riescono ad ospitare un massimo di due pedane, ubicate con lato corto parallelo al fronte, con una vista frontale di 120 cm per posto pallet e una profondità di 80 cm. Le campate totali per lo scaffale centrale sono 14, per lo scaffale corto 2 e per lo scaffale lungo 21. Considerando il

diverso tipo di ubicazione delle pedane nei rispettivi scaffali, il magazzino ospita un totale di 378 posti pallet di cui 129 a terra.

Operando come supermarket, tutti i posti a terra vengono utilizzati come postazione di prelievo del materiale e questo determina un grosso vincolo da tenere in considerazione nella progettazione della struttura. Il resto del magazzino viene utilizzato per lo stoccaggio di prodotti finiti, in aree non considerate nel progetto di analisi.

All'interno del magazzino vengono utilizzati carrelli elevatori e transpallet elettrici, che riescono a raggiungere i 3.769 mm di altezza forche, sufficienti per l'altezza massima delle scaffalature di 3.300 mm. L'angolo di manovra è di circa 4.000 mm per i carrelli elevatori e 2.800 mm per i transpallet. La velocità massima raggiungibile varia tra i 4/6 km/h.

All'interno del tunnel, vengono ospitati materie prime, prodotti finiti e imballi vuoti utili alle linee produttive adiacenti. Il magazzino è suddiviso in tre zone principali in base al tipo di materiale da ubicare. Lo scaffale corto e lo scaffale centrale ospitano le materie prime su tutti i piani presenti. All'interno dell'area i materiali sono ubicati con posti dedicati, anche se in pratica, a causa della carenza di spazio, spesso i materiali vengono ubicati con posti condivisi. Il piano terra viene utilizzato per il picking del materiale da parte della linea. Lo scaffale laterale lungo ospita gli imballi vuoti e i prodotti finiti. Gli imballi vuoti possono essere ubicati soltanto a terra, in quanto sono pedane che vengono create a seguito di un'operazione di refilling dalla linea e la tipologia di allocazione è a posti dedicati. Il posto occupato dagli imballi vuoti ammonta a soli 30 posti pallet, il resto dello spazio sullo scaffale laterale lungo è occupato dai prodotti finiti.

Quando si parla di prodotti finiti si intendono le pedane vuote per i prodotti finiti, le pedane piene di prodotti finiti e le pedane vuote per la produzione. Le pedane vuote sono pedane che vengono stoccate in magazzino per essere prelevate dalle linee all'occorrenza e riempite di prodotti finiti. Una volta riempite, vengono riportate in magazzino e stoccate piene, pronte per essere spedite. In base al cliente, cambia il tipo di pedana, sia per quanto riguarda la grandezza che il materiale. A magazzino vengono stoccati i vari tipi di pedana vuota in una certa zona e le pedane piene in un'altra zona adiacente. Le pedane vuote per la produzione sono contenitori che vengono utilizzate per la movimentazione di materiale all'interno delle linee. Alcuni clienti richiedono un'operazione aggiuntiva di staffatura per i loro prodotti finiti e per trasportare il materiale dalle linee alla zona di staffatura vengono utilizzate delle pedane specifiche che all'interno del magazzino tunnel vengono stoccate in zone dedicate. Il materiale viene movimentato con carrelli elevatori e transpallet elettrici da parte di operatori incaricati. Per l'asservimento alle linee viene incaricato un operatore specifico che porta il materiale con un carrello manuale dedicato.

Per riuscire a creare il layout del magazzino sono state effettuate delle misurazioni con metro a nastro e metro laser di tutti gli ingombri, della struttura principale e secondaria, delle scaffalature presenti e degli ingombri a terra del materiale.

L'obiettivo principale è stato quello di riportare in scala la struttura e il posizionamento del materiale al suo interno nello stato iniziale per poi valutare delle azioni di riallocazione delle strutture mobili o di adattamento alle strutture fisse. Una volta eseguite le misurazioni i risultati sono stati riportati su un foglio Excel strutturato con quadrati di uguali dimensioni di 13 pixel e in scala 1 quadrato:10 cm. Riportando la struttura sul foglio di lavoro si è ottenuta una rappresentazione del layout del magazzino. Si riporta in allegato il layout ottenuto.

Identificato il magazzino nella sua struttura e organizzazione, è stato calcolato l'indice di selettività e il coefficiente di utilizzazione superficiale.

**Selettività-** La selettività del magazzino è del 100%, in quanto tutte le unità di carico sono direttamente accessibili. Tuttavia, una considerazione va eseguita riguardo a questo indice. Le pedane prese in considerazione non contemplano quelle presenti a terra accatastate nel corridoio antecedente l'entrata principale del magazzino, materiale per cui non si trova posto a scaffale e che quindi viene accatastato in una zona non idonea. In tale condizione, la selettività scende rapidamente dal suo massimo, in quanto le catoste sono posizionate una davanti all'altra e non permettono un prelievo diretto del materiale. Questa criticità va ad influenzare anche il coefficiente di saturazione della ricettività di magazzino, ovvero la percentuale relativa al numero medio di unità di carico presenti nel magazzino confrontate con il numero di potenzialità teorica massimo di unità di carico stoccabili nel magazzino. Considerato che gli operatori sono costretti ad accatastare materiale a terra fuori dal magazzino e che nel momento in cui si libera un posto a scaffale questo viene riempito con nuovo materiale, il coefficiente di saturazione è sempre uguale al 100%. Questo conferma la situazione di criticità presente, un magazzino saturo che va ristrutturato per aumentarne la capacità di stoccaggio e liberare una zona esterna non idonea per l'ubicazione di materiale.

**CUS- Coefficiente di Utilizzazione Superficiale:** per il calcolo di tale coefficiente è necessario essere a conoscenza della dimensione dell'unità di carico, della dimensione del posto pallet, dell'ampiezza del corridoio, dei livelli di stoccaggio, altezza scaffalatura e il numero di pallet per modulo.

Nel caso in esame, come precedentemente anticipato, il numero di pallet per modulo varia in base al tipo di ubicazione utilizzata per il singolo scaffale. Con la stessa ampiezza di campata infatti, nell'ubicazione di punta, vengono stoccate tre unità di carico, mentre nell'ubicazione con lato corto parallelo al fronte ne vengono stoccate 2. Moltiplicando il numero di unità di carico per l'altezza della scaffalatura si ottengono 6 e 9 unità di carico per modulo.

Per calcolare la dimensione superficiale del modulo unitario, sono state considerate le profondità delle campate, a cui è stata aggiunta la quota parte di corridoio necessaria per lo stoccaggio. Nello schema grafico in Figura 55 le dimensioni considerate vengono riassunte e rappresentate con la lettera "a" per il corridoio, "w" per la profondità della campata e "l" per la lunghezza della campata.

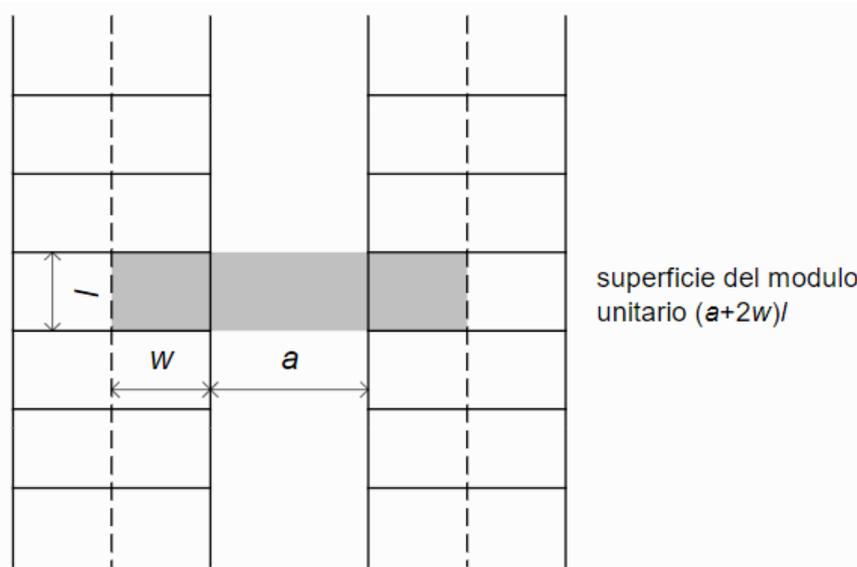


Figura 55 Schema grafico del Calcolo di un Modulo Unitario [14]

Lo spazio di corridoio da considerare deve tenere conto del tipo di mezzo utilizzato per l'ubicazione del materiale. I carrelli elevatori si muovono con area di manovra di 4 metri, che corrisponde alla larghezza del corridoio e quindi determina il dato da utilizzare.

Eseguendo i calcoli per le due tipologie di scaffale si ottengono i valori mostrati in Tabella 2:

Tipo Scaffale	Pallet/piano	Numero Piani	Modulo unitario	CUS
Scaffale Centrale H.3900x L.2700x P.800	2	3	12,96 m <sup>2</sup>	0,463 pallet/m <sup>2</sup>
Scaffale Laterale H.3900x L.2700x P.1200	3	3	14,04 m <sup>2</sup>	0,641 pallet/m <sup>2</sup>

Tabella 2 Calcolo CUS per scaffali

Ne risulta un valore migliore per l'ubicazione con lato corto parallelo al fronte. Per una questione di semplicità di gestione, la situazione migliore in cui si dovrebbe operare è un magazzino con una tipologia di ubicazione standard per tutti gli scaffali nel magazzino, che permetta di sfruttare a pieno lo spazio a disposizione.

Di seguito è rappresentato il layout dell'area di interesse, nella Figura 56 sono visibili il magazzino tunnel e il magazzino blu all'interno del complesso aziendale di riferimento. Nelle Figure 57, 58, 59 è rappresentato il layout ottenuto dal lavoro di misurazione effettuato sul campo.

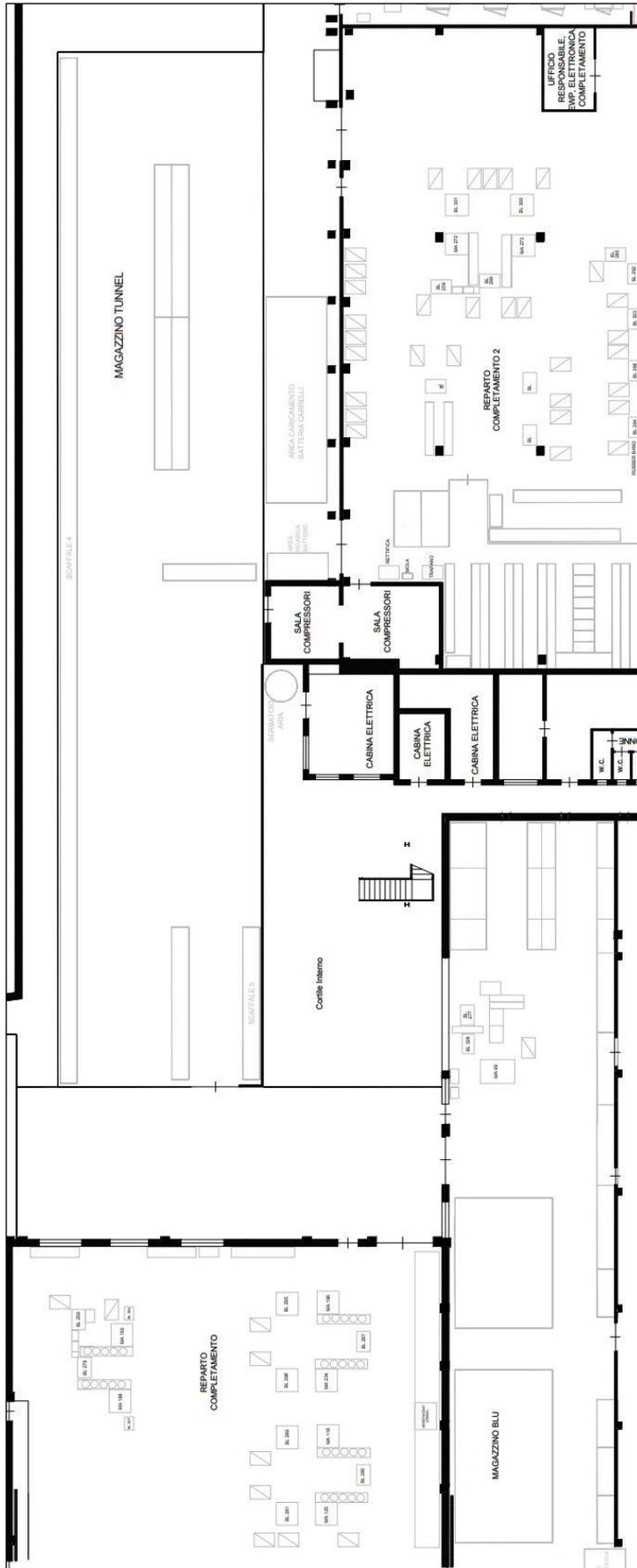


Figura 56 Layout area di interesse

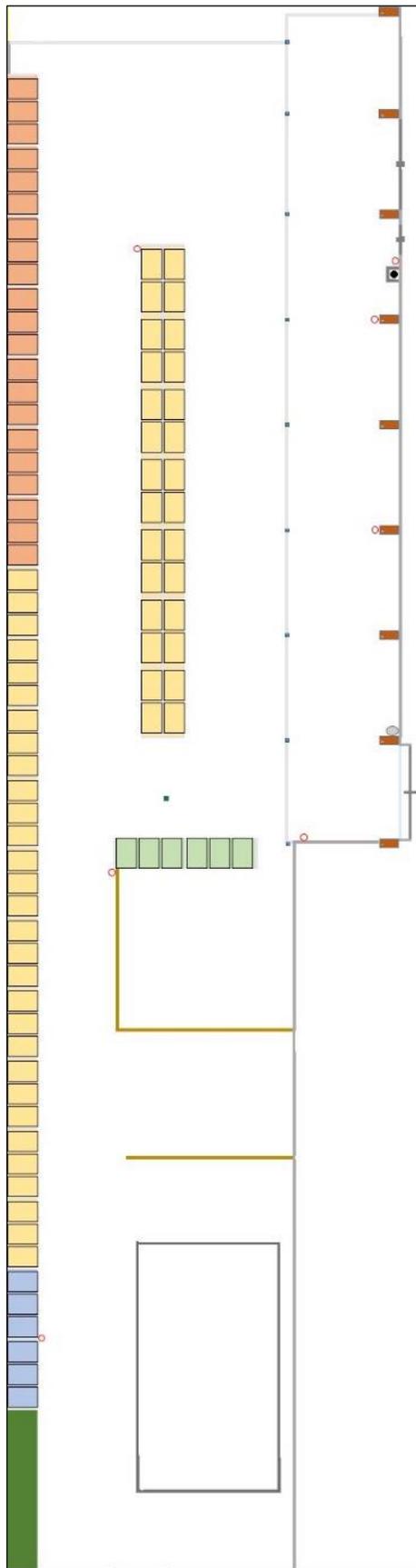


Figura 57 Layout del magazzino

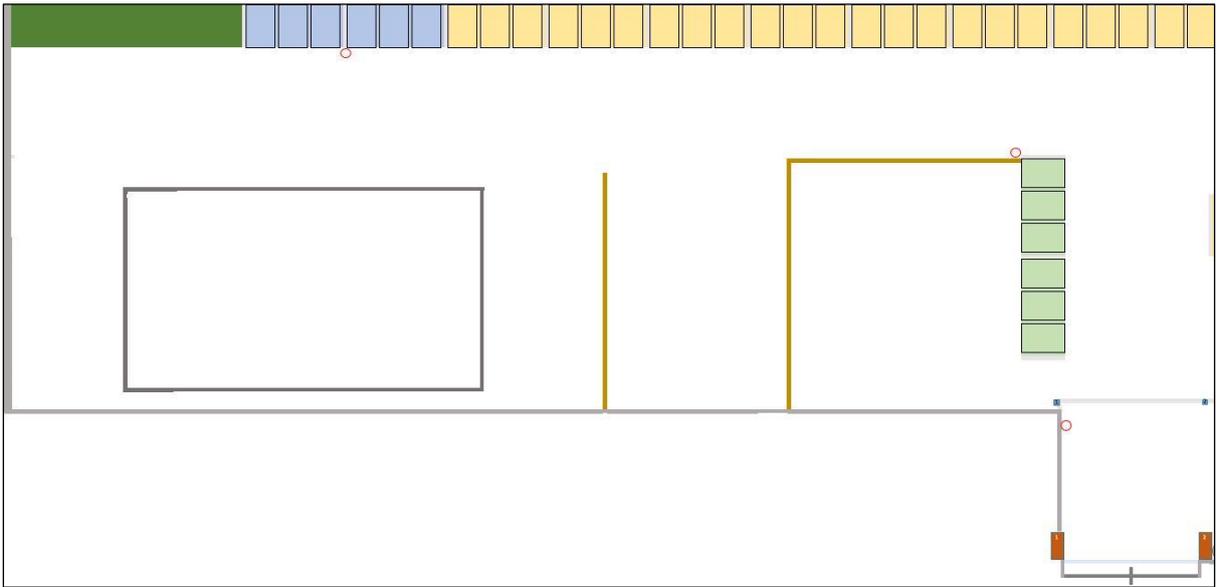


Figura 58 Layout lato sinistro

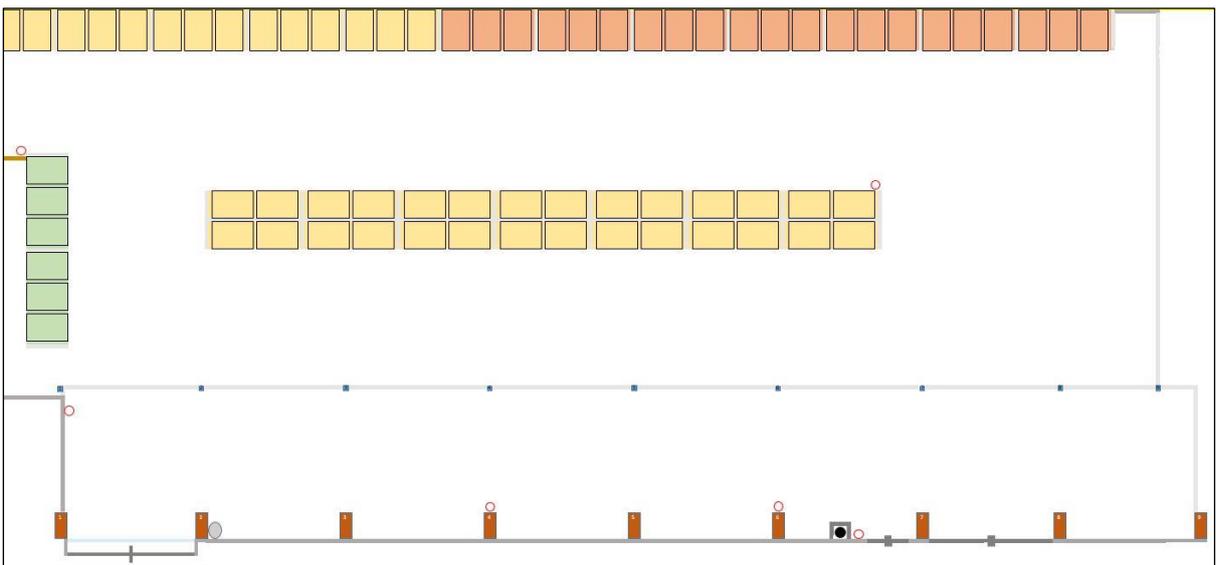


Figura 59 Layout lato destro

### 3.2 Postazioni di Picking e Refilling

Il magazzino tunnel ospita delle aree dedicate all'immagazzinamento di materie prime, che vengono prelevate in una zona dedicata con una operazione di picking oltre che un'area dedicata al riposizionamento di imballi vuoti che sono stati utilizzati nel reparto di produzione. Questi imballi vengono raccolti in un'area dedicata tramite l'operazione di refilling, con lo scopo di poterli riutilizzare o rivendere. Nel presente capitolo vengono analizzate nel dettaglio le due operazioni di picking e refilling, fondamentali per la corretta gestione dei materiali in entrata e in uscita dall'area di produzione.

**Picking-** Il picking è l'operazione con la quale una pedana contenente materiale, viene aperta per poterne prelevare una certa quantità [12]. Nel caso in esame, trattandosi di un magazzino di componenti, il materiale che viene prelevato con il picking corrisponde ai componenti necessari al reparto produttivo. L'addetto waterspider si reca alle postazioni di picking in magazzino, preleva il materiale e lo consegna alle postazioni situate nelle linee di produzione. Da queste postazioni il materiale viene immesso nelle linee dalle quali viene movimentato tramite nastri e rulliere tra una postazione e l'altro di lavoro. Essendo materiale necessario al reparto produttivo, è essenziale che l'operazione di picking avvenga in tempi più brevi possibili e che sia accessibile al personale incaricato.

In un magazzino con scaffalatura tradizionale, per poter effettuare le operazioni di picking è necessario che le pedane da cui viene prelevato il materiale rimangano ubicate a terra, in modo da non dover spostare pedane ogni qualvolta avviene un prelievo. Per questa ragione è cruciale che sia dedicato un posto pallet a terra per il picking di tutti i codici che vengono utilizzati in produzione.

Attualmente, nel magazzino Tunnel, vengono ubicati componenti, prodotti finiti e imballi vuoti. Essendo un magazzino supermarket vengono stoccati soltanto materiali da utilizzare per la produzione di eWp, Electric Water Pump. Oltre all'area sotto al tunnel, vengono utilizzate delle scaffalature tradizionali per il picking di materiali anche all'interno del reparto di produzione, in quanto per richieste contrattuali alcuni codici devono essere stoccati in una struttura interna in muratura. Tali scaffali si trovano all'entrata dell'area produttiva e attualmente vengono utilizzati per il picking sia il piano a terra che i piani superiori.

I posti totali a terra presenti nello spazio totale di magazzino tunnel e magazzino interno sono 91 esterni e 9 interni. I posti pallet totali nel magazzino sono 273 esterni e 24 interni, per un totale di 297 posti di cui 100 a terra. I codici totali che devono essere stoccati a terra all'interno del tunnel per l'operazione di picking sono 55, vanno aggiunti 17 codici facenti parte della minuteria che vengono stoccati su una rulliera posizionata a terra con un ingombro di 3 posti pallet. Viene fatto un conteggio a parte per i codici dei componenti appartenenti a un cliente specifico che, da accordi contrattuali, richiede che il materiale venga stoccato in struttura in muratura. I componenti di questo cliente ammontano a 22 e vengono stoccati solamente nelle scaffalature interne alla linea.

Per ciò che concerne il componente del motore necessario per la produzione del prodotto finito eWp, viene fatto un discorso separato per quanto riguarda lo stoccaggio e l'ubicazione. I motori vengono infatti ubicati su scaffalature tradizionali posizionate all'interno del magazzino "blu", un magazzino adiacente all'entrata principale del magazzino tunnel che viene utilizzato per la sola ubicazione del materiale. I motori prelevati dal magazzino vengono portati nel magazzino

interno alla zona produttiva per essere disimballati, aperti e posizionati su scaffalature tradizionali per l'operazione di picking. I codici totali gestiti di questo tipo di componente ammontano a 18.

**Refilling-** L'operazione di Refilling consiste nel ricomporre tramite i singoli componenti una pedana intera. Nel caso aziendale in esame, vengono ricomposte pedane con l'impilamento di imballaggi vuoti, il cui materiale è stato già utilizzato in produzione. Gli imballi vuoti in plastica vengono ricollezionati, imballati e rivenduti a terzi. Questa operazione costituisce un'entrata per l'azienda e una buona soluzione a livello ambientale in quanto permette che vengano riutilizzati materiali in plastica ancora validi.

L'operazione di Refilling, similamente all'operazione di Picking, avviene ogni volta che nel reparto produttivo viene svuotato un imballaggio, primario o secondario. È necessario che venga eseguito in tempi brevi e che quindi la pedana da riempire sia posizionata a terra. Anche in questo caso è necessario un posto pallet a terra, dedicato al tipo di imballo da collezionare. Nel momento in cui viene completata una pedana, questa viene subito sostituita e movimentata nella zona di spedizione, lasciando lo spazio a scaffale libero per una nuova pedana da riempire. Considerando il numero totale di imballi primari e secondari che vengono raccolti e rivenduti, i posti a terra necessari per l'operazione di refilling ammontano a 32.

Se quindi vengono considerati i posti pallet a terra necessari per una corretta ubicazione del materiale, sommando i posti del picking e del refilling, otteniamo 91 posti pallet interni al tunnel.

Per ciò che concerne i motori, l'operazione di refilling delle pedane di contenitori vuoti viene eseguita a terra all'interno dell'area di produzione, di fronte lo scaffale del picking. Il tipo di contenitore è lo stesso per tutti i motori gestiti, ciò che cambia è il termoformato interno che varia a seconda del singolo codice. Esistono due tipi di termoformati e quindi le postazioni di refilling totali interne sono 2.

### **3.3 Analisi dei flussi di materiale con codici gestiti e rispettivi volumi**

Il materiale che viene movimentato e gestito all'interno di un'azienda che opera nel settore automotive, per la natura intrinseca del prodotto finito, è solitamente composto da numerosi componenti e parti. Organizzare la fornitura, lo stoccaggio, la produzione e la consegna può risultare un processo articolato che richiede una programmazione dettagliata.

Un dato di partenza essenziale è determinato da un elenco dei prodotti finiti che vengono prodotti all'interno dello stabilimento e la rispettiva distinta base di cui si compongono. Esplorendo la distinta base, è necessario definire anche i codici e i dettagli dei componenti utilizzati, per avere una panoramica di ciò che viene richiesto dalla produzione e che va gestito a livello di approvvigionamento e magazzino.

Il primo passaggio dell'analisi è stato la creazione di un file nel quale per ogni prodotto finito è stato definito il codice del prodotto finito, la descrizione del prodotto finito, il codice del componente, la descrizione del componente, il livello nella BOM in cui viene richiesto, la quantità richiesta nella BOM, l'unità di misura utilizzata per la quantificazione delle scorte, se si tratta di semilavorato interno o componente fornito, il fornitore del componente, il cliente del prodotto finito e la linea di produzione in cui viene lavorato.

Successivamente, è stato necessario comprendere i volumi che questi componenti occupano e per poterlo fare è stato analizzato un intero mese di stock all'interno dello stabilimento, con una ulteriore distinzione fatta per stabilire quanto della quantità presente fosse effettivamente ubicata a scaffale in SP2 e quanta non lo fosse. La decisione di svolgere l'analisi sugli stock su un solo mese dell'anno si è basata sul fatto che i prodotti finiti che vengono prodotti, hanno una domanda poco variabile nel tempo e che quindi presenta una variabilità trascurabile tra un mese e l'altro. Si è ottenuto che circa il 54% del materiale a stock non è ubicato a scaffale. Un dato alto che spiega e rappresenta la situazione critica creatasi dalla merce accatastata nella zona 1720\_IN.

All'interno dell'azienda presa in esame, e considerando principalmente i codici di materiale che fanno riferimento al magazzino sottoposto ad analisi, il materiale da gestire segue dei passaggi precisi dal suo arrivo in azienda alla sua uscita. Come spiegato nei capitoli precedenti, l'azienda sfrutta l'ausilio di un magazzino esterno che viene utilizzato per lo stoccaggio della merce da parte dei fornitori in consignment. Il consignment, o conto in deposito, è dunque il primo step che viene fatto dal materiale una volta consegnato al magazzino esterno. Nel giorno della consegna il materiale viene stoccato, e sino a che non arriva una richiesta di prelievo da parte della sede principale, rimane di proprietà del fornitore. Nel momento in cui si effettua il prelievo, il materiale passa di proprietà, viene etichettato e spedito alla sede principale. Arrivato in sede, viene aggiornato lo stato e il luogo del materiale e successivamente ubicato. Tenendo in considerazione soltanto i materiali di interesse all'analisi, esistono 4 stati principali che possono essere assegnati al materiale consegnato in azienda:

- *SP0- sp0entra*, il materiale viene stoccato a terra, in qualunque zona dello stabilimento. È uno stato provvisorio del materiale prima di essere ridistribuito altrove.
- *S17- 1720\_IN*, il materiale viene stoccato a terra, su cataste, nel corridoio antistante l'entrata principale del corridoio tunnel. Questo stato di ubicazione è stato creato a causa della carenza di spazio a scaffale; infatti, era ormai diventato frequente che il materiale rimanesse a lungo stoccato a terra, rendendo quella zona non più provvisoria, ma definitiva.
- *SP0- bilico*, il materiale viene stoccato a terra, su cataste nella zona del piazzale di scarico. È solitamente uno stato provvisorio del materiale prima di essere ridistribuito altrove.
- *SP2- posto di ubicazione*, il materiale viene stoccato su scaffali, in un posto di ubicazione preciso. All'interno dello stato di SP2 rientrano il magazzino tunnel e il magazzino "blu", entrambi ospitano materiale per le eWp, ma con la differenza che il magazzino blu, essendo una struttura in muratura, viene utilizzato per la giacenza di materiale che per motivi contrattuali deve rimanere stoccato al chiuso. In ogni caso, SP2 è lo stato definitivo del materiale prima di essere prelevato dalla produzione.
- *PS- produzione*, il materiale viene prelevato per essere utilizzato nelle linee di produzione. La singola pedana viene movimentata nei posti a terra dedicati al picking.

Sebbene il percorso ideale che il materiale dovrebbe fare sia l'arrivo in Bilico e poi il passaggio direttamente in SP2, nel suo posto di ubicazione definitivo, questo spesso non accade e in

alternativa vengono fatti i passaggi bilico, 1720\_IN e infine SP2, talvolta non si arriva neanche allo step SP2 perchè il materiale viene direttamente prelevato da parte della produzione.

Tramite l'utilizzo di Flowchart, vengono rappresentati i diversi percorsi che vengono solitamente eseguiti dal materiale. Dovendo considerare principalmente il flusso dalla consegna all'entrata in produzione, non si considerano i passaggi antecedenti e successivi a tali passaggi.

Nella Figura 60 viene rappresentato il flowchart del materiale, nel quale il simbolo della freccia rappresenta uno spostamento, nei diversi passaggi i mezzi utilizzati per il trasporto cambiano. All'interno del magazzino in consignment e a seguito dello scarico del materiale, i mezzi utilizzati sono i carrelli elevatori o i transpallet elettrici. Dopo il prelievo del materiale, avviene il trasporto alla sede di produzione con bilici.

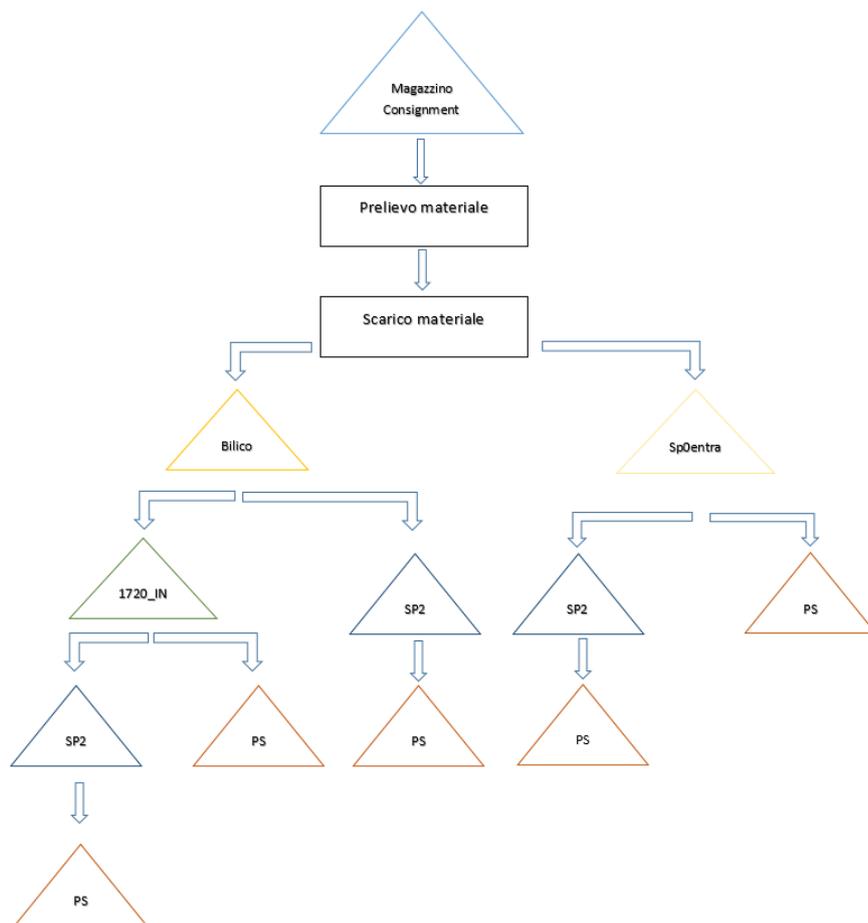


Figura 60 Flow chart del materiale

### 3.4 Analisi dei flussi delle risorse umane e circuito del Mizusumashi

Lo Spaghetti Chart si realizza tramite una mappatura che viene eseguita tramite un disegno manuale del flusso fisico andando a evidenziare i percorsi, le distanze coperte e i tempi di attesa relativi alla movimentazione degli elementi di interesse (Michalos et al., 2018).

Per poter costruire il grafico è necessario partire da una pianta in scala del layout da analizzare, su cui si vanno a tracciare tutti gli spostamenti dell'elemento analizzato con una linea continua dalla prima all'ultima attività del ciclo di lavoro. L'obiettivo è di ottimizzare i movimenti con il fine di minimizzare quelli non necessari (Michalos et al., 2018).

Per evidenziare movimenti della stessa persona/materiale lungo lo stesso percorso è utile utilizzare linee di colore diverso.

Questo grafico, una volta ultimato, permette di individuare gli sprechi relativi alle attese, al trasporto e ai movimenti degli operatori e del materiale.

Nel caso in esame, sono stati analizzati i flussi relativi ai componenti, agli imballi vuoti e agli operatori waterspider e magazzinieri. L'obiettivo era quello di individuare le aree a maggior afflusso e i movimenti che determinano la creazione di sprechi in termini di attese, trasporto e movimenti.

La prima analisi effettuata è stata fatta tracciando i movimenti dell'addetto waterspider, reponsabile del rifornimento alle linee dal magazzino supermarket e della raccolta dei contenitori vuoti utilizzati dalle linee di produzione.

La seconda analisi è stata fatta per tracciare i movimenti eseguiti dagli operatori del magazzino, che si occupano degli spostamenti del materiale dall'arrivo in azienda allo stoccaggio a magazzino in forma di componente. A seguito delle operazioni in linea, si occupano di recuperare i contenitori vuoti portati dal waterspider, ri assemblando le pedane di imballi vuoti e portandole in uscita per la vendita.

**Analisi dei Flussi del Waterspider-** Il Mizusumashi, o waterspider, ha il compito di portare i componenti da lavorare alle linee, nel momento in cui lo richiedono e di liberare le stesse dalle confezioni vuote che si creano a seguito del prelievo del materiale.

Le operazioni osservate nel caso aziendale in esame sono raggruppabili in:

1. Raccolta imballi vuoti in linea
2. Ubicazione imballi vuoti in magazzino
3. Raccolta componenti in magazzino per produzione
4. Ubicazione componenti nelle linee
5. Raccolta pedana di Prodotti Finiti in linea
6. Ubicazione pedana di Prodotti Finiti in magazzino
7. Raccolta e ubicazione pedana vuota per PF in linea
8. Movimentazione pedane in magazzino
9. Raccolta e ubicazione pallet per linea

Il metodo che viene utilizzato per il rifornimento alle linee è di tipo Kanban con contenitore a lotti. In ogni postazione di lavoro è presente una rulliera con i contenitori pieni e una rulliera con i contenitori vuoti. Ogni rulliera ospita un massimo di contenitori. Se la rulliera è piena, non serve rifornimento, se mancano dei contenitori e quindi presenta dello spazio libero, significa che serve il rifornimento. Ragionamento opposto funziona per la rulliera dei

contenitori vuoti, se la rulliera è piena di contenitori vuoti, significa che si deve attivare la raccolta dei contenitori e che va liberato spazio, se la rulliera è vuota, non serve attivare la raccolta. Questo metodo riprende l'idea alla base del batch kanban secondo cui vengono utilizzate tre aree di accumulo che si riempiono in successione ad indicare la necessità più o meno urgente di rifornimento.

La presenza di più contenitori sulle rulliere segue il metodo del batch kanban che prevede l'utilizzo di tre zone che si attivano in successione per indicare il livello di scorta presente nelle postazioni di lavoro ad ogni momento. Se si ipotizza uno spazio di 3 contenitori per rulliera:

- Zona verde: non serve attivare il rifornimento. Ci sono 3 contenitori su 3 sulla rulliera.
- Zona gialla: si può iniziare ad attivare il rifornimento. Ci sono 2 contenitori su 3 sulla rulliera.
- Zona rossa: si attiva il rifornimento immediato, altrimenti si provoca il blocco della linea. C'è 1 contenitore su 3.

Procedura simile viene eseguita per la raccolta dei contenitori vuoti. Come precedentemente descritto, il contenitore che viene svuotato, viene spostato dalla postazione dei pieni e posizionato in un punto di raccolta dei contenitori vuoti. Il waterspider, vedendo la presenza di un contenitore vuoto, si occuperà di raccogliarlo e riportarlo in magazzino. È essenziale che rimanga sempre almeno uno spazio vuoto.

Per le movimentazioni in uscita dalla produzione, il waterspider si muove con un giro del latte andando a distribuire gli imballi vuoti nelle rispettive pedane per l'operazione di refill.

Al fine di poter tracciare uno Spaghetti Chart del flusso dell'addetto waterspider, sono stati seguiti i movimenti per un lasso di tempo sufficiente per poter osservare la ripetitività degli spostamenti e calcolare la loro durata e frequenza.

Le linee utilizzate per il grafo sono state scelte per tracciare 3 operazioni principali:

- Linea verde: Ingresso materiale in linea
- Linea gialla: Uscita PF e imballi vuoti dalla linea
- Linea rossa: Altre attività che includono riposizionamento di pedane sugli scaffali, consegna o raccolta di pedane usate in linea.

Analizzando i tempi e le frequenze ottenuti ne è risultato che circa il 48% delle movimentazioni sono di entrata in linea per la consegna di materiale in produzione, che siano componenti o imballi da riempire di prodotti finiti; il 45% sono movimentazioni di uscita dalla produzione per lo spostamento degli imballi vuoti e i prodotti finiti in magazzino. Soltanto il 7% delle movimentazioni sono dedicate ad altro. Il flusso standard inizia con il giro in produzione in cui viene memorizzato il materiale per cui è richiesto un rifornimento, con le relative quantità. Durante il giro vengono raccolti i contenitori vuoti che sono presenti sulle rulliere. Finito il giro si esce dalla produzione per andare in magazzino, dove vengono ubicati gli imballi vuoti nelle rispettive pedane di refill e raccolti i contenitori pieni di materiale. Il flusso si conclude con la consegna dei contenitori pieni nelle rispettive postazioni di linea. Nella Figura 61, viene mostrato il risultato ottenuto dalla stesura dello Spaghetti chart per i flussi del mizusumashi.

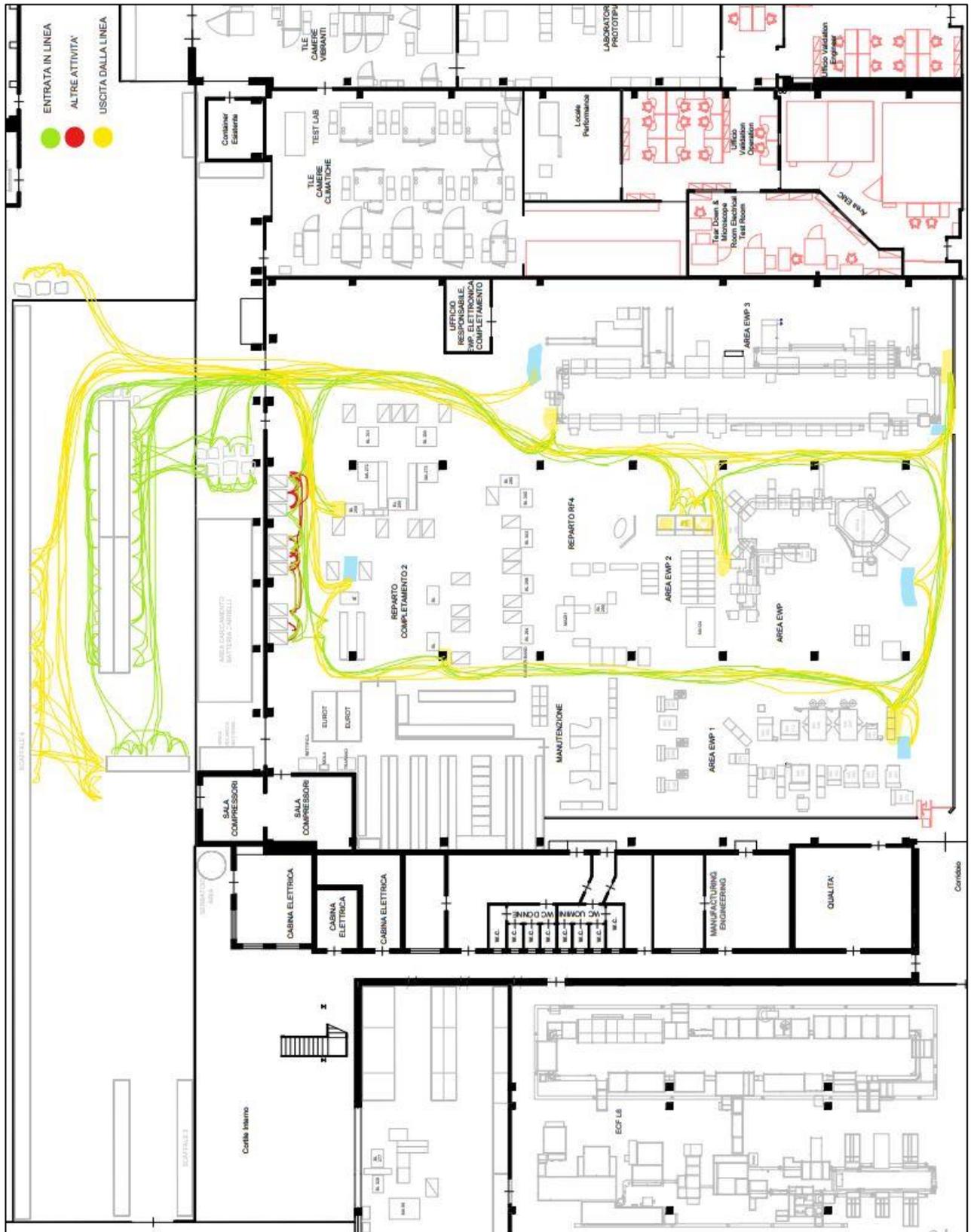


Figura 61 Spaghetti Chart waterspidert

**Analisi dei Flussi dei Magazzinieri-** Gli operatori addetti al magazzino hanno il compito di gestire il materiale dal suo arrivo in azienda alla sua entrata in linea di produzione. Rispetto agli addetti waterspider, i magazzinieri si muovono su un'area molto più ampia che comprende il piazzale di scarico, il magazzino blu, il magazzino tunnel e la zona di smistamento 1720\_IN. Come si è visto nel paragrafo del flusso del materiale, dal momento dell'arrivo, al momento del prelievo, il materiale si sposta e viene movimentato attraversando diverse fasi e operazioni. Il magazziniere si occupa di effettuare le diverse operazioni di gestione del materiale, attraverso tutto l'arco della giornata e dei turni di lavoro. Le operazioni principali sono:

- Scaricare/caricare e trasportare pedane da una zona a un'altra → ogni giorno arrivano almeno sei bilici di materiale da parte di fornitori. Il materiale viene scaricato dal bilico e trasportato nella zona di smistamento 1720\_IN. Stesso percorso ma con direzione opposta viene fatto ogni giorno durante il turno di notte per il carico del bilico di pedane di imballi vuoti che vengono spediti quotidianamente a terzi per la vendita. In quel caso avviene prima il trasporto e poi il carico del materiale.
- Prelevare una pedana e portarla in PS → il materiale relativo alla produzione delle pompe può trovarsi in tre zone. Ubicato a scaffale nel magazzino blu, ubicato a scaffale nel magazzino tunnel, oppure ubicato a terra nella zona 1720\_IN. In tutti i casi il magazziniere deve individuare la posizione della pedana, prelevarla e trasportarla nella sua posizione di picking. In base al codice, la postazione di picking può trovarsi nel magazzino tunnel oppure negli scaffali interni alla zona di produzione.
- Preparare una pedana per il PS → Per permettere un prelievo corretto e celere del materiale dalle pedane nella loro postazione di picking, il magazziniere deve occuparsi di togliere la pellicola di imballo, aggiornare l'ubicazione del materiale e assicurarsi che la pedana rimanga etichettata correttamente.
- Preparare una pedana di vuoti per la spedizione → quando le postazioni dedicate al refill sono piene, la pedana completa deve essere sostituita con una pedana vuota e poi preparata per la spedizione. Per essere spedita deve essere etichettata e imballata con una rigetta di plastica che evita di far muovere il materiale in movimento. Nel caso specifico delle pedane di imballi del componente ECU, è richiesto che vengano imballate con pellicola e sacco di plastica prima di essere spedite.
- Riposizionare pedane, sia ubicate a scaffale che a terra → spostare una pedana da una certa posizione ad un'altra, rispettando la logica FIFO e aggiornando sempre il posto di ubicazione.
- Altre attività che includono il controllo delle pedane da dover gestire, preparazione di etichette, verifica su SAP delle ubicazioni del materiale e correzione di errori.

Per l'analisi dei flussi con lo Spaghetti Chart le attività sono state raggruppate in:

1. Trasporto da piazzale a zona magazzino
2. Prelievo, trasporto e preparazione pedane per PS
3. Preparazione pedana vuoti
4. Riposizionamento pedane
5. Altre attività

Il flusso inizia con le attività ausiliarie di controllo della posizione di ubicazione, la stampa delle etichette e la verifica in linea dei codici da preparare nel turno. Dopodichè avviene il trasporto di materiale dalla zona di scarico alla zona di smistamento 1720\_IN e se lo spazio a scaffale lo permette si procede con l'ubicazione delle pedane nei rispettivi posti di ubicazione. Si procede poi con l'asservimento a PS del materiale necessario alla produzione, questo include lo spostamento per il recupero della pedana nella sua postazione, il trasporto nella zona di picking e poi la preparazione della pedana. La preparazione della pedana include lo spaccettamento e l'apertura della stessa per permettere ai waterspider un prelievo facilitato del materiale. Si aggiorna a gestionale la posizione della pedana. Spesso, durante il prelievo di una pedana o durante la sua ubicazione, si rende necessario il riposizionamento di altre pedane adiacenti, per il rispetto della logica FIFO o per una migliore accessibilità. Infine, un'operazione che viene eseguita in contemporanea alle altre, è la costante visualizzazione delle pedane del refill di imballi vuoti. È necessario che, se le pedane sono complete, vadano sostituite per permettere una nuova operazione di refill. La pedana piena di imballi vuoti viene spostata nella zona di preparazione e infine preparata per la spedizione. Dopodichè viene trasportata nella zona di carico e scarico dell'azienda per essere spedita.

I turni del giorno sono costituiti da un susseguirsi di operazioni di scarico, ubicazione e riposizionamento di materiale sia per l'asservimento alle zone di picking che alla corretta gestione del materiale in logica FIFO. Il turno di notte, d'altro canto, si sviluppa attorno al carico del bilico in partenza al mattino di pedane di imballi vuote create con il refill durante il giorno e viene sfruttato per ubicare il materiale a scaffale e preparare le zone di picking che dovrebbero essere sufficienti per l'intero turno successivo. Rispetto ai colleghi waterspider si nota una ciclicità meno evidente e più condizionata da eventi e orari ma che comunque rimane fondamentale per un corretto funzionamento del sistema. Nella Figura 62 sottostante viene mostrato lo Spaghetti Chart risultante dall'analisi dei flussi degli operatori nel magazzino.



Figura 62 Spaghetti Chart magazzino

### 3.5 Individuazione sprechi di layout e classificazione nei 7 sprechi

Con la logica di riduzione degli sprechi e di miglioramento continuo dei processi, è essenziale identificare quelli che risultano essere gli sprechi di layout e di processo e classificarli nei 7 Muda definiti dal Lean Manufacturing. Di seguito sono descritti gli sprechi di layout osservati nel caso aziendale in riferimento ai 7 muda menzionati nel Paragrafo 1.2:

1. **Sovraproduzione:** nel caso in esame le ordinazioni di materiale risultano talvolta più alte del necessario, creando inefficienza in termini di scorte e spazio occupato per ubicarle. Lo stesso vale nel caso di prodotti finiti che rimangono a lungo stoccati a scaffale prima di essere spediti a causa di un'eccessiva produzione.
2. **Attese:** prima di movimentare le pedane di prodotti finiti in uscita dalla produzione, è necessario che queste vengano versate sul gestionale SAP. Questa operazione è effettuata dal capoturno di linea, tuttavia capita che non venga eseguita velocemente e che quindi faccia bloccare il flusso del waterspider che deve rimanere in attesa del versamento. Provoca un'attesa da parte di un operatore, quindi uno spreco.
3. **Trasporto:** la distanza tra le aree percorse dal magazziniere è molta e risulta poco efficiente. Inoltre, la dislocazione in diversi punti di alcune aree di lavoro non migliora la situazione in termini di distanza da dover percorrere. Se si considera il trasporto del materiale da un magazzino a un altro, lo spostamento aumenta la probabilità di prendere polvere del materiale e questo crea un problema a livello di requisiti del cliente e del fornitore. Inoltre, il trasporto di pedane in generale non è mai esente da rischi. Il rischio di creare danni alla pedana e al materiale, che si bagni se c'è brutto tempo e il rischio di renderla inutilizzabile.
4. **Perdite di processo:** i magazzinieri hanno il compito di disimballare la pedana nel momento in cui ubicano del materiale nel posto picking dedicato. Se l'operazione di disimballo non viene eseguita, questo porta ad allungare il tempo di lavoro ai colleghi successivi, che al momento del prelievo del materiale devono disimballare la pedana. In generale quando un operatore non effettua con precisione tutti i passaggi previsti dal processo, provoca rallentamento e un'inefficienza del flusso totale.
5. **Scorte:** il non rispetto della logica FIFO da parte degli operatori, che sia dovuta a un errore, o per la problematica delle cataste in 1720\_IN provoca uno spreco in termini di scorte, in quanto la deperibilità del prodotto aumenta nel tempo e si rischia di lasciare per ultimo il materiale più vecchio, con il rischio di doverlo poi scartare perchè non più idoneo.
6. **Movimenti:** i waterspider effettuano molti spostamenti e presentano degli sprechi dovuti principalmente dai viaggi effettuati a vuoto o con poco carico, che sia per la ricerca di una pedana necessaria alla linea o per il trasporto di imballi vuoti su pedane invece che su carrelli appositi. Sebbene per definizione il waterspider ha un ruolo che mira all'efficienza delle linee e non del suo operato, una riduzione degli sprechi dei movimenti, migliorerebbe l'efficienza dell'operatore condizionando di conseguenza anche l'efficienza totale.

Alcuni contenitori attualmente stoccati nella rulliera della minuteria non risultano idonei al tipo di ubicazione in quanto richiedono che sia disimballata una pedana per ubicare i colli di piccole dimensioni e che la pedana venga stoccata aperta come fosse

una postazione di picking. Viene fatto un passaggio aggiuntivo di spaccettamento di una pedana per mettere il materiale sulla rulliera mentre sarebbe sufficiente ubicare a terra il materiale. I contenitori da sollevare risultano pesanti per i magazzinieri e sarebbe preferibile ridurre la movimentazione e i passaggi. Sono codici medio rotante che vengono prelevati per interi contenitori.

Il riposizionamento delle pedane è una delle operazioni dei magazzinieri tra le più onerose in termini di tempo e risorse. Questo comporta dei movimenti necessari che però si potrebbero ridurre se la merce venisse ubicata nel posto giusto sin dall'inizio. Capita infatti che per mancanza di spazio a scaffale, le pedane vengano ubicate in un punto molto lontano rispetto al loro posto di picking e che quindi quando arriva il momento di dover spostare la pedana nel posto di prelievo il magazziniere debba raggiungere la pedana e spostarla nel posto dedicato.

7. **Prodotti difettosi:** imballi non puliti risultano non accettabili da alcuni fornitori, questo comporta uno spreco in termini economici per il pagamento di imprese che puliscano gli imballi.

Se gli imballi vuoti vengono movimentati male e rotti, non sono più vendibili e questo è una perdita per l'azienda.

### 3.6 Analisi con metodo 5 whys

La radice del problema può giacere in una causa o in una concatenazione di fattori che insieme creano una causa, in ogni modo è possibile portare alla luce tali problematiche con il metodo 5 whys.

Per l'applicazione del metodo al caso aziendale, un problema che si è presentato durante l'analisi è stato la minaccia da parte di uno dei fornitori di bloccare la propria fornitura e di conseguenza provocare un blocco della linea di produzione.

Lo sviluppo del metodo 5whys ha portato ad alcune cause, mostrate in Figura 63:

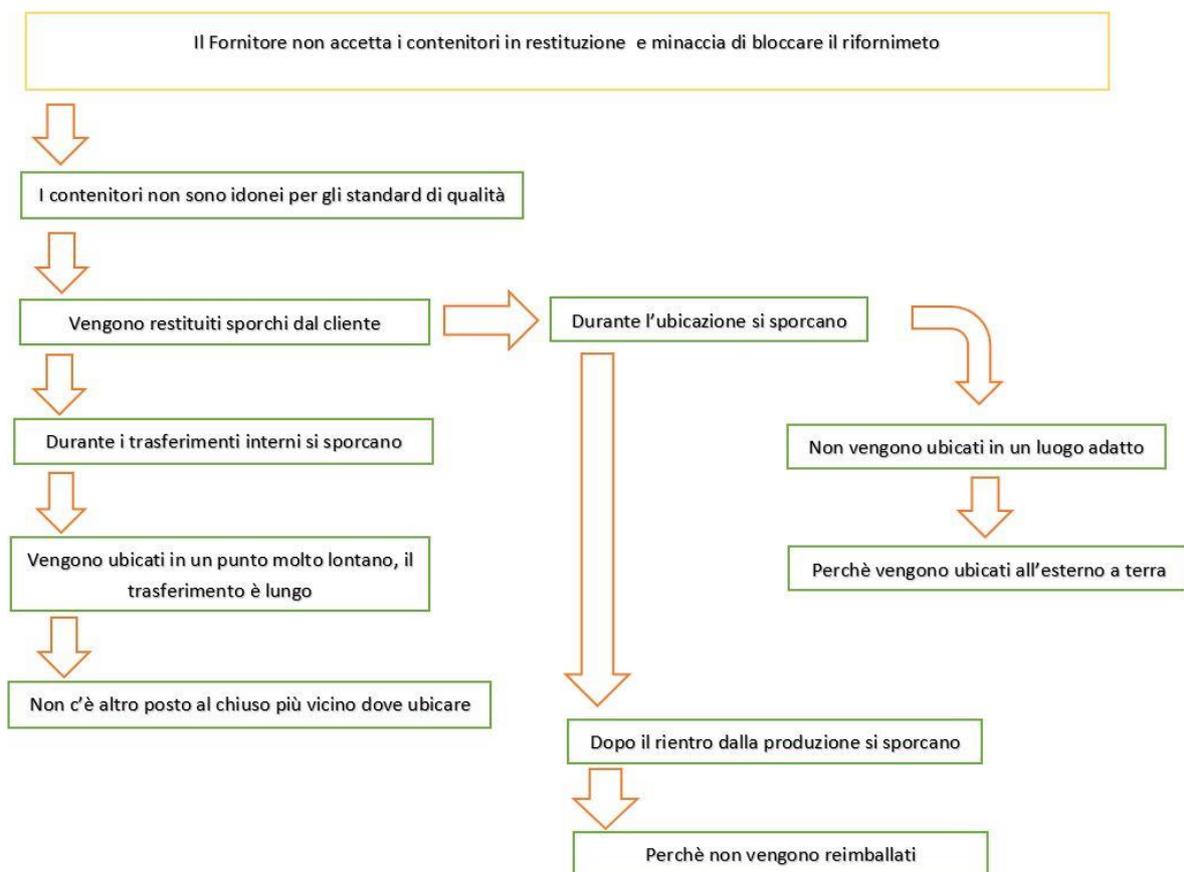


Figura 63 Applicazione metodo 5whys

Il settore automotive sfrutta dei contenitori per la gestione di materiale comunemente chiamati cassette odette. Queste circolano tra il cliente e il fornitore e vengono costantemente riempite e svuotate, consegnate e rese. Tuttavia, un aspetto che non deve essere sottovalutato è lo standard di pulizia che queste cassette devono rispettare. Ogni fornitore e ogni cliente detta i propri standard di pulizia ed è essenziale che vadano seguiti.

Tra cliente e fornitore vengono istituiti degli accordi riguardanti lo stato delle cassette, tra cui il grado di pulizia, il tipo di imballo per la consegna e per il reso al fornitore.

Se non si seguono gli standard di pulizia, il fornitore può decidere di non accettare i contenitori perchè in quello stato potrebbero potenzialmente compromettere la qualità del materiale all'interno. Interrompendo l'accettazione delle cassette, non sono in grado di spedire materiale

e pertanto interrompono la fornitura. Mancando la fornitura di un certo componente, si arriva ad un blocco della linea.

Problemi, che risultano inizialmente di piccola dimensione, possono portare a conseguenze gravi, per un'azienda produttiva, il blocco della linea è una condizione critica e da evitare.

Lo sviluppo del metodo 5 whys ha portato a due cause principali che possono aver provocato il non rispetto degli standard di pulizia: l'imballo delle pedane, lo spazio e il posto di ubicazione.

Lo spazio di ubicazione è una condizione nota, che provoca una serie di conseguenze, tra cui un posto di ubicazione non idoneo per molti codici, le zone di cui si è parlato nei paragrafi precedenti che sono idonee al transito e allo smistamento vengono utilizzate per lo stoccaggio, creando una condizione non adeguata. In queste zone il materiale provoca un non rispetto della logica FIFO, una esposizione maggiore del materiale a danni di natura meteorologica, un maggiore accumulo di polvere e sporco essendo in una zona aperta di frequente passaggio.

Una seconda causa dell'accumulo di sporco è il tipo di imballo che si sceglie di utilizzare per il materiale. Le pedane arrivano imballate, ma vengono disimballate per il picking, dove rimangono aperte fino al loro completo utilizzo. I contenitori possono rimanere aperti, senza imballo da giorni a settimane e questo causa un accumulo di polvere.

Prendendo atto delle considerazioni dell'analisi, comprese le radici del problema, si procede con l'implementazione di azioni correttive che vadano a migliorare la situazione critica evidenziata. Nel caso specifico una soluzione può essere l'aggiunta di un imballo/una copertura dei contenitori durante la loro apertura e un rinnovamento del magazzino tunnel per l'ampliamento dello spazio di ubicazione.

Nel capitolo 4 si affronta l'analisi di un layout del magazzino tunnel al fine di migliorare e ampliare la capacità di stoccaggio del magazzino.

## **Capitolo 4: Il magazzino TO BE**

Con il capitolo 4 si affronta il tema del re-layout del magazzino. L'analisi si propone di iniziare con una chiarificazione dei requisiti e degli obiettivi di progetto stabiliti da condizioni aziendali, dopodiché si procede con l'applicazione del metodo delle 5S per l'individuazione delle azioni di miglioramento. Da tali risultati si elaborano delle proposte di re-layout con le rispettive zone di ubicazione. Infine, si procede con l'analisi dei flussi delle proposte

### **4.1 Obiettivi e requisiti di progetto per il magazzino To Be**

Come si è visto con le analisi del Capitolo 3, il magazzino tunnel è caratterizzato da una forte carenza di spazio, che implica un ingombro di materiale nella zona di smistamento 1720\_IN dislocata al di fuori dell'entrata principale al magazzino. Questa carenza ha un impatto che viene amplificato da una dislocazione interna dei compiti e dei processi e che porta alla necessità di ristrutturare l'intero magazzino sia dal punto di vista strutturale che procedurale. Questa necessità trova occasione di essere soddisfatta grazie alla decisione aziendale di dislocare la zona di ricarica delle batterie in un'altra area esterna al magazzino. Lo spazio liberato viene messo a disposizione per l'installazione di nuove scaffalature che possano aumentare la capacità di stoccaggio e potenzialmente risolvere il problema dell'eccesso di materiale non ubicato.

L'obiettivo del progetto è trovare un layout degli scaffali che possa sfruttare al massimo il nuovo spazio a disposizione e che riesca ad ottimizzare i flussi e le procedure in una logica di miglioramento continuo.

Per delle scelte aziendali ci sono alcuni vincoli che devono essere rispettati nelle proposte di re-layout:

- Nel corridoio secondario il materiale può essere movimentato soltanto con mezzi transpallet e cabine. Viene introdotta una cabina fissa, utilizzabile soltanto in quest'area di magazzino.
- Il flusso dei waterspider va ridotto e concentrato il più possibile lontano dalle zone trafficate dai carrelli elevatori. Questa decisione risiede nella consapevolezza che il frequente passaggio di carrelli, in concomitanza con il frequente stazionamento e passaggio dei waterspider a piedi, sia potenzialmente pericoloso a livello di sicurezza.
- I codici, che vengono ubicati negli scaffali interni all'area produttiva, non possono essere spostati in un'altra zona.
- L'area 1720\_IN deve essere utilizzata soltanto come punto di smistamento.
- Il magazzino blu deve essere utilizzato soltanto per la gestione del componente motore.

Tenendo in considerazione gli aspetti sopracitati in concomitanza con l'analisi di magazzino As is effettuata nel Capitolo 3, il progetto di re-layout è stato impostato per poter fornire diverse proposte dalle quali si valuta la soluzione più ottimale. Di seguito vengono spiegati i passaggi effettuati per la presentazione delle proposte.

## 4.2 Applicazione 5 S per l'individuazione delle azioni di miglioramento

Il Metodo 5S viene implementato con l'obiettivo di poter individuare delle azioni correttive per le problematiche riscontrate nelle analisi del Capitolo 3. Le 5S individuate sono:

- **Separare:** All'interno di tale categoria rientrano le pedane accatastate nella zona 1720\_IN che risultano essere di intralcio al passaggio, di rallentamento del processo di ricerca di un materiale e di pericolo imminente in quanto non vengono ubicate con una metodologia idonea al tipo di pedana e al tipo di pavimento.  
Un'azione migliorativa è lo spostamento di tale pedana su delle scaffalature interne al magazzino.
- **Ordinare:** In tale categoria rientra il posizionamento dei mezzi di movimentazione e degli utensili utilizzati per le operazioni di preparazione e riubicazione delle pedane, oltre che le etichette necessarie per la spedizione delle pedane di imballi vuoti. Una azione di miglioramento potrebbe essere l'indicazione di un posto dedicato allo stazionamento dei mezzi di movimentazione quando non in uso e l'introduzione di una scrivania all'interno del magazzino come punto di appoggio e organizzazione del materiale per le spedizioni.
- **Pulire:** In tale categoria rientrano le operazioni di imballo e disimballo delle pedane, effettuate per mantenerle pulite ed evitare eventuali problemi di non conformità della fornitura.  
Un'azione migliorativa potrebbe essere l'introduzione di un tipo di imballo standard e prefissato in determinate fasi del processo. L'utilizzo di coperture dei contenitori protegge dall'accumulo di polvere e previene la necessità di eseguire una pulizia profonda delle cassette.
- **Standardizzare:** Instaurare una routine da seguire ben definita per la pulizia e l'organizzazione del processo è necessario per un flusso continuo e per prevenire impreparazione degli operatori.
- **Disciplinare:** All'interno di questa procedura rientrano gli incentivi a segnalare problematiche e miglioramenti delle condizioni di lavoro da parte dei dipendenti. Tramite le segnalazioni, si attivano dei controlli che mirano a ristabilire o migliorare le giuste procedure. Una buona collaborazione tra operatori e controllori permette di rendere trasparente il processo e di affrontare i problemi che nascono in modo più celere e semplificato.

### 4.3 Proposte di re-layout

Identificate le azioni di miglioramento e i requisiti di progetto, si è proceduto con la valutazione di diverse proposte di layout da poter introdurre. Partendo dal layout creato durante la fase di analisi del magazzino As is, si è calcolato lo spazio a disposizione e si è valutato un eventuale miglioramento dello spazio già in utilizzo.

Sono stati considerati gli ingombri fissi dati dalla struttura portante e gli spazi da mantenere liberi per motivi di sicurezza. Inoltre, si è tenuto conto dei requisiti aziendali e dei vincoli a livello di impatto meteorologico sulla struttura.

In considerazione al vincolo dei mezzi di movimentazione transpallet e cabine, è stato utilizzato come spazio minimo richiesto l'angolo di manovra della cabina, che ammonta a 3,2m per poter effettuare le operazioni agevolmente. L'angolo del transpallet è di 2,8m quindi rientra comodamente all'interno dello spazio richiesto dalla cabina. Lo spazio di movimentazione minimo laterale ammonta 50 cm per la cabina e 15 cm per il transpallet.

Utilizzando il dato dello spazio di manovra, sono stati disegnati dei possibili layout all'interno dell'area a disposizione. Per ogni proposta sono poi stati calcolati gli indici di valutazione e i pro e i contro della soluzione.

Per semplicità di comprensione, i vari elementi all'interno del layout sono stati rappresentati con i seguenti simboli:

- Freccia rossa: spazio di manovra per il transpallet (280 cm)
- Freccia verde: spazio di manovra per la cabina (320 cm)
- Rettangolo verde: scaffale tradizionale con profondità 80cm e campata 270cm. Ogni campata ospita un massimo di 2 pedane ubicate con lato lungo parallelo al fronte.
- Rettangolo giallo: scaffale tradizionale con profondità 120cm e campata 270cm. Ogni campata ospita un massimo di 3 pedane ubicate con lato corto parallelo al fronte.
- Rettangolo arancione: scaffale tradizionale con profondità 120cm e campata di 370cm. Ogni campata ospita un massimo di 4 pedane ubicate con lato corto parallelo al fronte.
- Rettangolo azzurro: serie di scaffali tradizionali con profondità 120cm e campata di 270cm. Ogni campata ospita un massimo di 3 pedane ubicate con lato corto parallelo al fronte. Nello scaffale centrale si tratta di 7 campate, nello scaffale laterale di 2 campate. Nello scaffale lungo sono 19 campate.
- Rettangolo blu: serie di scaffali tradizionali con profondità 80cm e campata 270 cm. Ogni campata ospita un massimo di 2 pedane ubicate con lato lungo parallelo al fronte. Nello scaffale centrale si tratta di 7 campate.
- Cerchio bordo rosso: dispositivi antincendio
- Cerchio grigio e nero: tubature
- Numero: sui simboli che rappresentano gli scaffali, il numero indica il numero totale di posti pallet su tutti i piani. Per il numero sul simbolo che rappresenta lo scaffale centrale, indica i posti pallet aggiuntivi che si vengono a creare e non il totale. Sui simboli delle colonne, i numeri sono utilizzati per semplicità di rappresentazione, non hanno un significato con effetti reali.

## Proposta 1

La prima proposta di layout, vedi Figura 64, prevede l'introduzione di scaffalature tradizionali con campata di 270 cm, uguale al resto già in utilizzo all'interno del resto del magazzino. Gli scaffali sono 8, con profondità di 80 cm e tipo di ubicazione con lato lungo parallelo al fronte. Capacità di 2 posti pallet per campata per un totale di 2 piani e 4 posti pallet totali per scaffale.

Considerata la necessità di lasciare invariata la larghezza del corridoio principale, si aumenta la capacità di un lato della scaffalatura centrale, cambiando il tipo di ubicazione delle pedane. Si passa da pedane ubicate con lato lungo parallelo al fronte a ubicazione con lato corto parallelo al fronte e la profondità dello scaffale aumenta a 120 cm. Di conseguenza diminuisce la larghezza del corridoio secondario riducendosi a 320 cm, spazio necessario e sufficiente per l'utilizzo delle cabine.

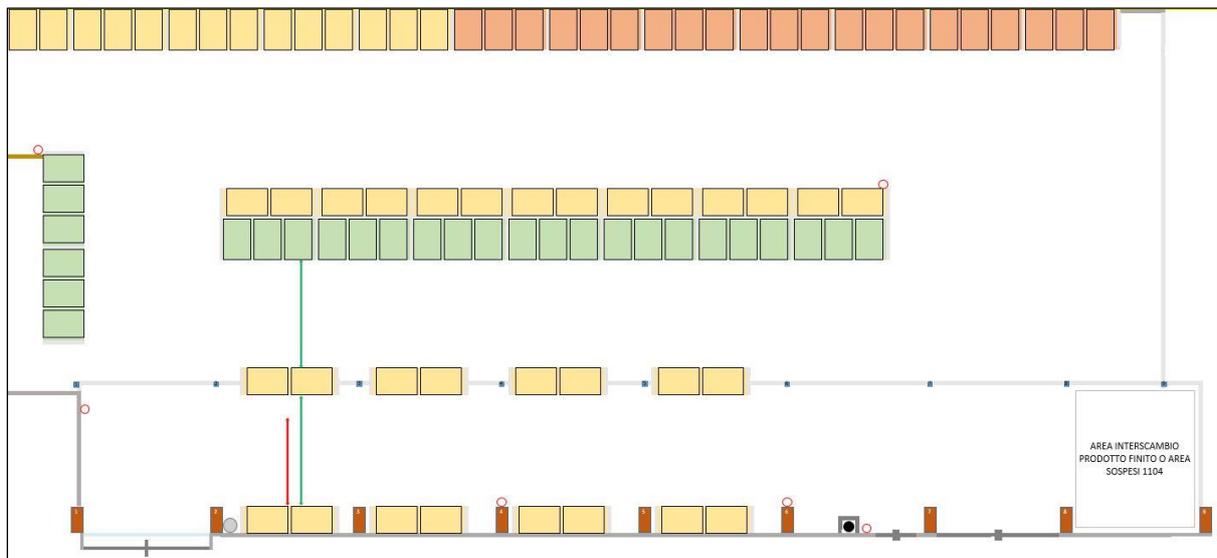


Figura 64 Proposta layout 1

### PRO:

- Il layout risulta lineare e presenta un nuovo corridoio
- Si sfrutta lo spazio di passaggio dei portoni laterali come punto di passaggio nel nuovo corridoio
- La zona nuova ha un tipo di ubicazione delle pedane standard
- Possibilità di ubicare con la cabina in tutte le aree
- Il magazzino si divide in due zone con rispettivo tipo di ubicazione. Zona con ubicazione con lato lungo parallelo al fronte e zona con ubicazione con lato corto parallelo al fronte.

### CONTRO:

- Non c'è un tipo di ubicazione standard
- Lo spazio tra le colonne non è sfruttato a pieno
- La zona di entrata nel nuovo corridoio potrebbe non essere idonea a causa del passaggio del personale a piedi

I posti pallet aggiuntivi ammontano a 53, di cui 21 nello scaffale centrale e 32 nell'area nuova.

## Proposta 1.2

Nella seconda proposta, vedi Figura 65, si introduce un layout analogo alla proposta 1 con l'aggiunta di scaffalature che sfruttino a pieno lo spazio a disposizione tra le colonne. Si utilizza una campata di 4 posti pallet ubicati con lato corto parallelo al fronte. Tutti rimangono con un'altezza massima di 2 piani, a parte lo scaffale tra la colonna 2 e 3 con il quale si riesce a sfruttare un'altezza di 3 piani. Lo scaffale centrale rimane sempre di un'altezza di 3 piani. Aumentando la profondità degli scaffali all'interno del corridoio non è possibile movimentare con la cabina ma soltanto con il transpallet.

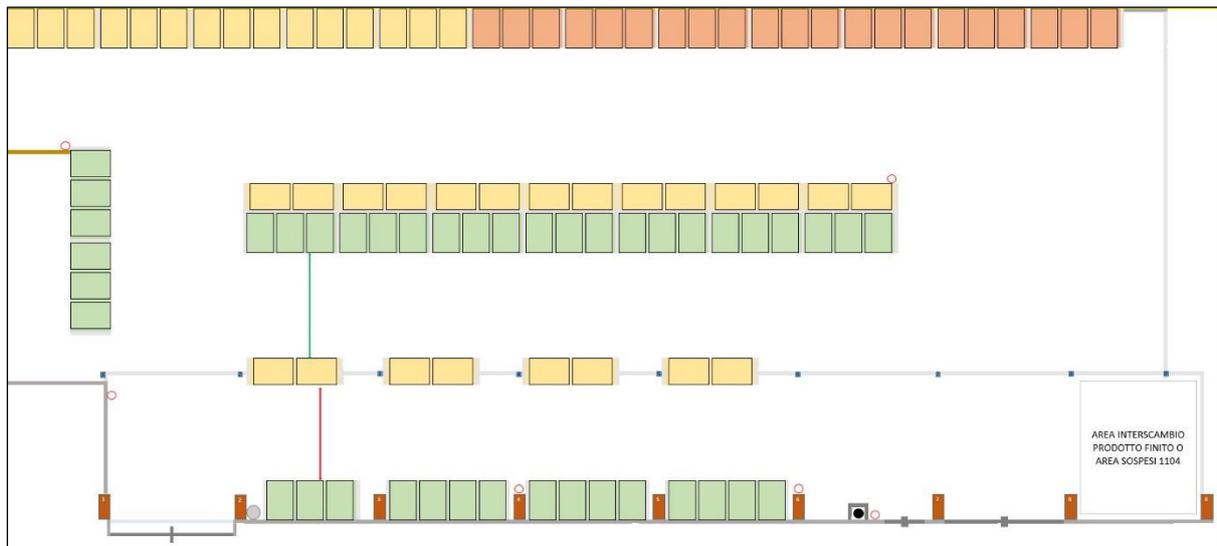


Figura 65 Proposta layout 1.2

### PRO:

- Si sfrutta lo spazio di passaggio dei portoni laterali come punto di passaggio nel nuovo corridoio
- Il layout risulta lineare e presenta un nuovo corridoio
- Si sfrutta a pieno, dove possibile, lo spazio tra le colonne

### CONTRO:

- Non standardizzazione degli scaffali, sia per campata, che per profondità che per tipo di ubicazione
- La zona di entrata nel nuovo corridoio potrebbe non essere idonea a causa del passaggio del personale a piedi

Posti totali aggiuntivi sono 70, di cui 21 nello scaffale centrale e 49 nell'area nuova.

### Proposta 1.3

Nella terza proposta, vedi Figura 66, si continua con una versione analoga alla proposta 1, con la differenza dell'introduzione delle campate da 4 posti pallet con ubicazione con lato corto parallelo al fronte su tutti gli spazi tra le colonne. Tuttavia, per poter permettere l'introduzione di questo tipo di scaffalatura è necessario mantenere la scaffalatura centrale inalterata rispetto alla situazione iniziale, quindi con ubicazione con lato lungo parallelo al fronte e profondità di 80cm. Tale condizione è necessaria per permettere il passaggio della cabina nel corridoio secondario. Nel terzo corridoio che si crea, invece, analogamente alla proposta 1.2, si potrebbe utilizzare soltanto il transpallet per una carenza di spazio.

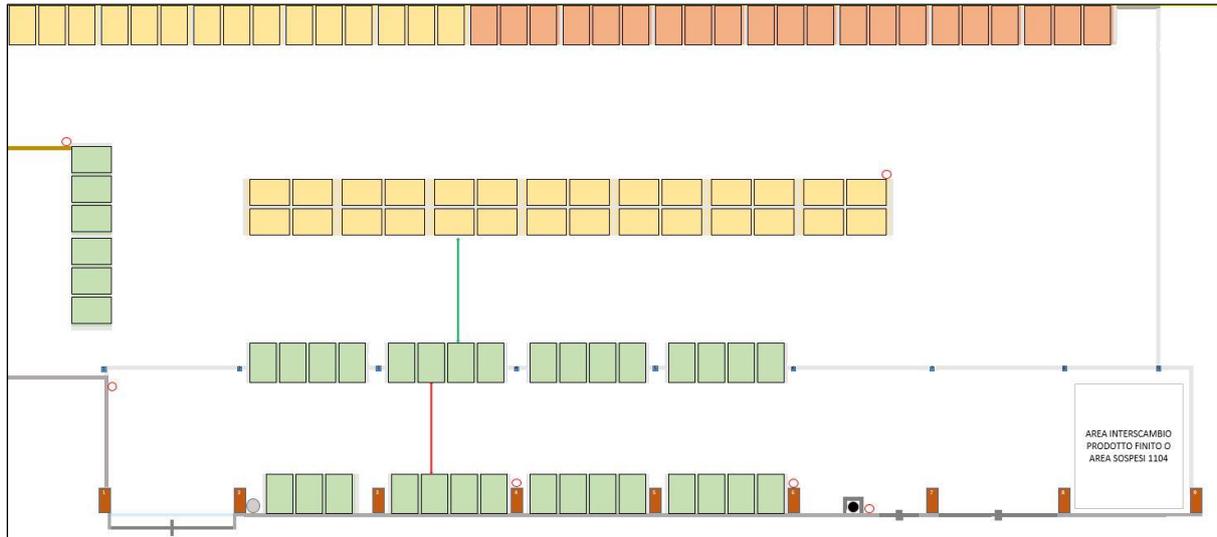


Figura 66 Proposta layout 1.3

#### PRO:

- Si sfrutta tutto lo spazio tra le colonne
- Il layout risulta lineare e presenta un nuovo corridoio
- Si sfrutta lo spazio di passaggio dei portoni laterali come punto di passaggio nel nuovo corridoio
- Si standardizza il tipo di ubicazione nella nuova area

#### CONTRO:

- Il corridoio nuovo è utilizzabile soltanto con il transpallet
- Non si sfrutta la possibilità di aumentare i posti pallet sui tre piani dello scaffale centrale
- Permangono due tipi diversi di ubicazione nell'intero magazzino
- Ci sono dei posti pallet soggetti a rischio meteorologico.

Posti totali aggiuntivi sono 65, tutti nell'area nuova.

### Proposta 1.4

La proposta 1.4, vedi Figura 67, fa variare il tipo di ubicazione nello scaffale centrale tramite un aumento della profondità e della capacità di ubicazione. L'aumento della profondità va a discapito del terzo corridoio, nel quale si può transitare e ubicare soltanto con il transpallet. Si riesce a recuperare uno spazio più ampio rispetto al minimo necessario per i transpallet, uguale a 300 cm invece che 280 cm. Il tipo di ubicazione nell'area nuova è con lato lungo parallelo al fronte, risultando l'unica di questa tipologia in tutto il magazzino.

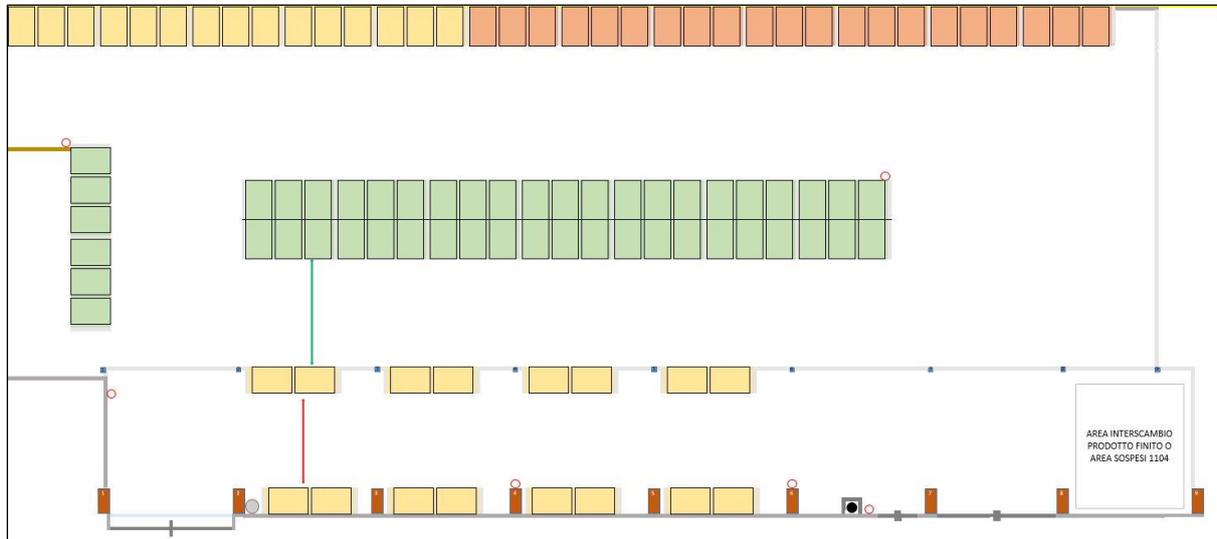


Figura 67 Proposta layout 1.4

#### PRO:

- Si sfrutta lo spazio di passaggio dei portoni laterali come punto di passaggio nel nuovo corridoio
- Il layout risulta lineare e presenta un nuovo corridoio

#### CONTRO:

- Non si ha spazio sufficiente per la cabina nel terzo corridoio, possibilità di utilizzo soltanto del transpallet
- Non standardizzazione degli scaffali nel magazzino. Profondità e tipo di ubicazione differenti.
- Ci sono dei posti pallet posizionati nella zona soggetta a rischio atmosferico

Posti totali aggiuntivi sono 76, di cui 34 nell'area nuova e 42 nello scaffale centrale.

## Proposta 2

La proposta 2, vedi Figura 68, introduce degli scaffali con campata da due posti pallet, profondità di 80 cm e tipo di ubicazione con lato lungo parallelo al fronte. Gli scaffali perpendicolari al muro sfruttano l'altezza con 3 piani, mentre quelli paralleli al muro, per questioni strutturali rimangono a due piani, tranne per lo scaffale tra le colonne 2 e 3.

Diversamente dalle proposte precedenti, si utilizza sia lo spazio tra le colonne in parallelo che tra le colonne in perpendicolare. Si creano due isole con le due rispettive entrate. In tutte le aree è possibile utilizzare la cabina.

Si cambia un lato dello scaffale centrale con una profondità di 120 cm e tipo di ubicazione con lato corto parallelo al fronte.

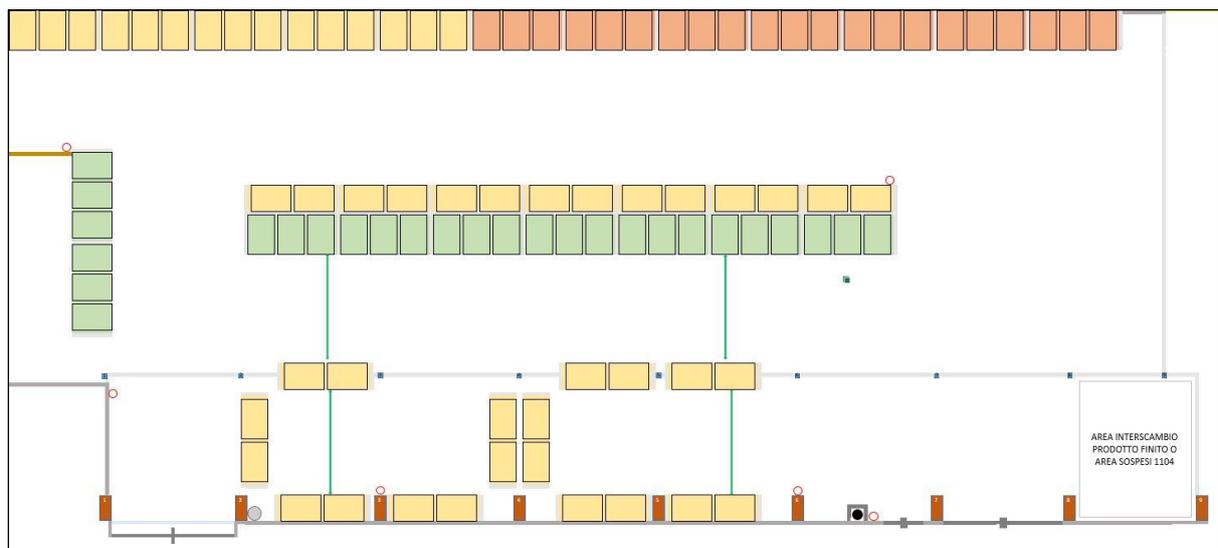


Figura 68 Proposta layout 2

### PRO:

- L'area nuova ha un tipo di ubicazione standard con lato lungo parallelo al fronte
- Area adiacente alla colonna 6 utilizzabile come zona di smistamento
- Migliore sfruttamento volumetrico della struttura e dello spazio tra le colonne
- Possibilità di utilizzo della cabina in tutte le aree del magazzino tranne negli angoli

### CONTRO:

- Due scaffali posizionati nella zona ad alto rischio atmosferico
- Divisione della zona in due isole
- Tipo di ubicazione non standard per l'intero magazzino
- Necessità di spostare la posizione dei dispositivi antincendio
- Possibilità di ubicare negli angoli soltanto con transpallet

Posti totali aggiuntivi sono 69, di cui 48 nell'area nuova e 21 nello scaffale centrale.

### Proposta 3

La proposta 3, vedi Figura 69, segue le orme della proposta 2 con lo sfruttamento dello spazio sia in parallelo che in perpendicolare rispetto al muro, ma con la differenza che vengono eliminati gli scaffali tra le colonne piccole centrali. Questo permette di sfruttare lo spazio nel corridoio secondario per un aumento della profondità di entrambi i lati dello scaffale centrale. In questo modo si ottiene un tipo di scaffale con profondità, campata e tipo di ubicazione standard per tutto il magazzino. Unica differenza che permane è nell'altezza degli scaffali, che per vincoli strutturali è diversa in base alla posizione.

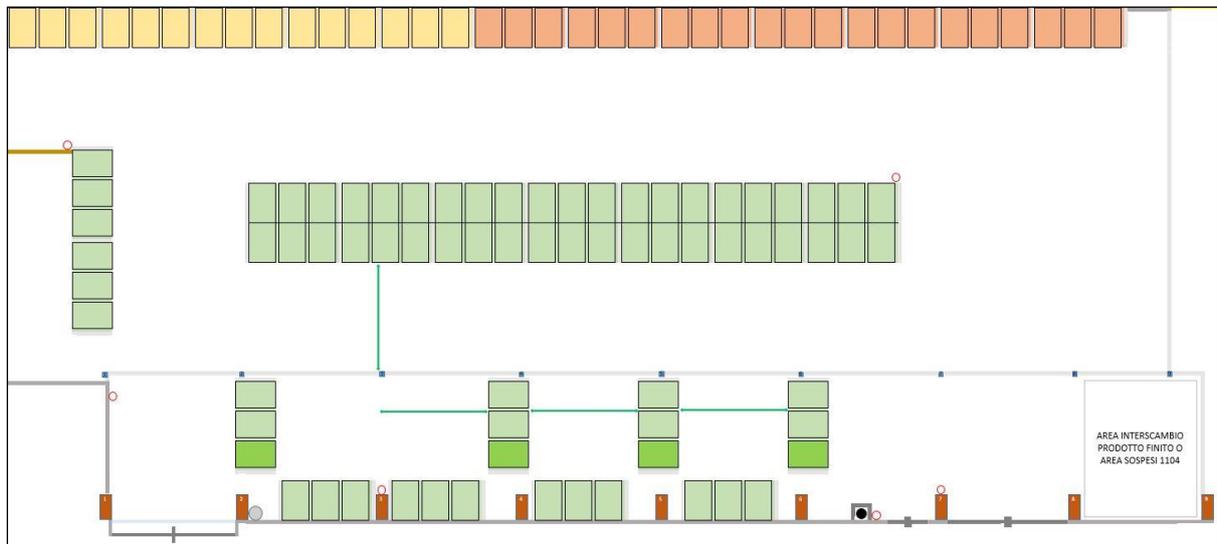


Figura 69 Proposta layout 3

#### PRO:

- In tutta l'area si può utilizzare la cabina tranne negli angoli
- Ubicazione con lato lungo parallelo al fronte standard in tutto il magazzino
- Campata standard per tutto il magazzino
- Gli scaffali a rischio metereologico si limitano a 3, e in particolare a 9 posti pallet.
- Si ha a disposizione uno spazio di smistamento adiacente alla porta pedonale della colonna 6

#### CONTRO:

- Più entrate per l'accesso a diverse parti
- Si riduce la larghezza del corridoio secondario
- Necessità di spostare la posizione dei dispositivi antincendio
- Possibilità di ubicare negli angoli soltanto con transpallet

I posti pallet aggiuntivi totali sono 105, di cui 63 nell'area nuova e 42 nello scaffale centrale.

### Proposta 3.1

La proposta 3.1, vedi Figura 70, è uguale alla proposta 3 con una piccola variazione. Viene rimosso lo scaffale perpendicolare alla colonna 5, in quanto l'ultimo scaffale perpendicolare alla colonna 6 non deve superare il filo catena. Si ottengono due zone di smistamento. Il resto rimane inalterato rispetto alla proposta principale.

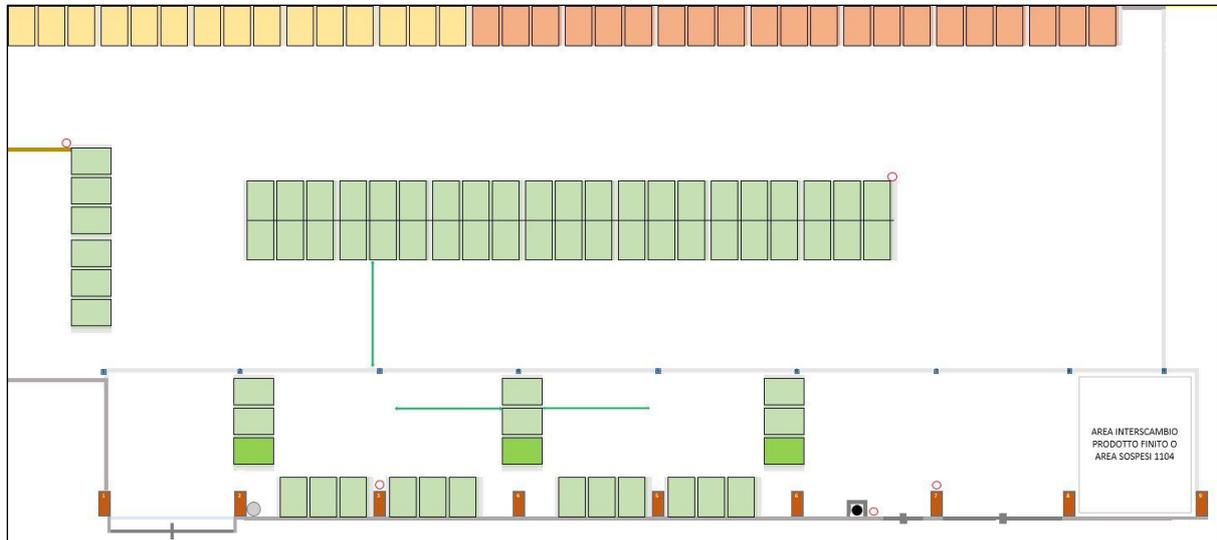


Figura 70 Proposta layout 3.1

#### PRO:

- In tutta l'area si può utilizzare la cabina tranne negli angoli
- Ubicazione con lato lungo parallelo al fronte standard in tutto il magazzino
- Campata standard per tutto il magazzino
- Si hanno a disposizione due zone di smistamento ampie adiacenti tra loro

#### CONTRO:

- Si riduce la larghezza del corridoio secondario
- Necessità di spostare la posizione dei dispositivi antincendio
- Possibilità di ubicare negli angoli soltanto con transpallet

I posti pallet aggiuntivi totali sono 96, di cui 54 nell'area nuova e 42 nello scaffale centrale.

### Proposta 3.1.2

La proposta 3.1.2, vedi Figura 71, è impostata con la stessa struttura della proposta 3.1 con una piccola variazione. Lo scaffale posizionato perpendicolare alla colonna 4 è doppio con tipo di ubicazione con lato lungo parallelo al fronte. Questa introduzione permette di sfruttare la rulliera già presente prima del re-layout per il prelievo della minuteria. La rulliera è sfruttabile in logica FIFO grazie alla possibilità di prelevare da un lato e di depositare il materiale nuovo dall'altro lato dello scaffale.

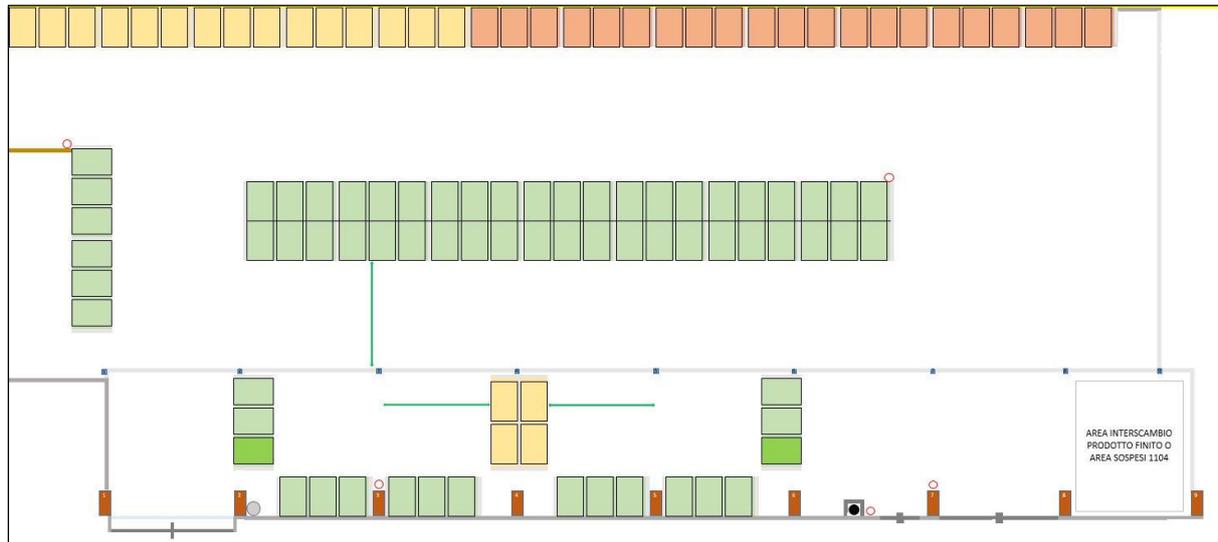


Figura 71 Proposta layout 3.1.2

#### PRO:

- In tutta l'area si può utilizzare la cabina tranne negli angoli
- Si riesce a sfruttare la logica FIFO della rulliera
- Si riutilizzano la rulliera e gli scaffali già presenti in azienda prima del re-layout.
- Si hanno a disposizione due zone di smistamento ampie adiacenti tra loro

#### CONTRO:

- Si riduce la larghezza del corridoio secondario
- Tipo di ubicazione non standard per tutto il magazzino
- Necessità di spostare la posizione dei dispositivi antincendio
- Possibilità di ubicare negli angoli soltanto con transpallet

I posti pallet aggiuntivi totali sono 99, di cui 57 nell'area nuova e 42 nello scaffale centrale.

### Proposta 3.2

La proposta 3.2, vedi Figura 72, mantiene lo sfruttamento in perpendicolare dello spazio rispetto al muro, ma sfrutta l'ubicazione con lato lungo parallelo al fronte per introdurre un maggiore numero di scaffali. In questo modo non si presenta la necessità di creare uno spazio aperto, ma si riesce a posizionare uno scaffale per ogni colonna. Si ottiene un buon sfruttamento superficiale, ma si crea un'entrata aggiuntiva necessaria.

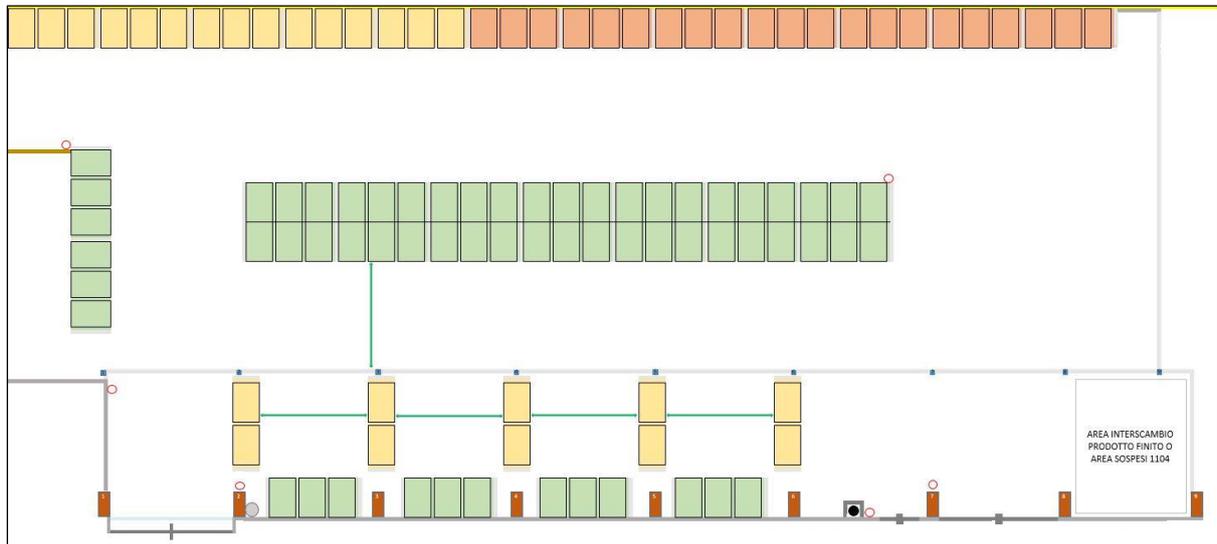


Figura 72 Proposta layout 3.2

#### PRO:

- In tutta l'area si può utilizzare la cabina tranne negli angoli
- Campata standard per tutto il magazzino
- Si ha a disposizione uno spazio di smistamento adiacente alla porta pedonale della colonna 6

#### CONTRO:

- Non si ha un tipo di ubicazione standard in tutto il magazzino
- Necessità di spostare la posizione dei dispositivi antincendio
- Possibilità di ubicare negli angoli soltanto con transpallet

I posti pallet aggiuntivi totali sono 99, di cui 57 nell'area nuova e 42 nello scaffale centrale.

### Proposta 3.3

La proposta 3.3, vedi Figura 73, segue la struttura della proposta 3 principale, ma introducendo la differenza di scaffalature standard con profondità di 80 cm e tipo di ubicazione con lato lungo parallelo al fronte. Grazie alla profondità più bassa, è possibile riuscire a inserire uno scaffale per colonna rendendo la struttura simmetrica.

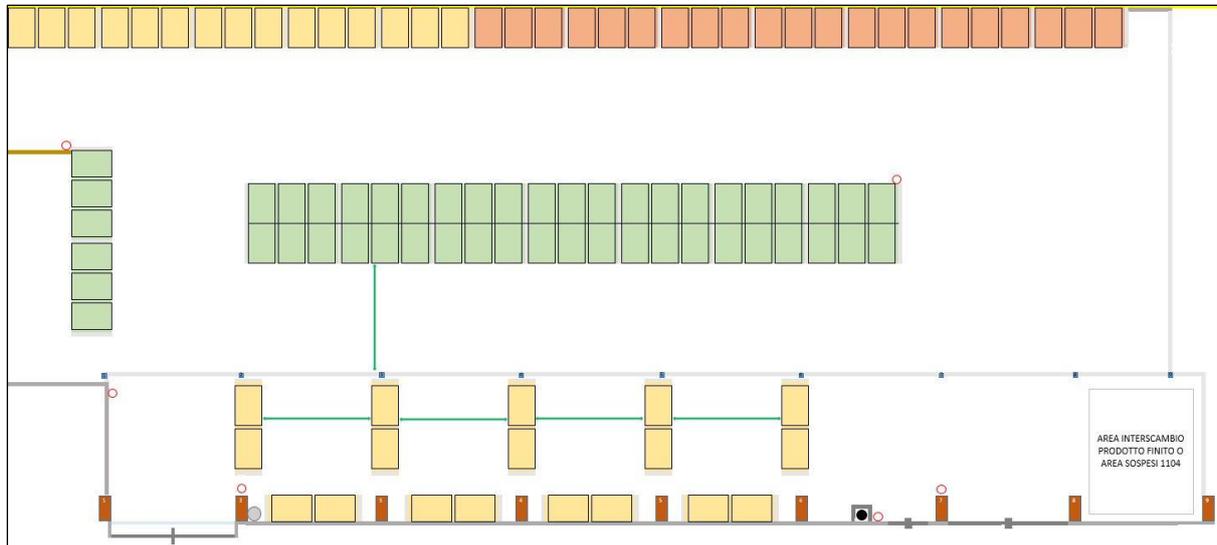


Figura 73 Proposta layout 3.3

#### PRO:

- In tutta la zona nuova si ha un solo tipo di ubicazione con lato lungo parallelo al fronte
- In tutta l'area si può utilizzare la cabina
- Si ha a disposizione uno spazio di smistamento adiacente alla porta pedonale della colonna 7

#### CONTRO:

- Il tipo di ubicazione non è uguale in tutto il magazzino
- Necessità di spostare la posizione dei dispositivi antincendio
- Zona di smistamento molto ridotta rispetto alle proposte precedenti.

I posti pallet aggiuntivi totali sono 90, di cui 48 nell'area nuova e 42 nello scaffale centrale.

## 4.4 Determinazione delle zone di ubicazione

A seguito della definizione delle scaffalature e della relativa posizione nella nuova area a disposizione, si è proceduto con la determinazione delle ubicazioni dei componenti all'interno dei nuovi spazi. Per riuscire a rispettare i requisiti esplicitati in fase iniziale è stato necessario verificare che lo spazio fosse sufficiente per riuscire a soddisfarli. In particolare, uno dei vincoli più stringenti riguardava la richiesta di concentrare e limitare il flusso dei waterspider al solo corridoio secondario. Questo comportava che tutte le postazioni di picking e di refilling, solitamente a terra, fossero posizionate affacciate sul corridoio secondario. Tuttavia, non era scontato che i posti a terra fossero sufficienti e in tale evenienza sarebbe stato necessario trovare delle soluzioni alternative per riuscire a soddisfare la restrizione.

Si è deciso di mantenere il tipo di ubicazione a posti dedicati per le postazioni di picking e lasciare un tipo di ubicazione a zone dedicate per il resto del materiale in stock. Questa ragione risiede nel tipo di ordinazione con cui viene rifornito il magazzino. Utilizzando un magazzino esterno in consignment, gli ordini di materiale vengono fatti quotidianamente all'occorrenza, in base al tipo di produzione che si prevede di fare sino all'ordine successivo. Questa condizione fa sì che il materiale presente a magazzino, sia molto influenzato dalla produzione prevista e che quindi non ci sia uno stock massimo prevedibile per un singolo codice da poter prendere in considerazione. Pertanto, l'allocazione a zone dedicate permette di non legare un posto pallet a un certo materiale, ma sfrutta a pieno lo spazio a disposizione per qualsiasi pedana in cerca di un'ubicazione, rispettando la rotazione del materiale.

Con l'allocazione a zone dedicate, per il materiale alto rotante, che corrisponde alle postazioni di picking, va definito il posto dedicato fisso.

Per poter determinare l'ubicazione del materiale nelle postazioni di picking, è stato creato un file contenente tutti i codici che vengono gestiti all'interno del magazzino e che vengono richiesti dalle linee di produzione. Il numero totale di posti picking necessari risultanti è 55.

Le linee produttive sono suddivise per cliente. Ogni linea viene utilizzata per la produzione dei prodotti finiti di un cliente specifico. Alcune linee soddisfano più clienti, ma i prodotti finiti di un cliente non vengono mai prodotti su più linee. Su tale tipo di differenziazione, sono stati assegnati i posti picking a terra per i componenti utilizzati nelle linee. Per riuscire a rispettare il vincolo imposto riguardante il passaggio del waterspider nel solo corridoio secondario, è stato necessario introdurre il posizionamento del materiale in picking non solo a terra ma anche al primo piano degli scaffali, in quanto il posto a terra disponibile non è sufficiente per tutto il materiale da dover ubicare.

In ogni linea viene lavorato un prodotto finito per volta; quindi, più prodotti finiti per lo stesso cliente non vengono lavorati contemporaneamente. Sfruttare questa condizione permette di sfruttare la possibilità di ubicare le postazioni di picking anche al primo piano e non solo a terra, come già avviene negli scaffali interni all'area produttiva.

Il risultato ottenuto da questo tipo di analisi è stato un totale di 55 posti pallet totali per il picking, di cui 28 devono essere a terra e 27 al primo piano per lo scambio.

Analogo ragionamento è stato eseguito per le pedane del refill. Si è ottenuto un totale di 32 posti totali di cui 25 necessariamente a terra.

Per ciò che riguarda lo stock di pedane vuote per il prodotto finito, si è mantenuto lo stock minimo già presente che varia a seconda dell'imballo. Anche in questo caso gli imballi per il prodotto finito vengono ordinati due volte al giorno da un fornitore specializzato e l'ordine

viene fatto in previsione della quantità necessaria per la produzione in programma sino all'ordine successivo.

Alcune pedane per il prodotto finito sono di una grandezza più grande della pedana standard 80x120 e pertanto ubicate provocano un ingombro maggiore a scaffale che non permette di stoccare tre pedane per campata ma soltanto due. In questo caso i posti occupati sono tre ma le pedane stoccate sono due.

L'area di magazzino dedicata allo stoccaggio di prodotto finito è rimasta invariata, all'interno dello scaffale lungo. Si è deciso di lasciare il resto dello spazio a disposizione per l'ubicazione di pedane piene di prodotto finito e per eventuale materiale da stoccare che non rientra negli altri scaffali.

A seguito di tale ragionamento si è ottenuto un numero di posti pallet occupati dallo stock di pedane vuote per il prodotto finito pari a **95**, distribuiti su tutti e tre i piani dello scaffale. I posti pallet rimanenti a disposizione nello scaffale lungo laterale ammontano a **58** e vengono occupati dal prodotto finito.

Da queste considerazioni sono stati assegnate le zone di ubicazione per tipologia di materiale:

- Area Nuova: Postazioni di Refill delle pedane di imballi vuoti
- Scaffale centrale e Scaffale laterale corto: Postazioni di Picking del materiale per la produzione, sia a piano terra che al primo piano. Eventuale utilizzo di postazioni a terra per le postazioni di refill che non rientrano nell'area nuova.
- Scaffale laterale lungo: Ubicazione pedane di imballi vuoti di prodotto finito e stock di pedane di prodotto finito piene pronte per la spedizione.

Nella Figura 74 viene mostrata la divisione del magazzino nelle diverse aree di ubicazione.

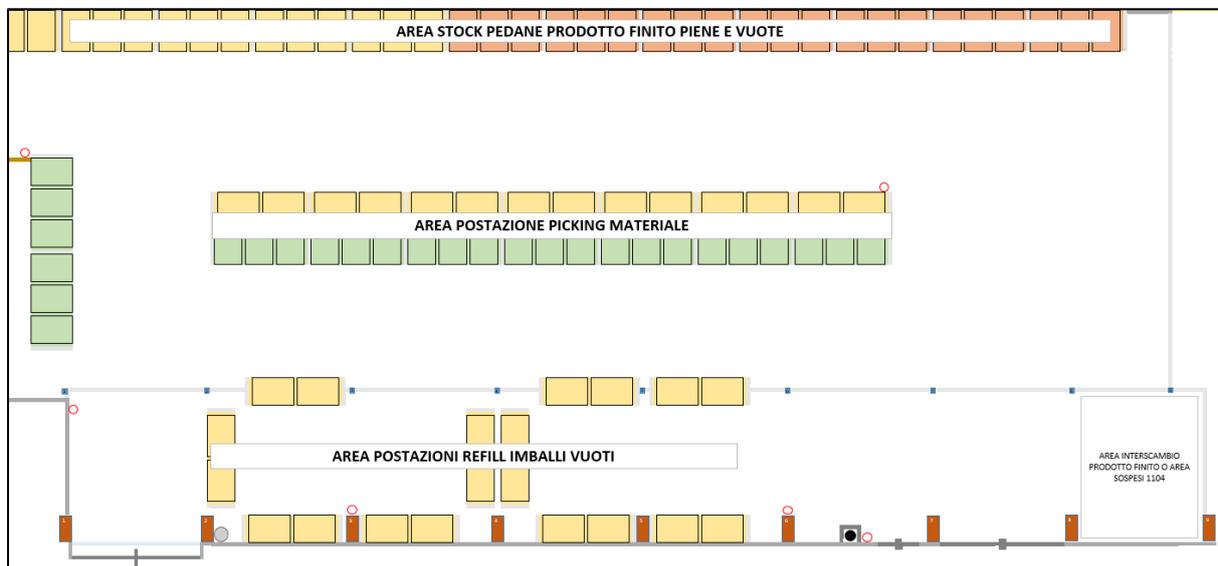


Figura 74 Aree di ubicazione

## **4.5 Spaghetti Chart per le opzioni di re-layout**

Dopo aver formulato delle proposte di layout è necessario verificare quale sia l'impatto che apporterebbero ai flussi delle risorse e ai loro spostamenti. Considerando i requisiti e i vincoli forniti dall'azienda è essenziale valutare se questi vengono rispettati ed eventualmente apportare delle modifiche alle proposte fatte.

Analogamente all'analisi dei flussi eseguita per il magazzino nella sua condizione iniziale, è stato eseguito un tracciamento degli spostamenti delle risorse nelle condizioni di post-layout, ipotizzando le strade percorse. L'analisi è stata effettuata per il circuito dell'addetto waterspider e dell'addetto al magazzino.

### **4.5.1 Analisi flussi waterspider**

Come da definizione, il waterspider effettua un tipo di percorso caratterizzato da grande ripetitività. La rivalutazione della disposizione della merce a magazzino non apporta cambiamenti a livello degli spostamenti effettuati all'interno della linea di produzione, in quanto non si prevedono delle modifiche sui percorsi in quell'area. Considerando, quindi, soltanto gli spostamenti che si estendono dal portone di ingresso della linea al magazzino, si può osservare un effettivo cambiamento dei percorsi e pertanto nell'analisi dei flussi eseguita con il metodo dello Spaghetti Chart nella condizione post-layout, viene considerata soltanto l'area di magazzino.

Il tracciamento degli spostamenti per lo studio dei flussi con lo Spaghetti Chart è stato effettuato tramite delle stime dei percorsi sulla base delle tipologie di conformazione delle proposte di layout presentate nel paragrafo precedente. Rispettivamente si sono individuate tre strutture.

#### **Proposte Struttura 1**

Le quattro proposte della versione 1, Figure 75, 76, 77, 78 presentano buona una concentrazione dei flussi grazie alla presenza di un terzo corridoio creatosi con le nuove scaffalature. L'avvicinamento tra loro degli imballi vuoti permette un accorciamento delle distanze e delle tempistiche dell'operazione di refill.

Nella proposta 1.4, Figura 67, si nota una decisa separazione delle due zone di vuoti e di materiale, mentre nelle altre opzioni questo non risulta possibile in quanto lo spazio a terra nell'area nuova non è sufficiente per ospitare tutte le postazioni di refill. La quantità di postazioni di refill nello scaffale centrale è ciò che determina la differenza tra una proposta e l'altra in termini di flussi. Il resto rimane pressoché uguale.

I percorsi che vengono eseguiti in uscita dalla linea includono anche lo smaltimento dei rifiuti nei contenitori appositi situati al di fuori del capannone e l'ubicazione delle pedane piene di prodotto finito. La frequenza di tale percorso è bassa e si nota dalle poche linee tracciate nello schema.



Figura 75 Spaghetti chart waterspider layout 1

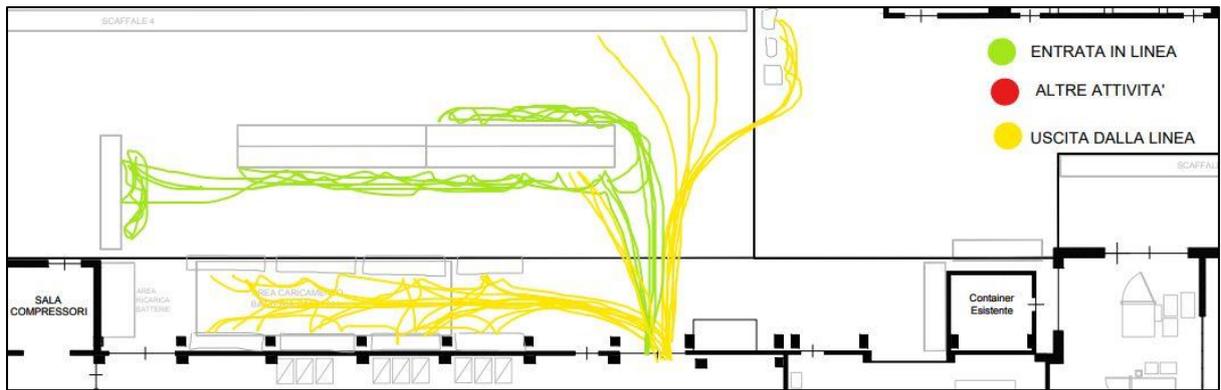


Figura 76 Spaghetti chart waterspider layout 1.2

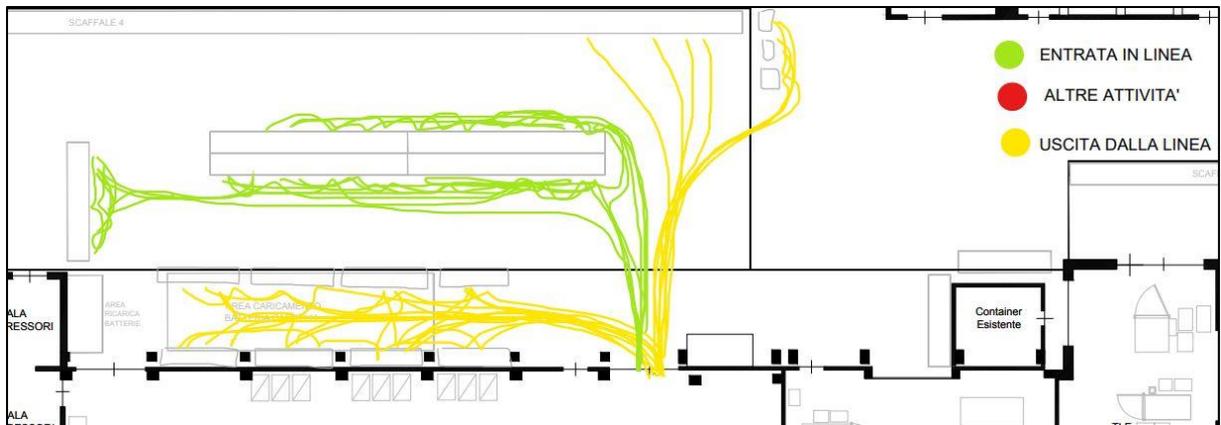


Figura 77 Spaghetti chart waterspider layout 1.3

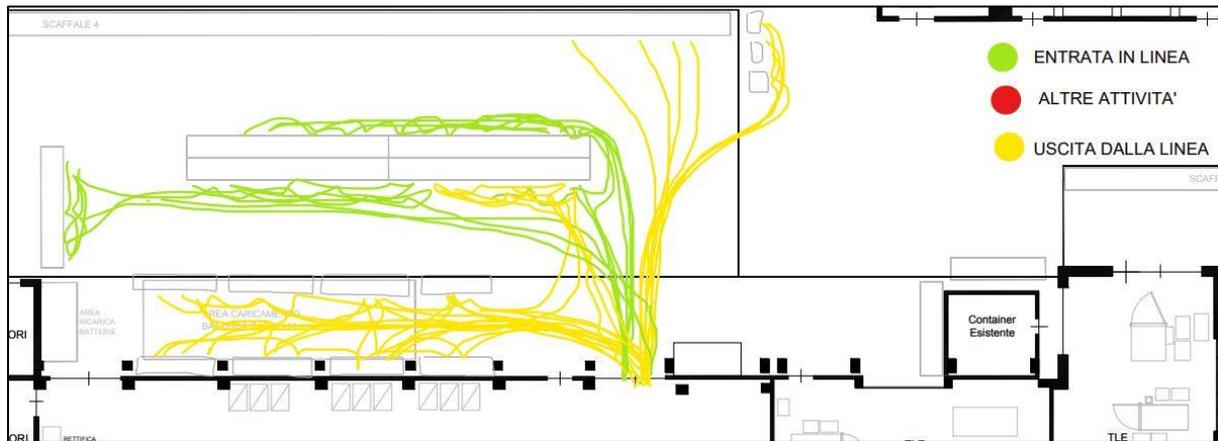


Figura 78 Spaghetti chart waterspider layout 1.4

### Proposte Struttura 2

Nella proposta di layout 2, vedi Figura 79, con la presenza di due entrate nella zona nuova, si nota subito lo sfruttamento del corridoio secondario come zona di passaggio. Si tratta di un passaggio necessario per spostarsi da una isola di refill all'altra, all'interno delle quali i movimenti di refill risultano estremamente veloci e concentrati grazie alla vicinanza delle varie zone di ubicazione. Con la presenza di due entrate il flusso risulta meno regolare rispetto alla prima proposta.

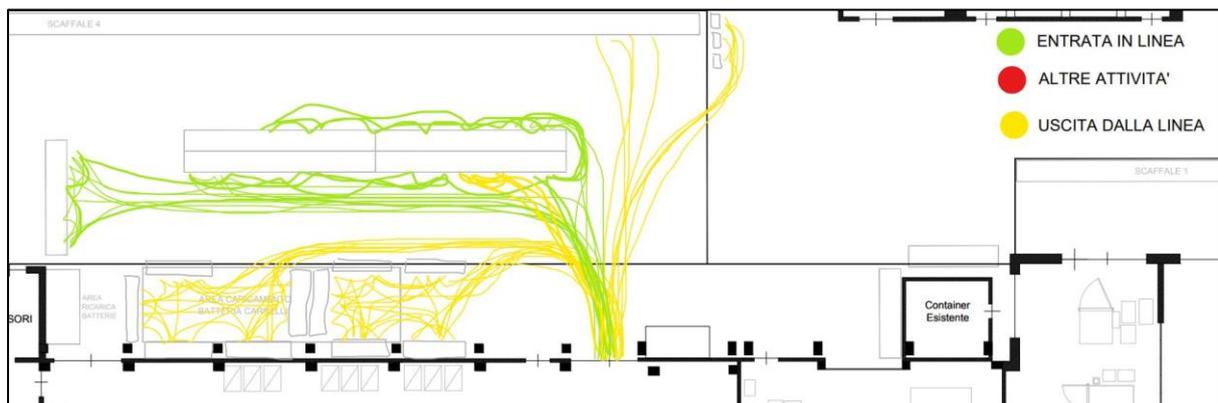


Figura 79 Spaghetti chart waterspider layout 2

### Proposte Struttura 3

Nella proposta di layout 3, vedi Figura 80, 81, 82, 83, 84 si nota una ulteriore complessità dei flussi rispetto alle soluzioni precedenti, data dalle due alle quattro entrate che sfruttano il corridoio secondario come zona di passaggio. All'aumentare delle entrate si restringe lo spazio tra uno scaffale e l'altro e i movimenti diventano più corti e veloci.

Anche in queste proposte, lo spazio non sufficiente nell'area nuova, provoca la necessità di spostare alcune postazioni di refill nello scaffale centrale.

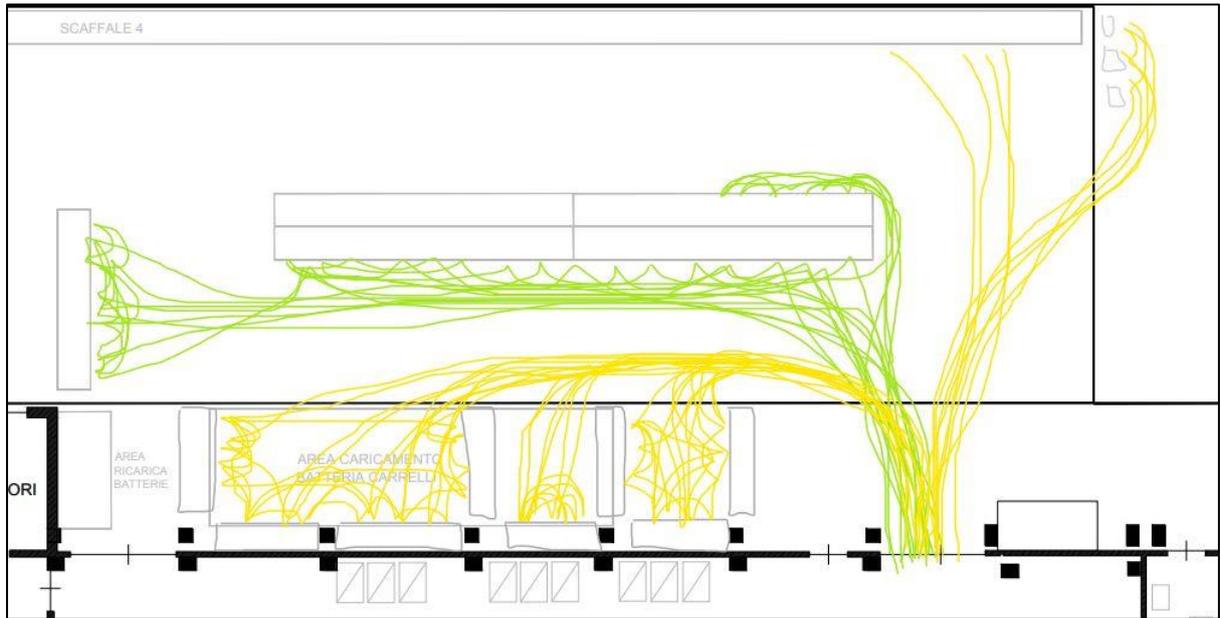


Figura 80 Spaghetti chart waterspider layout 3



Figura 81 Spaghetti chart waterspider layout 3.1

S



Figura 82 Spaghetti chart waterspider layout 3.1.2

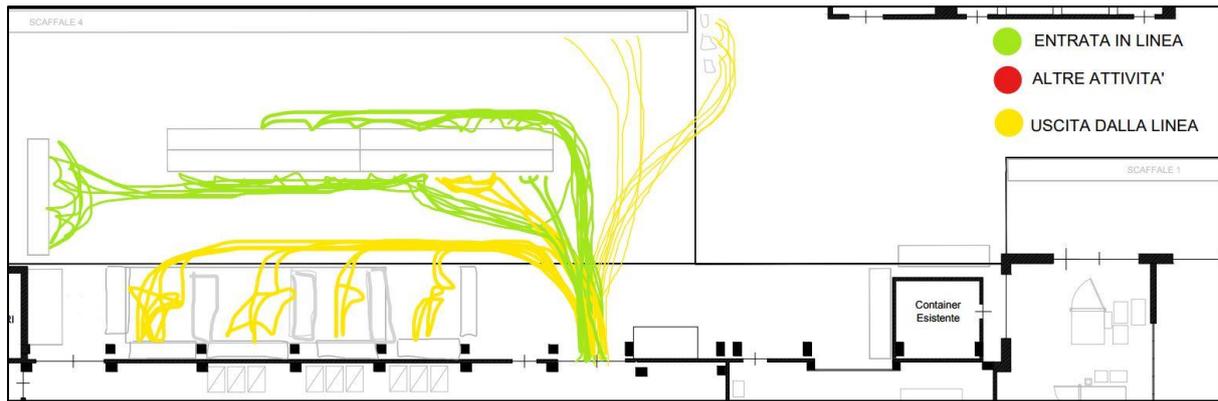


Figura 83 Spaghetti chart waterspider layout 3.2

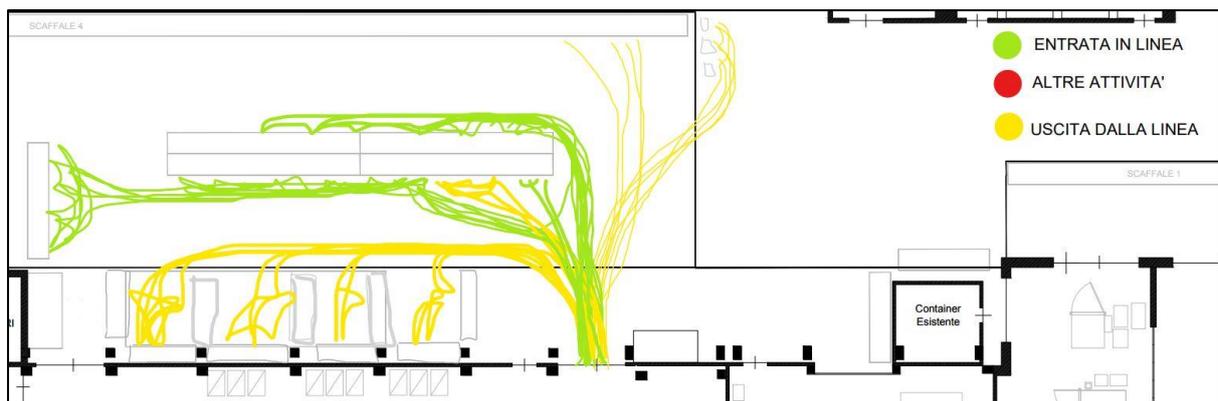


Figura 84 Spaghetti chart waterspider layout 3.3

È possibile osservare dallo Spaghetti Chart come l'accorciamento delle distanze permetta di concentrare il flusso in un'area più ristretta dal quale ne deriva una riduzione dei tempi medi di movimentazione. L'unica eccezione al di fuori dell'area del corridoio secondario riguarda gli spostamenti per lo smaltimento dei rifiuti e per l'ubicazione delle pedane di prodotto finito, nonché di prelievo dei contenitori per le linee.

La gestione del prodotto finito e dei suoi contenitori avviene con una frequenza molto ridotta rispetto ai viaggi effettuati per gli imballi vuoti. In quel caso è stato ritenuto ragionevole lasciare il percorso inalterato in quanto non frequente e in una posizione prossima alla zona di produzione.

#### 4.5.2 Analisi flussi Magazzinieri

La figura del magazziniere ha il compito di effettuare diverse operazioni in punti aziendali distanti tra loro. Alcune attività non vengono influenzate dalla modifica del layout interno al magazzino, altre invece risentono del cambiamento in quanto l'introduzione di nuovi scaffali provoca uno spostamento del materiale e delle attività connesse.

Considerando le stesse attività effettuate nell'analisi dei flussi nella condizione pre-layout, anche in questo caso sono stati stimati gli spostamenti degli operatori con le relative frequenze di movimentazione.

Riassumendo le proposte effettuate nelle tre macro-versioni 1,2 e 3, i risultati ottenuti con lo Spaghetti chart sono mostrate nelle Figure 85, 86, 87, 88, 89, 90:

# Proposte Struttura 1

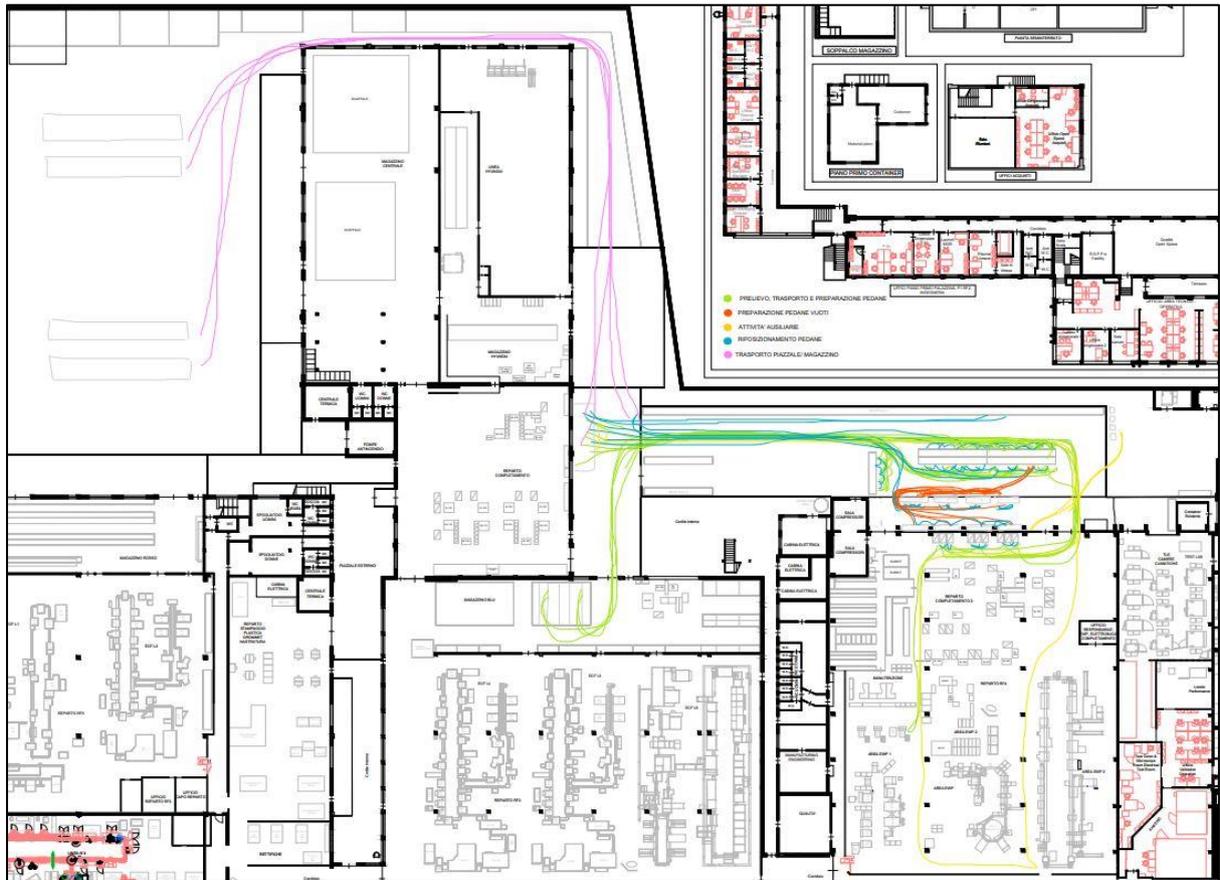


Figura 85 Spaghetti chart magazziniere layout 1

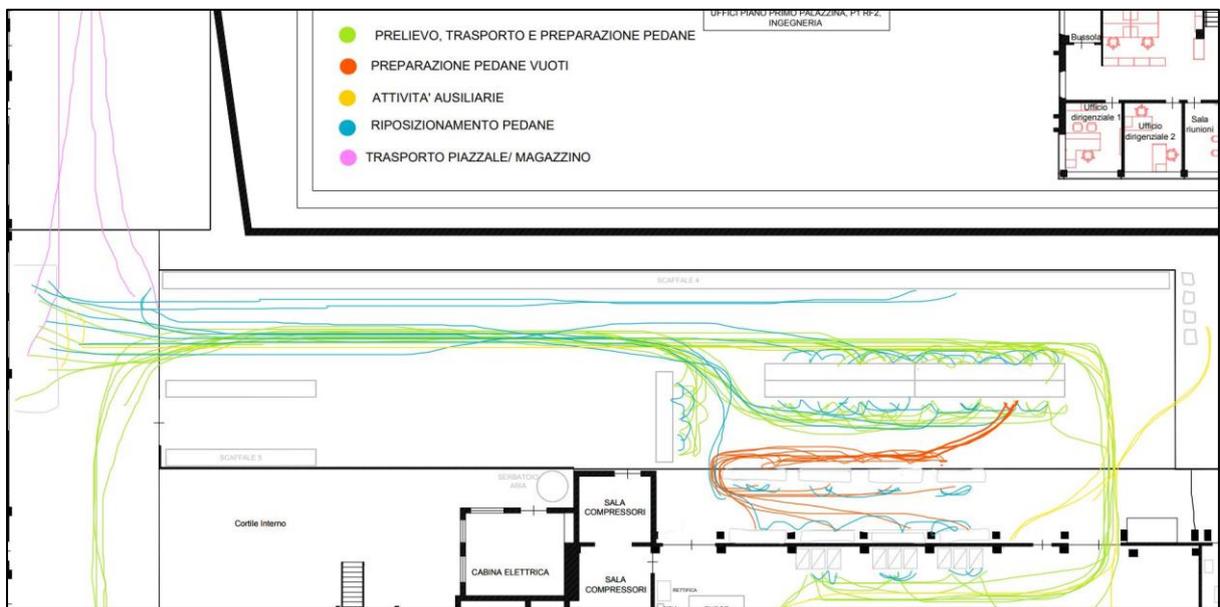


Figura 86 Spaghetti chart magazziniere layout 1- tunnel

## Proposte Struttura 2

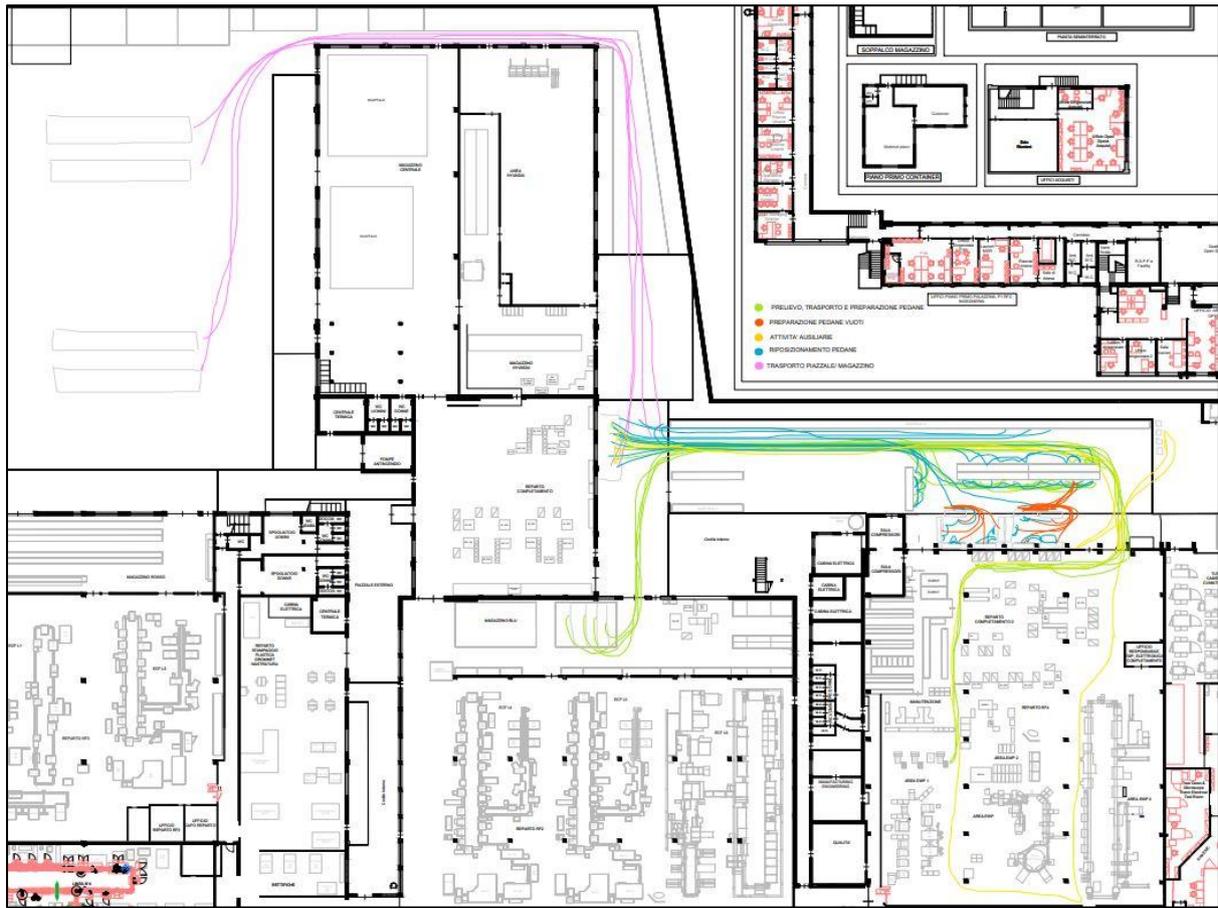


Figura 87 Spaghetti chart magazziniere layout 2

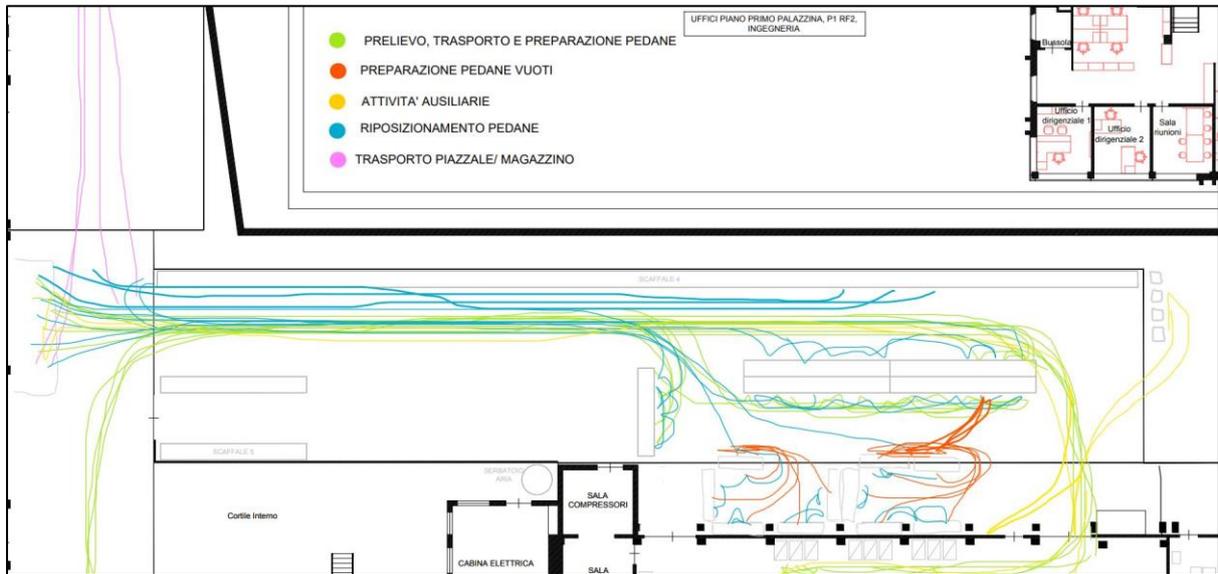


Figura 88 Spaghetti chart magazziniere layout 2- tunnel

## Proposte Struttura 3

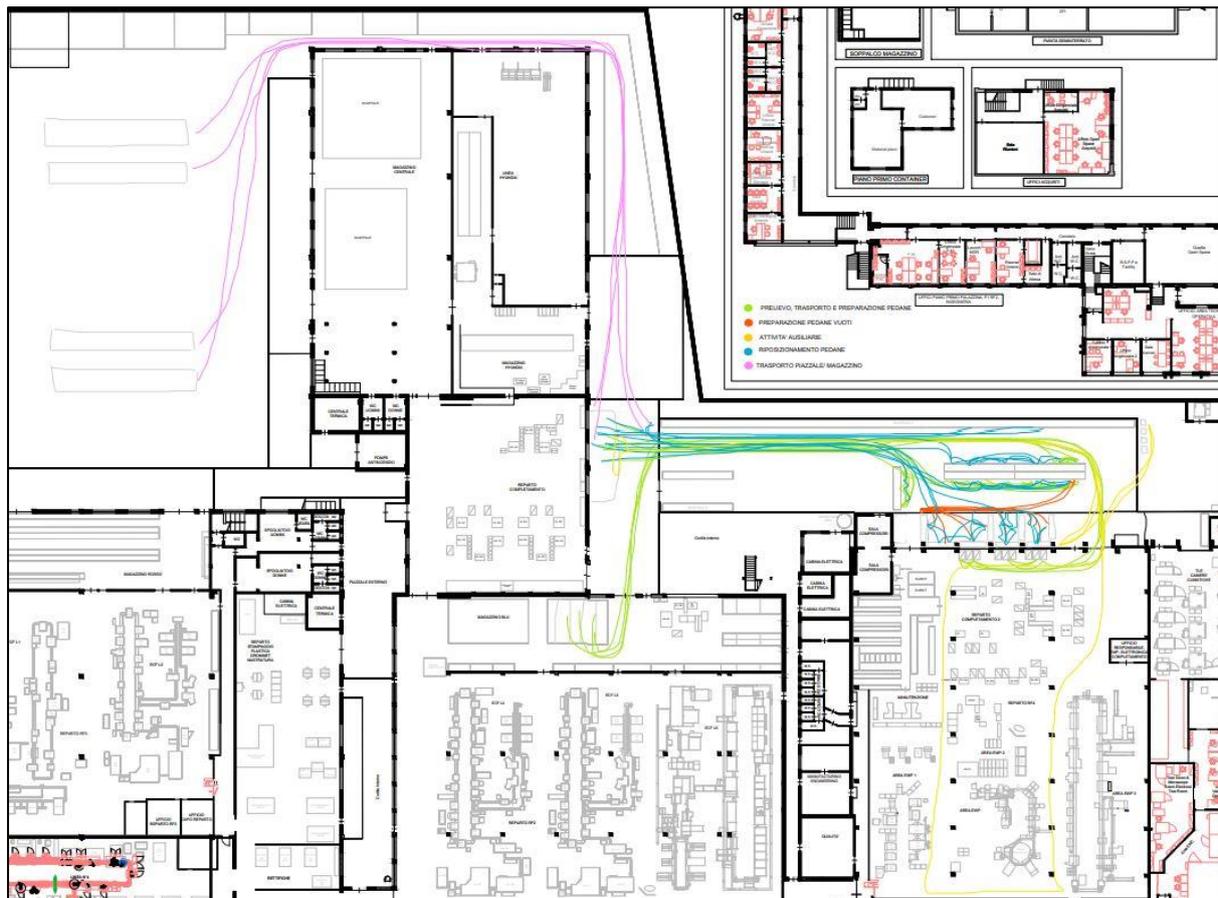


Figura 89 Spaghetti chart magazzino layout 3

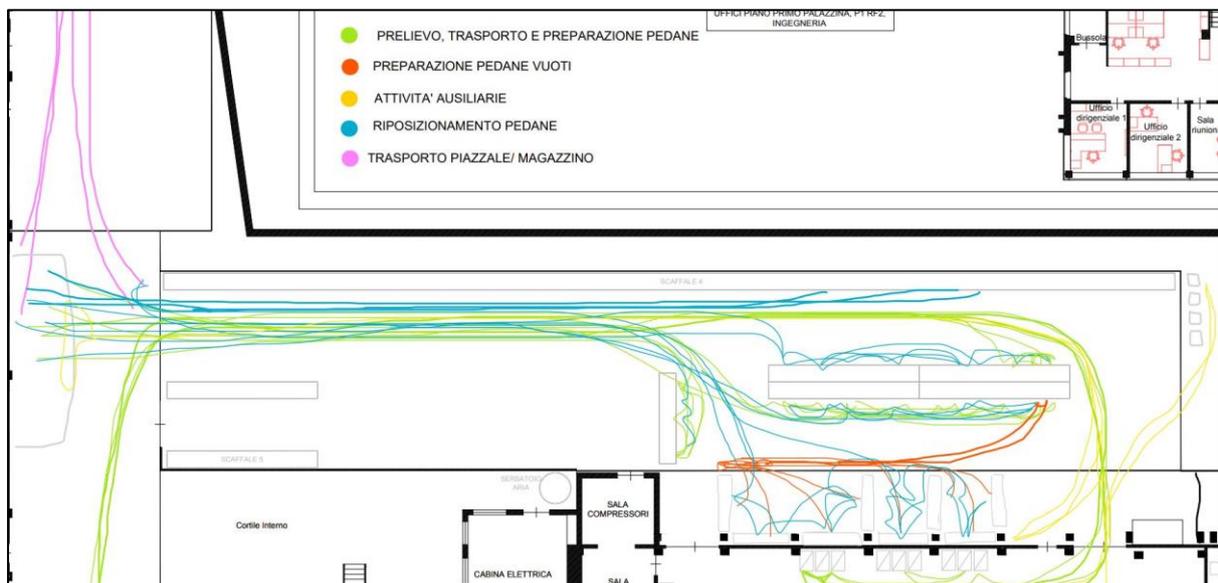


Figura 90 Spaghetti chart magazzino layout 3- tunnel

Il posizionamento delle postazioni di refill nell'area nuova rialloca automaticamente la zona utilizzata dagli operatori per l'imballaggio delle pedane per la spedizione. Se prima tale operazione veniva effettuata all'interno del corridoio principale, risultando in un'azione pericolosa per gli operatori a terra, la nuova posizione permette di ridurre drasticamente il rischio di incidenti. Da tale posizione, le pedane pronte per la spedizione vengono prelevate,

spostate nella zona di smistamento 1720\_IN e da quel punto movimentate nel piazzale per essere caricate e spedite.

Con l'introduzione dell'ubicazione delle postazioni di picking anche al primo piano, l'operazione di riposizionamento delle pedane aumenta di frequenza, in quanto ad ogni cambio di produzione in linea deve avvenire anche un cambio di materiale in picking. Questo si traduce in aumento del lavoro di movimentazione per i magazzinieri rispetto al layout precedente, ma i movimenti si accorciano in termini di distanza.

Le operazioni di trasporto tra piazzale e magazzino non cambiano e lo stesso vale per il prelievo, il trasporto e la preparazione delle pedane.

Un cambiamento si ottiene nel flusso delle attività ausiliarie e in particolare nello spostamento per la visualizzazione degli stock e delle ubicazioni di materiale che veniva fatta in un punto molto lontano, nel reparto di elettronica. L'introduzione di un dispositivo totem per la visualizzazione dello stock all'interno del tunnel risolve questa inefficienza riducendo drasticamente il tempo e lo spazio necessario. Viene posizionato adiacente alla porta di entrata alle linee, in un punto intermedio tra gli scaffali interni e lo spazio esterno.

Questa modifica libera il corridoio principale che in tale frangente viene utilizzato soltanto per il passaggio, lo stoccaggio di materiale e la movimentazione di pedane.

## Capitolo 5: Selezione del magazzino TO BE

Il Capitolo 5 pone l'attenzione sulle valutazioni che sono state eseguite per arrivare alla selezione di una sola proposta finale. Sono stati definiti i KPI da considerare e sono stati calcolati gli effetti dei miglioramenti in termini di tempo e distanze per gli operatori tenendo conto dei flussi ottenuti dalle analisi degli spostamenti eseguite nel Paragrafo 4.5. Infine, da tali risultati viene presentato il ragionamento che ha portato a giustificare la proposta finale selezionata. Per una migliore comprensione, di seguito vengono presentate le tabelle 3 e 4 riepilogative delle proposte presentate nel Capitolo 4.

PROPOSTE	1	1.2	1.3	1.4	2
POSTI AGGIUNTIVI	53	70	65	76	69
VANTAGGI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Layout lineare</li> <li>- Utilizzo spazio laterale per il passaggio</li> <li>- Ubicazione con tutti i mezzi in tutte le aree</li> <li>-Area nuova con tipo di ubicazione omogenea</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Layout lineare</li> <li>- Utilizzo spazio laterale per il passaggio</li> <li>- Sfruttamento dello spazio tra le colonne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Layout lineare</li> <li>- Utilizzo spazio laterale per il passaggio</li> <li>- Sfruttamento dello spazio tra le colonne</li> <li>-Area nuova con tipo di ubicazione omogenea</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Layout lineare</li> <li>- Utilizzo spazio laterale per il passaggio</li> <li>-Area nuova con tipo di ubicazione omogenea</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Buono sfruttamento dello spazio tra le colonne</li> <li>- Ubicazione con tutti i mezzi in tutte le aree</li> <li>- Creazione zona di smistamento</li> <li>- Area nuova con tipo di ubicazione omogenea</li> </ul>
SVANTAGGI	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rischio di sicurezza per passaggio pedonale dal portone</li> <li>-Tipo di ubicazione non standard in tutto il magazzino</li> <li>- Non si sfrutta tutto lo spazio tra le colonne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rischio di sicurezza per passaggio pedonale dal portone</li> <li>-Tipo di ubicazione non standard nella nuova area</li> <li>- Limitazione dei mezzi di movimentazione utilizzabili</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rischio di sicurezza per passaggio pedonale dal portone</li> <li>-Tipo di ubicazione non standard in tutto il magazzino</li> <li>- Limitazione dei mezzi di movimentazione utilizzabili</li> <li>-Rischio meteorologico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rischio di sicurezza per passaggio pedonale dal portone</li> <li>-Tipo di ubicazione non standard in tutto il magazzino</li> <li>- Limitazione dei mezzi di movimentazione utilizzabili</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rischio meteorologico</li> <li>- Tipo di ubicazione non standard in tutto il magazzino</li> </ul>

Tabella 3 Proposte di Layout tipologia 1 e 2

PROPOSTE	3	3.1	3.1.2	3.2	3.3
POSTI AGGIUNTIVI	105	96	99	99	90
VANTAGGI	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Buono sfruttamento dello spazio tra le colonne</li> <li>- Ubicazione con tutti i mezzi in tutte le aree</li> <li>- Tipo di ubicazione standard in tutto il magazzino</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Buono sfruttamento dello spazio tra le colonne</li> <li>- Ubicazione con tutti i mezzi in tutte le aree</li> <li>- Tipo di ubicazione standard in tutto il magazzino</li> <li>- Creazione di spazio per lo smistamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Buono sfruttamento dello spazio tra le colonne</li> <li>- Ubicazione con tutti i mezzi in tutte le aree</li> <li>- Tipo di ubicazione standard in quasi tutto il magazzino</li> <li>- Creazione di spazio per lo smistamento</li> <li>- Sfruttamento FIFO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Buono sfruttamento dello spazio tra le colonne</li> <li>- Ubicazione con tutti i mezzi in tutte le aree</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Buono sfruttamento dello spazio tra le colonne</li> <li>- Ubicazione con tutti i mezzi in tutte le aree</li> </ul>
SVANTAGGI	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rischio meteorologico</li> <li>- Possibilità di ubicare negli scaffali ad angolo soltanto con il transpallet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rischio meteorologico</li> <li>- Possibilità di ubicare negli scaffali ad angolo soltanto con il transpallet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rischio meteorologico</li> <li>- Possibilità di ubicare negli scaffali ad angolo soltanto con il transpallet</li> <li>-Tipo di ubicazione non standard in tutto il magazzino</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rischio meteorologico</li> <li>- Possibilità di ubicare negli scaffali ad angolo soltanto con il transpallet</li> <li>-Tipo di ubicazione non standard in tutto il magazzino</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rischio meteorologico</li> <li>-Tipo di ubicazione non standard in tutto il magazzino</li> </ul>

Tabella 4 Proposte di Layout tipologia 3

## 5.1 KPI per il nuovo layout

Gli indicatori di performance sono indicatori chiave di prestazione utilizzati per misurare in maniera obiettiva il rendimento dei processi. Nello specifico i KPI di magazzino sono indicatori che hanno l'obiettivo di misurare le prestazioni logistiche di un impianto. Nel caso aziendale affrontato i KPI trovati sono il risultato di una richiesta aziendale. Troviamo:

- **Indice di rotazione:** per calcolare l'indice di rotazione degli elementi di interesse del magazzino analizzato, si considera la richiesta di materiale effettuato dalle linee di produzione e la giacenza media a magazzino.  
Prendendo in considerazione i dati di stock osservati su un lasso di tempo di un mese, e i prelievi effettivamente eseguiti da parte della produzione, si è calcolato l'indice di rotazione per ogni codice gestito nel magazzino tunnel. Da tali risultati si è fatta una valutazione circa la corretta posizione del materiale a magazzino, i codici più alto rotanti sono stati posizionati più vicini all'entrata in produzione e codici più basso rotanti sono stati disposti nelle postazioni di picking che si affacciano al corridoio principale, o nei posti più lontani dall'entrata.
- **Giacenza media:** grazie al calcolo dell'indice di rotazione è stato possibile calcolare la giacenza media dei singoli codici, a indicazione del tempo medio in cui il materiale rimane a magazzino non prelevato.
- **Giorni di copertura:** partendo dai risultati ottenuti nel calcolo dell'indice di rotazione, si è calcolato il periodo di copertura dei singoli codici tenuto conto del periodo considerato rapportato all'indice di rotazione.
- **Potenzialità ricettiva:** nel caso aziendale la potenzialità ricettiva pre-layout, considerando soltanto la zona di interesse, è di 273 unità di carico stoccabili a magazzino, intesi come posti pallet.

Una precisazione va fatta tenendo in considerazione la presenza di una rulliera per i colli di piccole dimensioni contenente minuteria. La rulliera utilizzata occupa una campata intera di larghezza e si estende su entrambi i lati dello scaffale centrale. Occupa un equivalente di sei posti pallet ed ospita 16 codici di materiale. Una ulteriore campata è utilizzata come punto di appoggio per gli operatori e si estende su una campata intera. La potenzialità ricettiva post relay layout migliora in tutte le proposte presentate, in quanto si vanno ad aggiungere degli scaffali che apportano un maggior numero di postazioni disponibile per lo stoccaggio di materiale, si veda Tabella 5.

Potenzialità ricettiva	Pre Layout	Post Re-Layout									
Proposta		1	1,2	1,3	1,4	2	3	3,1	3.1.2	3,2	3,3
Totali	273	326	343	338	349	342	378	369	372	372	363
Aggiuntivi totali		53	70	65	76	69	105	96	99	99	90
Area nuova		32	49	65	34	48	63	54	57	57	48
Scaffale centrale		21	21	-	42	21	42	42	42	42	42

Tabella 5 Variazione Potenzialità ricettiva

La soluzione che risulta migliore è la proposta 3 con 105 posti pallet aggiuntivi.

- **Coefficiente di utilizzazione superficiale (Cs):** in Tabella 6 sono presentati i risultati trovati dal calcolo del coefficiente di utilizzazione superficiale CUS, che varia a seconda dello scaffale considerato, del tipo di ubicazione e del corridoio. Si nota un

miglioramento del CUS in entrambi i casi di ubicazione e questo è dovuto alla diminuzione della larghezza dei corridoi, che provoca un miglioramento dello sfruttamento superficiale.

Cs	Pre Layout	Post Re-Layout
lato lungo parallelo al fronte [pallet/m2]	0,463	0,505
lato corto parallelo al fronte [pallet/m2]	0,641	0,833

Tabella 6 Variazione coefficiente di utilizzazione superficiale

- **Potenzialità di movimentazione (PM):** nel caso aziendale i mezzi di movimentazione che vengono utilizzati sono un carrello elevatore e un transpallet. Entrambi possono portare al massimo due unità di carico in contemporanea, ma per quanto riguarda l'ubicazione possono movimentare al massimo una unità di carico per volta, effettuando dei cicli semplici.

Considerando due mezzi che possono movimentare al massimo 1 Udc per ciclo semplice, si ottengono 2 Udc in contemporanea che possono essere movimentate, si veda Tabella 7.

In un ciclo semplice può essere movimentata una Udc alla volta e il tempo impiegato è diverso per i diversi tipi di mezzi:

- Ciclo semplice Transpallet: 33 sec
- Ciclo semplice Carrello elevatore: 38 sec
- Ciclo semplice Cabina: 48 sec

PM	Ciclo semplice	Pre Layout	Post Re-layout
transpallet	33 sec	109 Udc/h	109 Udc/h
carrello elevatore	38 sec	94 Udc/h	94 Udc/h
cabina	48 sec	-	75 Udc/h
medio		101 Udc/h	92 Udc/h

Tabella 7 Variazione della potenzialità di movimentazione

- **Coefficiente di utilizzazione volumetrica (Cv):** nel caso aziendale, il volume medio della cella non varia a seconda della profondità dello scaffale, in quanto al variare della profondità, cambia il tipo di ubicazione e il numero di unità stoccabili nella campata standard.

Nella condizione di pre e post relay layout non si sussiste a un miglioramento del coefficiente di utilizzazione volumetrica, che rimane costante a  $Cv=0,7619$  pallet/m3.

- **Indice di selettività:** considerando il tipo di scaffalatura presente in magazzino, l'indice di selettività corrisponde sempre a 1 in quanto le Udc sono sempre direttamente accessibili. Unica eccezione riguarda un tipo di imballo di prodotto finito, sia pieno che vuoto, che grazie alla sua dimensione ridotta rispetto alle dimensioni standard, è stoccabile a scaffale in una quantità di 12 pedane per campata invece che 3. In quel caso l'indice di selettività diventa diverso da 1 in quanto non tutte le pedane sono direttamente accessibili.

## 5.2 Quantificazione degli effetti dei miglioramenti

L'analisi dei flussi mette in evidenza le differenze tra la condizione iniziale e quella finale ipotizzata, valutate tramite gli spostamenti degli operatori e le frequenze dei movimenti; tuttavia, non riesce a dimostrare con termini quantitativi gli effetti dei miglioramenti di tali modifiche. Per riuscire a quantificare le soluzioni trovate, sono stati definiti i parametri di valutazione e successivamente sono stati calcolati.

Se si parla di flusso, i due elementi che incidono maggiormente sono la distanza e il tempo, impiegati per eseguire un'operazione e percorrere lo spazio necessario. Esistono delle attività che richiedono all'operatore di percorrere una lunga distanza e che di conseguenza richiedono un tempo minimo fisso al di sotto del quale è impossibile scendere. Altre attività, caratterizzate da distanze corte o nulle, richiedono un tempo che risulta estremamente influenzato dalle condizioni e dalla complessità del lavoro. In tali circostanze, è possibile andare ad agire in termini di agevolazione delle condizioni, facilitazione delle attività o semplificazione dei processi.

Nella condizione pre-layout il materiale quotidianamente non ubicato a scaffale ammonta, in media, al 54% del totale presente. Considerando l'aumento della capacità nelle diverse opzioni di re-layout, si è calcolato l'impatto sull'ammontare del materiale mediamente non ubicabile e con tali risultati si è proceduto con la quantificazione degli impatti in termini di tempo e distanza nelle attività degli operatori.

La rivalutazione della disposizione delle postazioni di picking al secondo piano dello scaffale centrale, insieme all'aumentata capacità del magazzino porta ad un cambiamento in termini di processo di gestione dell'intera struttura. L'aumento di capacità di ubicazione permette di ridurre fino al 64% la merce mediamente non ubicata a scaffale e lo spazio a disposizione interno comporta che venga saltato il passaggio che prevede che la merce sia depositata per un tempo più o meno lungo nella zona di smistamento 1720\_IN. Il materiale, una volta scaricato, potrebbe essere ubicato direttamente a scaffale e in questo modo si ridurrebbe il tempo impiegato per il passaggio dalla zona di smistamento. Ubicando il materiale si semplificherebbe il processo di ricerca che avviene al momento del bisogno della pedana, si rispetterebbe la logica FIFO e si faciliterebbe il riposizionamento delle pedane dallo stock al picking.

Per ciò che concerne il trasporto del materiale dal piazzale di scarico al magazzino, trattandosi di una movimentazione con distanza fissa, le uniche modifiche attuabili riguardano la semplificazione del processo, diminuendo il numero di passaggi intermedi, oppure il potenziamento della capacità dei mezzi di trasporto. Nella Tabella 8 si mostra la differenza che si otterrebbe dall'eliminazione del passaggio del materiale dalla zona di smistamento. Dalla zona di scarico la pedana viene trasportata direttamente al posto di ubicazione a scaffale. Il calcolo è effettuato con un numero medio di pedane movimentate sui 3 turni pari a 100, si ottiene una diminuzione massima del tempo di trasporto del 5% rispetto al tempo iniziale.

MAGAZZINIERE											
TRASPORTO PIAZZALE/MAGAZZINO	Pre	L1	L1.2	L1.3	L1.4	L2	L3	L3.1	L3.1.2	L3.2	L3.3
Tempo piazzale-1720_IN-scaffale	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
	00:15:00	00:15:00	00:15:00	00:15:00	00:15:00	00:15:00	00:15:00	00:15:00	00:15:00	00:15:00	00:15:00
Tempo piazzale-scaffale	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660
	00:11:00	00:11:00	00:11:00	00:11:00	00:11:00	00:11:00	00:11:00	00:11:00	00:11:00	00:11:00	00:11:00
		-27%	-27%	-27%	-27%	-27%	-27%	-27%	-27%	-27%	-27%
AUMENTO SPAZIO A MAGAZZINO	46%	55%	58%	57%	59%	58%	64%	62%	63%	63%	61%
PEDANE MOVIMENTATE SUI TRE TURNI IN ANDATA	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tempo tot di trasporto	78960	76817	76129	76331	75887	76170	74714	75078	74956	74956	75320
	21:56:00	21:20:17	21:08:49	21:12:11	21:04:47	21:09:30	20:45:14	20:51:18	20:49:16	20:49:16	20:55:20
		-3%	-4%	-3%	-4%	-4%	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%

Tabella 8 Impatto sul trasporto dal piazzale al magazzino

L'aumento della capacità interna al magazzino è in grado di influenzare positivamente il tempo di ricerca del materiale da parte degli operatori. Nella Tabella 9, si dimostra che il tempo di ricerca è strettamente legato alla posizione della pedana, se questa è ubicata a scaffale, a seguito della consultazione con il gestionale è possibile ritrovarla in modo diretto; se si trova nella zona di smistamento è necessario doverla cercare e raggiungerla spostando altre pedane accatastate. Inoltre, è poi necessario riposizionare le pedane accatastate nella loro posizione iniziale. Pertanto, si dimostra che il tempo di ricerca cala in modo direttamente proporzionale all'aumento della capacità ubicativa del magazzino:

MAGAZZINIERE											
RICERCA PEDANE	Pre	L1	L1.2	L1.3	L1.4	L2	L3	L3.1	L3.1.2	L3.2	L3.3
Tempo medio ricerca pedana NON ubicata	00:12:46	00:12:46	00:12:46	00:12:46	00:12:46	00:12:46	00:12:46	00:12:46	00:12:46	00:12:46	00:12:46
Tempo medio ricerca pedana ubicata	00:05:30	00:05:30	00:05:30	00:05:30	00:05:30	00:05:30	00:05:30	00:05:30	00:05:30	00:05:30	00:05:30
Variazione Tempo di ricerca pedana	-57%	-57%	-57%	-57%	-57%	-57%	-57%	-57%	-57%	-57%	-57%
Percentuale Pedane NON ubicate	54%	45%	42%	43%	41%	42%	36%	38%	37%	37%	39%
	68758	64010	62428	62955	61900	62428	59262	60317	59790	59790	60845
Tempo medio ricerca TOT	19:05:58	17:46:50	17:20:28	17:29:15	17:11:40	17:20:28	16:27:42	16:45:17	16:36:30	16:36:30	16:54:05
		-7%	-9%	-8%	-10%	-9%	-14%	-12%	-13%	-13%	-11%

Tabella 9 Impatto sui tempi totali di ricerca delle pedane

Un secondo cambiamento in essere riguarda la disposizione al secondo piano delle postazioni di picking. Con questa modifica il magazzino ha il compito di dover effettuare la sostituzione del materiale in picking con i codici richiesti dalla produzione. In ogni linea viene cambiata la produzione con frequenze diverse e quotidianamente devono essere effettuati, in media, quattro cambi di produzione all'interno del magazzino al fine di poter spostare in picking il materiale necessario alle linee. Considerando i tempi richiesti per eseguire un ciclo semplice dei diversi mezzi di movimentazione interna, e il numero di codici rispettivamente movimentati in ogni linea durante un cambio di produzione, si ottiene il tempo totale necessario per il cambio delle postazioni picking. Ne consegue un aumento del tempo che però risulta piuttosto trascurabile se considerato nelle tempistiche totali richieste dal riposizionamento quotidiano delle pedane.

Nella Tabella 10 si può osservare che il tempo di cambio produzione risulta soltanto l'1% del totale richiesto dal riposizionamento delle pedane e grazie all'aumento della capacità di ubicazione il tempo totale risulta comunque migliorato con il re-layout.

Nella Tabella 11, si calcola il tempo totale richiesto sui tre turni a tre operatori diversi per effettuare il riposizionamento delle pedane.

MAGAZZINIERE											
CAMBIO PRODUZIONE	Pre	L1	L1.2	L1.3	L1.4	L2	L3	L3.1	L3.1.2	L3.2	L3.3
Tempo medio di cambio scaffali per	726	3118	3118	3118	3118	3118	3118	3118	3118	3118	3118
	00:12:06	00:51:58	0:51:58	0:51:58	0:51:58	0:51:58	0:51:58	0:51:58	0:51:58	0:51:58	0:51:58
		329%	329%	329%	329%	329%	329%	329%	329%	329%	329%

Tabella 10 Impatto del cambio postazioni di picking per il cambio di produzione

MAGAZZINIERE											
RIPOSIZIONAMENTO PEDANE	Pre	L1	L1.2	L1.3	L1.4	L2	L3	L3.1	L3.1.2	L3.2	L3.3
Tempo medio di cambio scaffali per produzione [s]	726	3118	3118	3118	3118	3118	3118	3118	3118	3118	3118
1%	00:12:06	00:51:58	0:51:58	0:51:58	0:51:58	0:51:58	0:51:58	0:51:58	0:51:58	0:51:58	0:51:58
Tempo medio Tot ricerca	68758	64010	62428	62955	61900	62428	59262	60317	59790	59790	60845
99%	19:05:58	17:46:50	17:20:28	17:29:15	17:11:40	17:20:28	16:27:42	16:45:17	16:36:30	16:36:30	16:54:05
TEMPO TOT RIPOSIZIONAMENTO+CAMBIO	69484	67128	65546	66073	65018	65546	62380	63435	62908	62908	63963
	19:18:04	18:38:48	18:12:26	18:21:13	18:03:38	18:12:26	17:19:40	17:37:15	17:28:28	17:28:28	17:46:03
		-3%	-6%	-5%	-6%	-6%	-10%	-9%	-9%	-9%	-8%

Tabella 11 Impatto del tempo di riposizionamento delle pedane

Una semplice modifiche che risulterebbe migliorativa dei flussi dei magazzinieri riguarda il posizionamento di una postazione con computer all'interno del magazzino, per permettere una consultazione più celere della posizione del materiale e una riduzione della distanza per raggiungere tale postazione. Nella Tabella 12, si mostra il risultato ottenuto dalla semplice considerazione in termini di distanza della riallocazione del totem per la consultazione del gestionale. Si ottiene una notevole differenza a favore della modifica:

MAGAZZINIERE											
ATTIVITA' AUSILIARIE	Pre	L1	L1.2	L1.3	L1.4	L2	L3	L3.1	L3.1.2	L3.2	L3.3
Distanza media Tot [m]	563	426	426	426	426	426	426	426	426	426	426
		-24%	-24%	-24%	-24%	-24%	-24%	-24%	-24%	-24%	-24%
Tempo medio Tot [s]	1680	1448	1448	1448	1448	1448	1448	1448	1448	1448	1448
	00:28:00	00:24:08	01:24:08	02:24:08	03:24:08	04:24:08	05:24:08	06:24:08	07:24:08	08:24:08	09:24:08
		-14%	-14%	-14%	-14%	-14%	-14%	-14%	-14%	-14%	-14%

Tabella 12 impatto riposizionamento Totem

Se gli impatti considerati sino ad ora hanno evidenziato i cambiamenti per le attività dei magazzinieri, l'aumento della capacità e il riposizionamento del materiale, specialmente delle postazioni di picking e refilling, influenzano positivamente i movimenti degli operatori waterspider.

Nella condizione pre re-layout la distanza media percorsa da un waterspider ammontava a 60 metri con una velocità media di 1.16 m/s. Da questi dati sono state ricalcolate le distanze massime che dovrebbero essere percorse nelle condizioni di re-layout e si è ottenuto l'impatto sui tempi totali. Nella Tabella 13, si mostra l'effetto delle movimentazioni sulla raccolta dei vuoti e nella Tabella 14 sul prelievo del materiale.

WATERSPIDER											
UBICAZIONE VUOTI	Pre	L1	L1.2	L1.3	L1.4	L2	L3	L3.1	L3.1.2	L3.2	L3.3
Distanza media Tot [m]	71	40.5	40.5	41.5	41.5	50	43	43	45	43	43
		-43%	-43%	-42%	-42%	-30%	-39%	-39%	-37%	-39%	-39%
Tempo medio Tot [s]	274	193	193	201	201	249	198	198	212	198	198
	00:04:34	00:03:13	00:03:13	00:03:21	00:03:21	00:04:09	00:03:18	00:03:18	00:03:32	00:03:18	00:03:18
		-30%	-30%	-27%	-27%	-9%	-28%	-28%	-23%	-28%	-28%

Tabella 13 Impatto sul tempo di ubicazione dei vuoti

WATERSPIDER											
RACCOLTA PIENI	Pre	L1	L1.2	L1.3	L1.4	L2	L3	L3.1	L3.1.2	L3.2	L3.3
Distanza media Tot [m]	68.25	64.5	59.5	65.5	65.5	63.6	56	60.5	57	60.5	61.5
		-5%	-13%	-4%	-4%	-7%	-18%	-11%	-16%	-11%	-10%
Tempo medio Tot [s]	120	113	104	115	115	111	98	106	100	106	108
	00:04:34	00:03:13	00:03:13	00:03:21	00:03:21	00:04:09	00:03:18	00:03:18	00:03:32	00:03:18	00:03:18
		-6%	-13%	-4%	-4%	-8%	-18%	-12%	-17%	-12%	-10%

Tabella 14 Impatto sul tempo di raccolta del materiale

La concentrazione delle attività del waterspider al corridoio secondario permette di avere distanze frequentemente percorse molto più corte e una decisa riduzione dei tempi necessari in tutte le soluzioni proposte. Inoltre, migliorano le condizioni di lavoro in termini di sicurezza. Risultano migliori le soluzioni che riescono a circoscrivere i movimenti dell'operatore al solo corridoio secondario come da requisiti, arrivando a un miglioramento dei tempi fino al 28% per l'ubicazione dei vuoti e la raccolta dei pieni fino al 18%.

Di seguito vengono riepilogati gli effetti calcolati, ottenendo i risultati mostrati in Tabella 15 per gli operatori magazzinieri.

MAGAZZINIERE	Pre	L1	L1.2	L1.3	L1.4	L2	L3	L3.1	L3.1.2	L3.2	L3.3
TRASPORTO PIAZZALE/MAGA ZZINO	21:56:00	21:20:17	21:08:49	21:12:11	21:04:47	21:09:30	20:45:14	20:51:18	20:49:16	20:49:16	20:55:20
		-3%	-4%	-3%	-4%	-4%	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%
RIPOSIZIONAME NTO PEDANE	19:18:04	18:38:48	18:12:26	18:21:13	18:03:38	18:12:26	17:19:40	17:37:15	17:28:28	17:28:28	17:46:03
		-3%	-6%	-5%	-6%	-6%	-10%	-9%	-9%	-9%	-8%
ATTIVITA' AUSILIARIE	00:28:00	00:24:08	01:24:08	02:24:08	03:24:08	04:24:08	05:24:08	06:24:08	07:24:08	08:24:08	09:24:08
		-14%	-14%	-14%	-14%	-14%	-14%	-14%	-14%	-14%	-14%

Tabella 15 Riepilogo effetti per i magazzinieri

Lo stesso riepilogo viene eseguito per gli operatori waterspider e i risultati vengono mostrati in Tabella 16.

WATERSPIDER	Pre	L1	L1.2	L1.3	L1.4	L2	L3	L3.1	L3.1.2	L3.2	L3.3
UBICAZIONE VUOTI	00:04:34	00:03:13	00:03:13	00:03:21	00:03:21	00:04:09	00:03:18	00:03:18	00:03:32	00:03:18	00:03:18
		-30%	-30%	-27%	-27%	-9%	-28%	-28%	-23%	-28%	-28%
RACCOLTA PIENI	00:04:34	00:03:13	00:03:13	00:03:21	00:03:21	00:04:09	00:03:18	00:03:18	00:03:32	00:03:18	00:03:18
		-6%	-13%	-4%	-4%	-8%	-18%	-12%	-17%	-12%	-10%

Tabella 16 Riepilogo effetti per waterspider

### 5.3 Scelta dell'opzione migliore

Per riuscire a selezionare la proposta migliore tra quelle presentate nei paragrafi precedenti, è stato organizzato un incontro con le figure di riferimento che si occupano della gestione del magazzino, dell'approvvigionamento e della direzione della produzione. Durante l'incontro è stato spiegato il lavoro svolto, sono state presentate le proposte elaborate e per ogni proposta si sono evidenziati i punti di forza e debolezza. Tenendo in considerazione i requisiti aziendali, i vincoli strutturali e le previsioni future di crescita della produzione sono state inizialmente selezionate le proposte 3 e 3.3 di layout.

Le motivazioni dietro la decisione della proposta 3 risiedono nei vantaggi ottenuti dall'incremento di capacità ubicativa, nella possibilità di avere un tipo di ubicazione standard in tutto il magazzino e nella possibilità di concentrare i flussi di gestione dei vuoti solamente nella nuova area. Se questa proposta risulta la migliore a livello di incremento dei posti di ubicazione, presenta un vincolo di mobilità importante all'interno della nuova area, rendendo alcune postazioni accessibili soltanto con il transpallet. Inoltre, prevederebbe la sostituzione di tutte le scaffalature, e pertanto un costo molto elevato.

Per ciò che riguarda la scelta della proposta 3.3 le motivazioni principali risiedono nella flessibilità di movimentazione in tutta l'area con tutti i tipi di mezzi di movimentazione e nel grosso vantaggio a livello economico di poter riutilizzare gli scaffali presenti nel layout precedente. I punti di debolezza di questa proposta consistono nell'assenza di un tipo di ubicazione standard in tutto il magazzino, e nell'incremento di capacità più basso rispetto all'altra proposta.

Ciò che risulta necessario è comprendere quali sono i pesi dei diversi aspetti che devono essere considerati per la decisione da prendere. Quali sono i compromessi a cui si può scendere e quali invece gli aspetti che si devono ottimizzare, in termini fisici, operativi e monetari.

Con il fine di riuscire ad ottenere una decisione definitiva circa la proposta da scegliere, è stato organizzato un ultimo confronto con i responsabili del magazzino e i magazzinieri. L'obiettivo è stato quello di ottenere un parere da parte di coloro che effettivamente lavorano all'interno delle aree di interesse e che sarebbero i diretti interessati dalle modifiche in essere. I cambiamenti avrebbero un impatto diretto sui loro processi e sui loro flussi, con il risultato di migliorare o peggiorare il loro lavoro. Durante l'incontro sono state presentate le due proposte selezionate ed è stato spiegato il layout e la gestione del lavoro prevista. È stato successivamente chiesto un parere circa gli aspetti più influenti, secondo il loro punto di vista, per la decisione finale tra le due.

Un aspetto che è sembrato accomunare tutti è stato il vincolo dell'utilizzo del solo transpallet in alcuni punti di stoccaggio. Sebbene non sia un grosso impedimento, nel lungo termine porta ad un passaggio aggiuntivo di processo e con esso un aumento del tempo richiesto necessario per l'operazione e un aumento della possibilità di intoppo nel flusso. L'ubicazione standard in tutto il magazzino non è risultato un punto fondamentale per gli operatori, che hanno evidenziato la necessità di avere zone separate ben delineate, più che un'ubicazione standard dappertutto. Infine, gli operatori hanno dichiarato di preferire un aumento minore di capacità

ubicativa a favore di una flessibilità di movimentazione maggiore, decretando la proposta 3.3 come la vincente. Tale soluzione è richiamata in Figura 91.

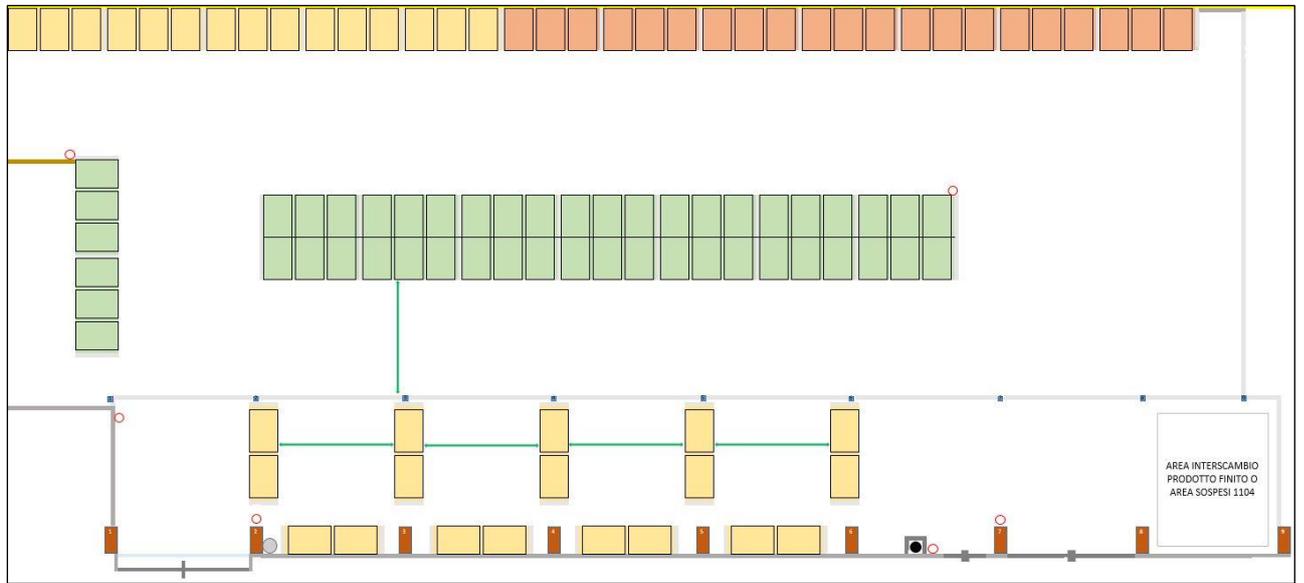


Figura 91 Layout finale selezionato

## Capitolo 6: Magazzino TO BE, Gestione nuova proposta di layout

Nei paragrafi successivi viene presentato il lavoro svolto sulla sola proposta 3.3 di layout selezionata. Al fine di poter completare la proposta finale, sono state svolte ulteriori analisi circa delle azioni di miglioramento da poter applicare e circa la distribuzione del carico di lavoro per gli operatori responsabili del magazzino. Infine, è stata presentata la versione definitiva della proposta arricchita dai dettagli di magazzino e di preventivo.

### 6.1 Azioni di miglioramento

Nel corso dello svolgimento dell'analisi di re-layout e a seguito degli incontri eseguiti con i responsabili e con gli operatori del magazzino per la selezione della proposta finale, sono state evidenziate delle problematiche il cui miglioramento risulta necessario per una soluzione conclusiva in linea con le esigenze aziendali. Per ciascuna delle criticità emerse è stata sviluppata una risposta in grado di eliminare il problema:

1. Scaffale rotto e area diventata libera: a seguito di una decisione aziendale è stata liberato uno spazio adiacente allo scaffale laterale lungo di fianco allo scaffale grigio visibile nella Figura 92. Inoltre, lo scaffale grigio risulta rotto ed è necessario il suo smaltimento. Nell'area liberata, si è deciso di introdurre uno scaffale caratterizzato da quattro posti pallet per campata e quattro piani di ubicazione. Con questa aggiunta, si aumenta ulteriormente la capacità ubicativa del magazzino tunnel di 16 postazioni. La risoluzione finale è osservabile nella Figura 93.

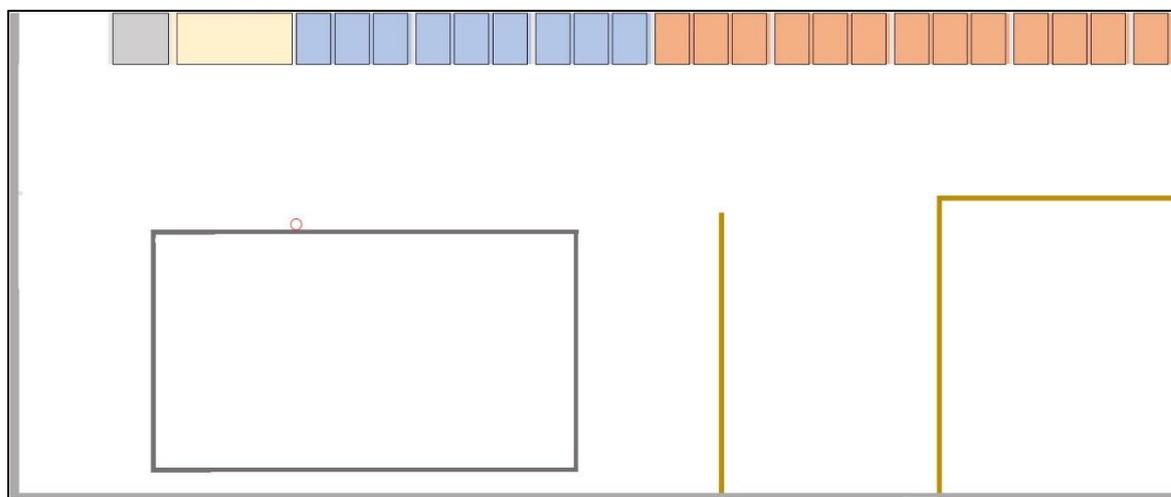


Figura 92 Situazione iniziale scaffale

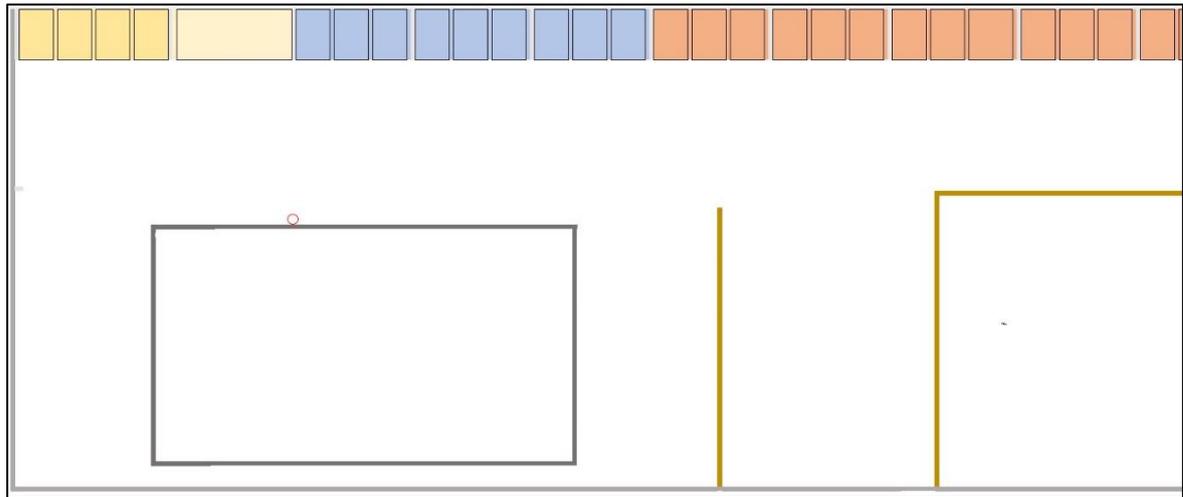


Figura 93 Situazione finale scaffale

2. Scaffalatura contenente il rame, caratterizzata da una griglia di chiusura, risulta piccola per la quantità da ubicare: il filo di rame è un materiale utilizzato per la produzione delle eWp e che, a causa dell'alto valore, viene stoccato in uno scaffale chiuso con una griglia di copertura, individuabile nella Figura 93 con lo scaffale di colore giallo chiaro. Con l'installazione della quarta linea di produzione e in previsione di una ulteriore quinta linea in arrivo, è stato richiesto di aumentare i posti dedicati allo stoccaggio di tale materiale. Grazie alla collocazione del nuovo scaffale caratterizzato da quattro posti pallet per campata, di cui si è parlato nel punto 1, Paragrafo 5.1, si è deciso di ubicare il filo di rame in tale scaffalatura, con l'aggiunta di una griglia di copertura. In questo modo i posti dedicati al filo di rame passano da 12 a 16 e lo scaffale che viene liberato rimane a disposizione per lo stoccaggio di altro materiale. In Figura 94, viene mostrato in giallo chiaro la nuova posizione del filo di rame.

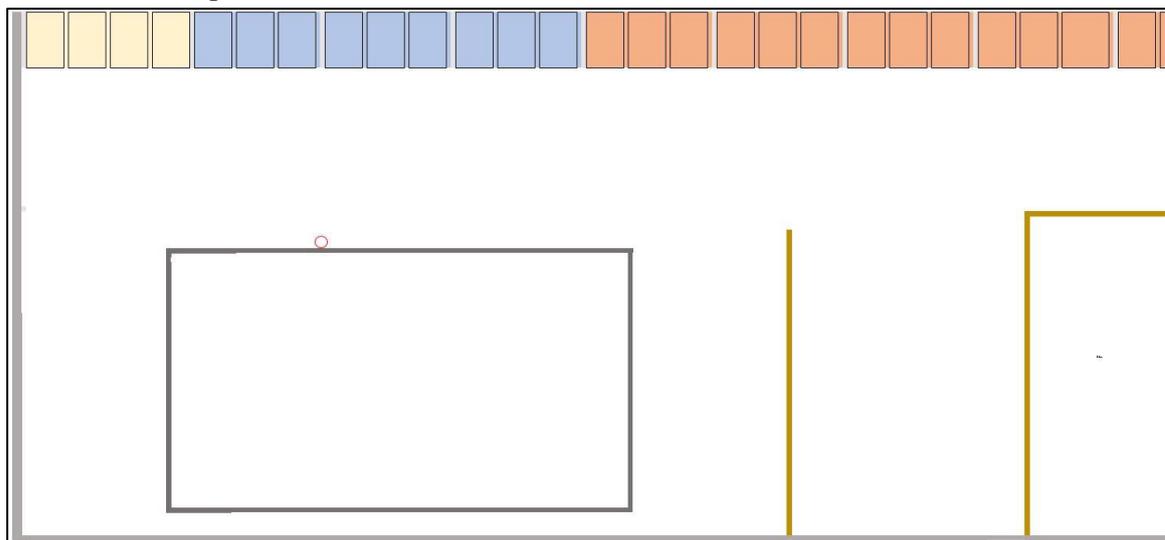


Figura 94 Posizionamento rame

3. Imballi vuoti di prodotto finito troppo ingombranti a scaffale a causa della loro dimensione: le pedane utilizzate come imballo per il prodotto finito, se classificate per la loro dimensione totale possono essere distinte in tre misure principali, con la relativa quantità ubicata a campata:

- Piccolo: 60x80x50, ubicazione 12 pedane/campata
- Standard: 120x80x100, ubicazione 3 pedane/campata
- Grande: 120x100x100, ubicazione 2 pedane/campata

Gli scaffali sono strutturati per riuscire a ubicare una quantità di 3 pedane standard per campata. Tuttavia, considerando l'alto numero di imballi di dimensione grande che è necessario mantenere a magazzino per la produzione, e tenendo a mente il basso numero ubicabile a scaffale per quella dimensione, la condizione che si presenta è di cataste a terra, che creano un grosso ingombro. Si è deciso di utilizzare l'area di interscambio per il posizionamento degli imballi vuoti. In questo modo si libera lo spazio a terra utilizzato per il posizionamento di tali pedane e si sfrutta lo spazio liberato per l'installazione di un nuovo scaffale. Inoltre, trattandosi di imballi vuoti da riempire non vige la necessità di seguire una logica FIFO e pertanto è possibile utilizzare un metodo di stoccaggio a cataste caratterizzato da una selettività minore di 1. La capacità ubicativa del magazzino tunnel aumenta di 9 posti pallet. Nella Figura 94 a sinistra si può notare l'ingombro a terra determinato dagli imballi di dimensione grande nella condizione pre-layout. Nella Figura 95 a destra viene mostrata la riallocazione di tali imballi e lo scaffale che viene installato nell'area liberata.



Figura 95 Ingombro a terra e area liberata

4. Imballi vuoti ordinati in eccesso: gli imballi vuoti per il prodotto finito vengono ordinati due volte al giorno e il lead time che intercorre tra l'ordine e la consegna è di circa 3 ore. È stato segnalato che il numero di imballi solitamente ordinati, tendono a essere in eccesso e questa condizione non risulta ottimale per la gestione delle scorte in ottica lean. Per riuscire ad abbassare il numero di pedane vuote a magazzino, si è puntato a rivalutare la quantità di pedane ferme a scaffale come scorta di sicurezza.

Considerando il tasso di produzione delle quattro linee per il prodotto eWp e la capacità delle diverse tipologie di imballo per lo stoccaggio del prodotto finito, sono state rivalutate le quantità di imballi da tenere a magazzino. La scorta di sicurezza è stata quantificata considerando il lead time per la consegna di emergenza di 2 ore, utilizzata in caso di necessità.

Si è ottenuta una diminuzione della quantità di imballi per la scorta di sicurezza del 40%, con l'effetto di una gestione delle scorte più lean e la liberazione di spazio a scaffale prima occupato da imballi vuoti. Per quanto riguarda la quantità di imballi ordinati quotidianamente, si è posto un nuovo obiettivo che miri ad un ordine più preciso.

5. Riallocazione della rulliera per la minuteria: la rulliera utilizzata per il picking della minuteria richiede una posizione accessibile da parte degli operatori da entrambi i lati, in modo da riuscire a rispettare la logica FIFO di prelievo. Per rispettare tale condizione, è stata fatta richiesta di ricollocare lo scaffale contenente la rulliera all'interno della nuova area, con la possibilità di poter oltrepassare il filo colonna 6. La richiesta è stata sottoposta e accettata da parte dell'azienda e in questo modo è nata l'opportunità di riallocare la minuteria e di introdurre uno scaffale aggiuntivo nella nuova area. Nella Figura 96 viene mostrata la posizione iniziale della rulliera, nella Figura 97 viene mostrata la soluzione finale con lo scaffale aggiuntivo.

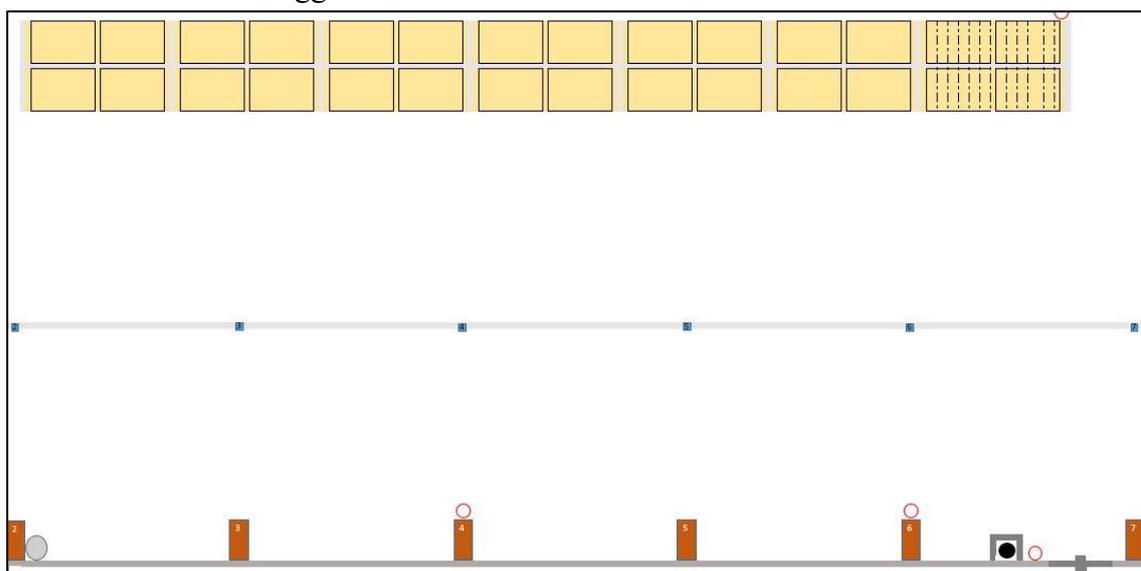


Figura 96 Posizione iniziale rulliera

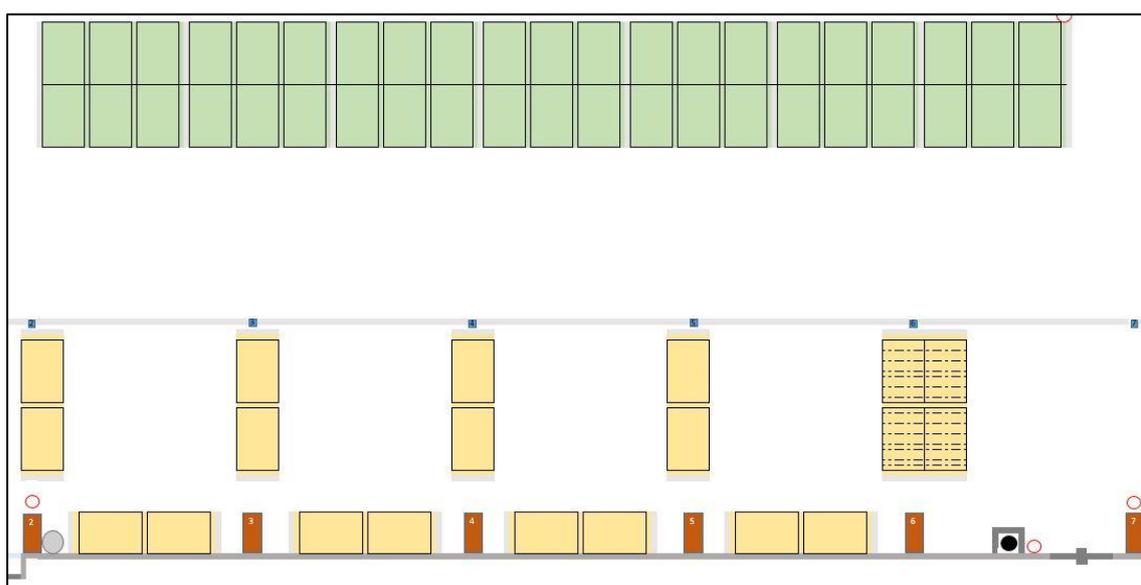


Figura 97 Posizione finale rulliera

6. Mancato aggiornamento dell'ubicazione contabile del prodotto finito: la problematica riguardante il mancato aggiornamento della posizione dei prodotti finiti in uscita dalla produzione, può essere risolto creando un'area a scaffale ben definita che viene utilizzata solamente per il posizionamento dei prodotti finiti in arrivo dalla produzione. Da tale area un operatore avrà il compito di prelevare le pedane e ubicarle negli scaffali adibiti all'ubicazione, aggiornando correttamente lo stato a livello contabile. Si creano due zone distinte che devono risultare distinte anche a livello contabile, questo cambiamento mira a ridurre la non corrispondenza degli stock contabili e fisici. Per facilitare il posizionamento del materiale da parte dei waterspider all'interno degli appositi scaffali, si destinano i primi due scaffali di fronte all'uscita dalla zona di produzione, al collocamento dei versamenti dalle linee. Il materiale viene successivamente spostato e ubicato sia contabilmente che fisicamente. Migliorando l'aggiornamento a livello contabile degli stock, si ottiene una risposta migliore e più precisa delle ordinazioni sia di materiale che di imballi per il prodotto finito, oltre che una reale conoscenza del prodotto finito pronto per essere spedito al cliente. In Figura 98 viene mostrata la posizione di tali posti dedicati, fisicamente si utilizzerebbe un metodo visivo per distinguere lo scaffale dei versamenti.

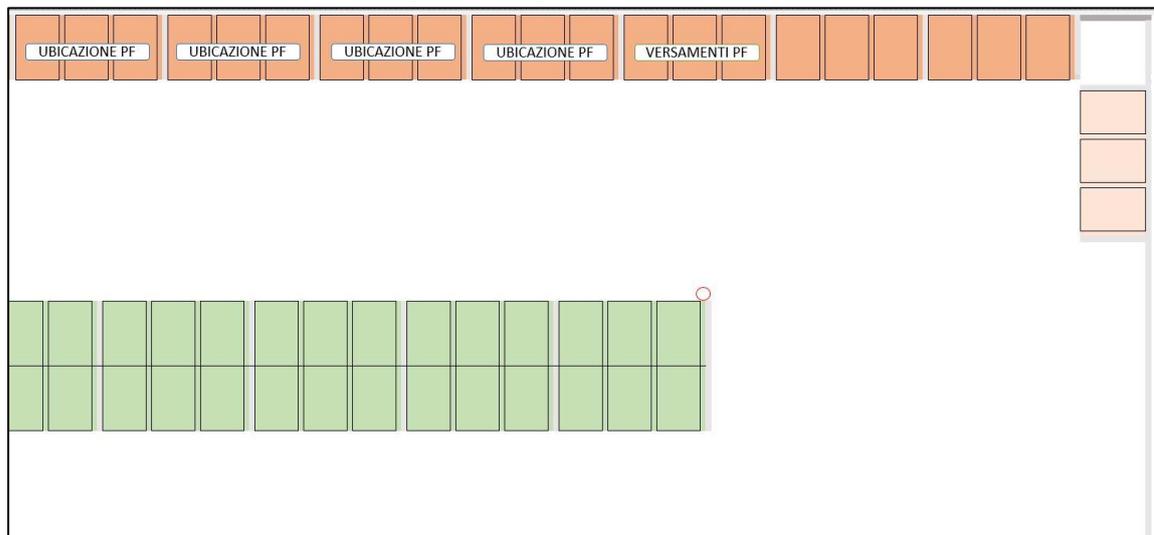


Figura 98 Posti dedicati

7. Elevati tempi di trasporti per il tratto tunnel piazzale di scarico: la distanza che deve essere percorsa per il trasporto del materiale dal piazzale di carico/scarico al magazzino tunnel è molta e non è evitabile. Essendo una tratta percorsa frequentemente durante il giorno, l'unico modo per riuscire a diminuire l'incidenza del tempo di trasporto sul tempo totale di lavoro degli operatori, è quello di aumentare la capacità di trasporto dei mezzi utilizzati. In questo modo diminuisce la frequenza dei viaggi a parità di pedane trasportate. Si è optato per la proposta di un mezzo di trasporto a trattore con vagoni staccabili, mezzo di cui si è parlato nel Capitolo 2, Paragrafo 2.5. Nel corso della giornata, si riempie il vagone, e a saturazione si effettua un viaggio. All'arrivo, si lascia il vagone pieno e si prende il vagone svuotato e riempito di altro materiale da portare al tunnel. Considerando il costante interscambio tra il piazzale e il tunnel, si riesce a ottimizzare il viaggio sfruttando vagoni staccabili posizionati in una zona dedicata per il carico e lo scarico di materiale. Per tali trasporti viene istituito un operatore che se ne occupa.

Analizzando i volumi di pedane che vengono regolarmente movimentate lungo la tratta tunnel/piazzale, si è ottenuto un dato determinante per l'investimento in tale mezzo. Tenendo una velocità media di 8 km/h, un tempo di trasporto di 450 secondi, i dati ottenuti con i diversi mezzi di movimentazione possibili sono riportati in Tabella 17.

	NO TRATTORINO		TRATTORINO			
	TRANSPALLET	CARRELLO ELEVATORE	1 VAGONE	2 VAGONI	3 VAGONI	4 VAGONI
PEDANE/VIAGGIO	1	2	4	8	12	16
Tempo tot viaggi/GIORNO	10:12:12	05:06:06	02:33:03	01:16:31	00:51:01	00:38:16
Numero Viaggi/GIORNO	82	41	20	10	7	5

Tabella 17 Tempi dei diversi mezzi di movimentazione

Con l'aumentare del numero di vagoni, di capacità di 4 pedane per vagone, diminuiscono i viaggi e il tempo. Tuttavia, non è realistico investire in tanti vagoni, in quanto il trasporto deve essere distribuito durante la giornata per riuscire a sopperire alla richiesta di materiale nelle diverse aree aziendali e nelle fasce orarie in cui il materiale viene richiesto.

Considerando la soluzione con 1 vagone, 4 pedane per viaggio, si è osservato la distribuzione delle richieste di materiale nel corso della giornata e nel corso della settimana, per un lasso di tempo di due mesi. Come viene mostrato nel grafico in Figura 99, nelle ore principali della giornata viene richiesto sempre almeno un viaggio, ma in alcuni orari si arriva ad un picco di 7 viaggi in una sola ora.

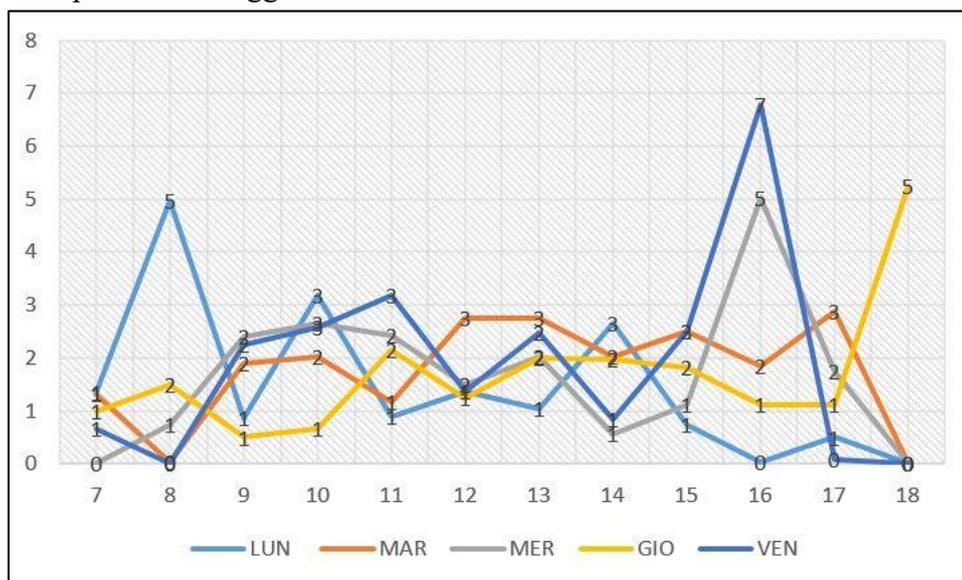


Figura 99 Grafico del numero di viaggi nel corso di una giornata per una settimana

L'utilizzo di uno o più vagoni dona il vantaggio di poter caricare le pedane nel corso dell'ora e di partire una volta pieno, nei momenti di bassa richiesta e di poter caricare tutte insieme le pedane ed eseguire più viaggi velocemente a pieno carico nel momento di alta richiesta di materiale.

Per riuscire a garantire una frequenza dei viaggi piuttosto costante, con il vantaggio di poter movimentare contemporaneamente più vagoni, la soluzione proposta come migliore è l'opzione con due vagoni e 8 pedane per viaggio. L'operatore con il compito di utilizzare il trattorino è in grado di distribuire nel corso del turno di lavoro i viaggi di trasporto.

Dopo aver eseguito le modifiche al layout e ai processi evidenziati in questo capitolo, si è proceduto con la definizione del carico di lavoro e l'assegnazione delle attività ai diversi

lavoratori operanti all'interno del magazzino e che vengono direttamente coinvolti nell'utilizzo e nella gestione dell'area.

## **6.2 Gestione delle risorse con l'analisi tempi e metodi**

La gestione del magazzino nella situazione del pre-re-layout viene svolta tramite degli ordini giornalieri, eseguiti per il rifornimento di materiale, ad una ditta esterna responsabile della gestione di un magazzino in consignment. Affidandosi a tale magazzino esterno, contenente principalmente materiale, l'azienda è in grado di effettuare degli ordini frequenti, di basso volume e che dovrebbero tendenzialmente corrispondere al quantitativo necessario alla produzione. Il ragionamento alla base dell'ordine, infatti, è di richiedere il materiale in modo tale da riuscire a coprire la produzione programmata per la giornata, sino all'ordine successivo. È possibile che vengano fatti degli ordini urgenti, non standard, che vengono richiesti nel caso si verificasse una carenza di materiale senza il quale si rischierebbe un blocco della linea di produzione e che vanno ad attingere alla scorta di sicurezza mantenuta nel magazzino esterno. Tali eventi occorrono di rado e vengono gestiti con consegne aggiuntive di emergenza.

La produzione viene pianificata sulla base degli ordini raccolti dai responsabili del servizio clienti. Dalla richiesta del cliente, viene pianificata la produzione in modo da riuscire a soddisfare tale ordine in tempo. Trattandosi di diversi clienti e di diversi tipi di prodotto finito da dover produrre, e considerando il tempo di setup necessario alle linee per il cambio di produzione, le pianificazioni vengono strutturate in modo tale da riuscire ad accorpare il più possibile la produzione di uno stesso tipo di prodotto finito e in modo da riuscire a soddisfare l'ordine intero in un'unica trince di produzione. Questa tecnica serve a ridurre il più possibile il setup delle linee e il conseguente cambio di produzione anche a livello di magazzino. Inoltre, l'ordinazione del materiale risulta essere anch'essa avvantaggiata in questa condizione, in quanto si può ordinare una quantità minore di codici diversi nello stesso carico e l'ordine copre un periodo di tempo più lungo. La semplificazione dell'ordine comporta un minor rischio di errori da parte della ditta che compone l'ordine. Questo metodo, utilizzato in modo corretto, porta ad un metodo di rifornimento efficiente e lean che reperisce il materiale giusto, nella quantità giusta al momento giusto, senza riempire il magazzino di materiale e mantenendo a stock soltanto ciò che realmente serve.

Tuttavia, il metodo non funziona se i dati su cui si basano le ordinazioni non sono coerenti con l'effettiva quantità di materiale fisico e ciò comporta una necessaria modifica della pianifica della produzione che influenza tutti i processi di rifornimento dei materiali e di gestione delle spedizioni.

Se lo stock di materiale nel magazzino in consignment può essere considerato sempre disponibile di materiale, lo stesso non vale per il magazzino tunnel che ospita il materiale per le linee eWp. Il materiale necessario alla produzione viene ordinato due volte al giorno dal magazzino in consignment e trasportato con un lead time di circa due ore. Due consegne al giorno permettono di basare gli ordini sul materiale strettamente necessario alla produzione pianificata per il turno sino all'ordine successivo. L'ordinazione viene basata sulla differenza tra lo stock presente a magazzino e la quantità necessaria per la produzione nel turno successivo alla consegna sino all'ordine successivo. Tuttavia, se lo stock contabilmente presente sul gestionale non corrisponde allo stock fisicamente presente a magazzino, il quantitativo ordinato è scorretto. Le situazioni che si possono presentare sono le seguenti:

- Stock fisico maggiore di stock contabile: l'ordine è più grande del necessario, il magazzino si riempie di materiale, la linea non rischia di essere bloccata, ma la situazione non è efficiente. Il magazzino con troppo materiale rallenta le movimentazioni degli operatori e ostacola fisicamente il passaggio dei mezzi di movimentazione. Non si lavora in logica Lean.
- Stock fisico minore di stock contabile: l'ordine è più piccolo del necessario, il materiale non è sufficiente per la produzione e questo provoca un blocco della linea. Il blocco della linea può provocare un'anticipazione della produzione pianificata, e anche in questo caso non è scontato che ci sia il materiale.

È stato osservato che ciò che provoca il disallineamento tra stock fisico e contabile è l'errore di aggiornamento del movimento del materiale, che questo sia in entrata, in uscita o di semplice passaggio da uno stato all'altro. È necessario comprendere quale sia la causa che porta gli operatori a non aggiornare il sistema, se si tratta di un problema di sovraccarico di lavoro, di un errore di processo o di una semplice distrazione dell'addetto. In ognuno di questi casi va individuata la causa per poter mettere in pratica delle azioni correttive che vadano ad azzerare il più possibile la problematica.

Per riuscire a individuare un eventuale sovraccarico di lavoro degli operatori è stata eseguita un'analisi Tempi e Metodi. Tuttavia, durante il periodo di svolgimento dell'analisi è stata presa una decisione aziendale circa lo stoccaggio del prodotto finito. Per quanto riguarda il prodotto finito stoccato nell'imballo di dimensione grande 120x100 cm, non standard, l'ubicazione è stata ricollocata dal magazzino tunnel al magazzino centrale. I prodotti finiti che vengono versati dalla produzione, vengono posizionati in una zona di interscambio nel tunnel, poi prelevati e portati al magazzino centrale dove vengono ubicati dagli operatori del returnable. Per questa ragione, l'analisi di tempi e metodi è stata estesa anche agli operatori del magazzino centrale, in quanto anch'essi coinvolti nell'aggiornamento dello stato dello stock per i prodotti eWp.

Per lo svolgimento dell'analisi sono stati utilizzati i dati consultati dal gestionale aziendale, analizzati su un periodo di quattro mesi. Per alcuni operatori è possibile valutare il carico di lavoro tramite tali dati, in quanto eseguono delle attività che hanno un riscontro anche a livello di aggiornamento del gestionale. Le attività che non apportano modifiche al gestionale sono residue rispetto alle attività totali e possono essere stimate in termini di tempo. Gli operatori che rientrano in questa selezione sono i responsabili delle spedizioni che lavorano nel magazzino centrale e nel magazzino elettronica, che si occupano delle spedizioni relative alle due zone di spedizione, piazzale di scarico principale, lato magazzino centrale e il piazzale di scarico secondario lato magazzino elettronica. Anche per i colleghi operatori che lavorano nel magazzino centrale e si occupano dell'ubicazione è possibile analizzare il carico tramite gestionale.

### **6.2.1 Operatori Returnable – Magazzino Centrale**

Gli operatori del returnable che lavorano nel magazzino centrale, hanno il compito di ubicare le pedane di prodotto finito e di montare delle pedane per il reparto di produzione del completamento. Sebbene il grosso del lavoro sia coinvolto nelle operazioni riguardanti il mondo ecf, nell'ultimo periodo, a seguito di una decisione aziendale, è stata introdotta la nuova attività di ubicazione dei prodotti finiti di eWp di dimensione grande. Le pedane vengono portate all'operatore returnable del magazzino centrale dal magazzino tunnel, dopo essere state versate dalla produzione. L'operatore le ubica, aggiornando lo stato contabile.

Per valutare il carico di lavoro inerente i prodotti eWp, sono stati utilizzati dati consultati dal gestionale riguardanti il numero di pedane che sono state versate dalla produzione al magazzino, di dimensione grande 120x100 cm. Per poter quantificare correttamente il lavoro di questi operatori a livello generale è stata considerata anche la quantità di pedane versate per l'ubicazione anche da parte degli altri reparti di produzione. Oltre all'attività di ubicazione si occupano del montaggio di pedane per il prodotto ecf, attività che non apporta modifiche a livello contabile, ma che può essere stimata tramite quantità media di pedane da montare al giorno per il tempo di montaggio.

Lo spostamento dell'ubicazione degli imballi di eWp nel magazzino centrale ha apportato un aumento del carico di lavoro degli operatori del returnable, che risulta accettabile in quanto ben controbilanciato dalla diminuzione del tempo dedicato al prodotto ecf che si è verificato nell'ultimo periodo. Spostando tale operazione si è ottenuto un miglioramento della precisione di aggiornamento dello stato contabile e in generale un decremento degli errori di disomogeneità tra stock fisico e contabile. Per gli operatori che lavorano in tale magazzino non risulta necessario un aumento dell'organico.

### **6.2.2 Operatori delle spedizioni**

L'analisi del carico di lavoro degli operatori delle spedizioni del prodotto finito è stata eseguita partendo dall'analisi dei volumi di materiale in uscita. Le spedizioni avvengono nella fascia oraria 6-22, pertanto è necessaria la presenza di almeno un operatore in quell'orario, che si occupi di preparare le pedane e caricarle per la spedizione. Non essendoci partenze nel turno di notte, non risulta necessaria la presenza di un operatore. Per ogni codice si è calcolato un tempo medio di preparazione di una singola pedana e il rispettivo tempo medio totale per il carico di una spedizione sul bilico o sulla motrice. Il tempo di preparazione dipende dal tipo di imballo da spedire, include il tempo di registrazione della spedizione a gestionale e l'etichettatura della pedana. Il tempo di carico totale include lo spostamento e il carico. Le spedizioni vengono fatte da due zone di carico. Dai volumi di spedizione, si è calcolato il tempo totale necessario settimanalmente per la preparazione e il carico delle spedizioni e il rispettivo numero di turni corrispondenti. All'interno degli operatori delle spedizioni è stata poi fatta una distinzione in base al magazzino di lavoro e ai prodotti preparati e spediti dal rispettivo magazzino. Sono stati considerati il magazzino Centrale e il magazzino Elettronica e i rispettivi reparti di spedizione, il piazzale e l'area di spedizione 1720. Stesso ragionamento è stato poi standardizzato utilizzando valori stimati dei volumi di spedizione attesi nei mesi futuri, con il fine di poter valutare se il carico di lavoro degli operatori è sostenibile nel tempo o va aumentato o ridotto o rivalutato il numero di persone dedicate a tali operazioni.

### **Operatori delle spedizioni- Magazzino Centrale**

Nel magazzino centrale gli operatori lavorano sul turno mattina, centrale e pomeriggio, una persona per turno con accavallamento nella fascia oraria del turno centrale 8-17. Il totale dei turni settimanali così distribuiti risultano 15. I risultati ottenuti dai dati analizzati mostrano un carico di lavoro maggiore rispetto ai turni utilizzati, a riprova del fatto che in questa area di magazzino sia necessario un aumento dell'organico. L'aumento degli operatori a due per turno, nei soli turni del mattino e del pomeriggio, con l'eliminazione del turno centrale fisso porterebbe ad avere due persone sempre presenti nella fascia oraria 6-22. Si aumenterebbe l'organico di soltanto una persona ottenendo un totale di 20 turni settimanali coperti.

### **Operatori delle spedizioni- Magazzino Elettronica**

Gli operatori del magazzino tunnel responsabili delle spedizioni lavorano su 20 turni, distribuiti in due per turno, nei turni del mattino e del pomeriggio. I compiti principali per questo ruolo è di eseguire l'ordinazione degli imballi vuoti di prodotto finito due volte al giorno e di occuparsi della preparazione e spedizione del prodotto finito per tutti i prodotti del mondo eWp e Elettronica. Un compito che spetta a questi operatori, che rientra nell'operazione della preparazione dei prodotti finiti, è quello di prelevare le pedane versate dalla produzione in magazzino e di ubicarli, sia contabilmente che fisicamente. L'analisi dei carichi di lavoro ha evidenziato che quest'ultima operazione viene completamente trascurata, a tal punto che non si è in grado di distinguere il materiale ubicato contabilmente da quello solamente versato. Fisicamente non ci sono segnali visibili che possano far distinguere i due stati contabili e spesso il materiale viene di conseguenza mischiato. Tuttavia, il passaggio da stato di versamento a stato di ubicazione è essenziale perché coloro che si occupano di organizzare la spedizione e l'ordine al cliente si possono basare soltanto sulla quantità che risulta ubicata a gestionale. Pertanto, se il dato non viene aggiornato in modo corretto e costante, crea un effetto a catena di errore nell'organizzazione dell'ordine al cliente.

Il motivo per cui tale operazione non viene eseguita è che il carico di lavoro risulta già saturo con il resto delle operazioni già di competenza e inoltre gli operatori responsabili non sono fisicamente presenti nel magazzino in modo costante, quindi omettono l'operazione. Inoltre, è stato osservato che l'ubicazione viene eseguita manualmente sul gestionale e non tramite palmare e che questo accade poiché è frutto di un'abitudine acquisita nel tempo e mai cambiata.

Fatta tale considerazione, risulta essenziale dover riassegnare tale operazione a un operatore fisicamente sempre presente nel magazzino tunnel, che si occupi di gestire completamente la corretta ubicazione del prodotto finito, sia contabile che fisica. Inoltre, per velocizzare l'operazione di ubicazione contabile, è essenziale passare all'utilizzo del terminale per la lettura del codice a barre, strumento già utilizzato nel resto dei magazzini.

Per concludere, non si consiglia un aumento dell'organico per questo ruolo ma si riassegna la gestione del prodotto finito eWp all'operatore returnable del tunnel.

### 6.2.3 Operatori Supermarket- Magazzino Tunnel

Per riuscire a valutare il carico di lavoro degli operatori del magazzino tunnel non si è potuto utilizzare un riferimento sul gestionale in quanto la maggior parte delle operazioni non hanno un corrispettivo contabile, ma agiscono soltanto nel fisico. La metodologia utilizzata è stata l'osservazione e la misurazione delle attività svolte durante una settimana di lavoro. La raccolta dei dati di durata è stata poi elaborata per riuscire a trarre delle stime dei carichi di lavoro sulle diverse operazioni svolte.

Le principali operazioni degli operatori del magazzino tunnel sono:

- Prelievo, preparazione e ubicazione pedane di materiale
- Preparazione pedane di imballi vuoti
- Ordine e riposizionamento pedane
- Trasporto pedane
- Attività ausiliarie

A seguito di un'osservazione e misurazione delle macro-attività svolte dagli operatori nel corso di una settimana di lavoro, per circa otto ore di lavoro nel turno centrale, si è ottenuta una distribuzione delle attività mostrata nel grafico a torta in Figura 100:



Figura 100 Distribuzione del carico di lavoro per attività

Si può notare come le attività di maggiore impatto siano le attività ausiliarie, che corrispondono ai passaggi di consegna, ricerca di pedane, controllo presenza di materiali a gestionale, piccole azioni che nell'arco della giornata determinano il maggiore impatto a livello di tempo. L'effetto così alto delle attività ausiliarie mostra un eccesso di micropassaggi che portano ad un allungamento dei tempi tra un'attività e l'altra, condizione che il nuovo re-layout, insieme alle azioni di miglioramento di cui si è parlato nel Paragrafo 5.1, mirano a ottimizzare e ridurre. Mentre l'analisi è stata svolta sempre nel turno centrale, gli operatori hanno continuato a lavorare lungo tutti e tre i turni giornalieri, fasce orarie caratterizzate da un accumulo di attività diverse, specialmente durante il turno di notte in cui continua la produzione ma non avvengono spedizioni. Nei giorni di mercoledì e giovedì, per permettere che vengano rispettati i riposi, nel

turno del pomeriggio si accavallano due operatori del magazzino, che lavorano insieme, in due per turno. È stato preso atto di tale presenza per poter osservare più con dettaglio il carico di lavoro in presenza di due operatori.

Con il lavoro dei due operatori in contemporanea, si può notare che il carico di lavoro non tende a scendere, ma i due operatori risultano lavorare con un carico di lavoro regolare, caratterizzato da una pausa coerente a quella prevista, con il risultato di una netta diminuzione degli errori e uno spazio di lavoro più ordinato e in linea con le condizioni volute. Questo indica che la presenza di due persone è necessaria per l'ammontare di lavoro da dover svolgere e in previsione dell'aumento di materiale con l'installazione della quarta e della futura quinta linea, risulterà essenziale un aumento dell'organico, in modo da avere sempre durante le ore diurne due operatori presenti all'interno del turno.

#### **6.2.4 Operatori Returnable- Magazzino Tunnel**

Il magazziniere che opera all'interno del magazzino tunnel, sino al momento dell'analisi, ha il compito di fare da supporto sia agli operatori del magazzino tunnel, aiutando con il trasporto del materiale, la preparazione delle pedane di imballi vuoti e l'ubicazione di materiale a scaffale, sia di supporto agli operatori delle spedizioni dal lato elettronica con la preparazione di imballi di prodotto finito e il trasporto per la spedizione. È una figura jolly che opera durante il turno centrale, che risulta essenziale ai colleghi ma allo stesso tempo poco definita, in quanto da poco introdotta.

Un primo cambiamento che risulta necessario a seguito della creazione della scaffalatura dedicata ai versamenti di prodotto finito da parte della produzione risiede nell'assegnare il compito di ubicazione a tale operatore, sia contabile che fisica. In questo modo, il returnable ha la piena responsabilità per la gestione dell'ubicazione delle pedane di prodotto finito in arrivo dal reparto produttivo e questa deve essere la mansione di primaria rilevanza nel turno di lavoro. Le pedane devono essere prelevate dallo scaffale di versamento, rigettate e ubicate negli scaffali dedicati all'ubicazione. Viene assegnato un palmare per poter eseguire velocemente l'ubicazione contabile.

In questo modo si rialloca la responsabilità di tale operazione e si risolve il problema riguardante il disallineamento dello stock contabile e fisico, aggiungendo un piccolo passaggio a un operatore che già si occupava di tale area. L'operatore deve sempre avere una corretta visuale dello stock presente ed è in grado di interfacciarsi meglio con i colleghi delle spedizioni. Come compito secondario, ma ugualmente importante, il returnable dà supporto ai colleghi del magazzino tunnel per le operazioni di preparazione delle pedane di vuoti e per il trasporto.

Grazie alle considerazioni fatte, e a seguito di un cambiamento sostanziale nelle responsabilità dell'operatore, si ritiene necessario un aumento dell'organico per tale mansione. Passando da un operatore fisso nel turno centrale a due operatori fissi, uno nel turno del mattino e uno nel turno del pomeriggio si garantirebbe un aggiornamento degli stock durante tutti i turni principali e un supporto costante ai colleghi delle spedizioni e del tunnel per tutto l'arco della fascia oraria 6-22.

Inoltre, con l'assegnazione del trattorino descritto nella soluzione del punto 7 nel paragrafo 5.1, aumentando la capacità di trasporto, diminuendo la frequenza dei viaggi, si eliminerebbe la quota di trasporto delle pedane agli operatori del tunnel (12% del carico di lavoro totale) e la si riassegnerebbe in quota ridotta all'operatore returnable.

In conclusione, le analisi riguardanti i carichi di lavoro hanno evidenziato la necessità di un aumento dell'organico di un operatore per le spedizioni e un operatore del returnable. In entrambe le situazioni si propone di sostituire un turno centrale con due turni, uno al mattino e uno al pomeriggio, in modo da aumentare le ore di supporto da 8 a 16 e una copertura 6-22. Si consiglierebbe una ulteriore figura aggiuntiva nel magazzino tunnel con turno centrale di copertura.

### 6.3 Soluzione finale

Eseguite le ultime modifiche e fatte le dovute analisi riguardanti le risorse operanti nel magazzino, si è giunti ad avere una proposta conclusiva dettagliata e definita. Con tale idea si è proceduto a richiedere una valutazione del preventivo per lo smontaggio, la fornitura e il montaggio delle scaffalature nuove, nonché il possibile riutilizzo di parti già in possesso.

Per poter effettuare tale valutazione è stata organizzata una visita con il fornitore di riferimento, nel quale sono state valutate le parti già in possesso che si sarebbero potute riutilizzare e quali gli elementi da aggiungere o da sostituire. Le scaffalature presenti nello scaffale centrale che si pensava potessero essere riutilizzate, non si sono dimostrate idonee per uno smontaggio e un riutilizzo, in quanto non più in linea con gli standard dei nuovi modelli in costruzione. Questo ha comportato l'aggiunta nel preventivo di scaffalature nuove anche per la nuova zona, e un minor risparmio di denaro.

Gli scaffali di cui si è fatta richiesta, con le relative quantità sono indicate in Tabella 18:

	DIMENSIONI SCAFFALE [mm]	IMMAGINE RAPPRESENTATIVA SCAFFALE	QUANTITA' POSTI PALLET	SPALLA	MONTANTI	CORRENTE	GRIGLIATO ZINCATO	CARTELLO DI PORTATA	RETE ANTICADUTA	PROTEZIONE MONTANTE E SPALLA	PROTEZIONE MONTANTE	BLOCCO PALLET ANTICADUTA
QUANTITA'		15	9	H.3900xP.1000	H.3900	L. 2700	L. 2700x P. 1000			P. 1000		L. 2700
	H. 3900x L. 2700x P. 1000			18	36	60	30	1	1	2-bifronti 1-singolo	13	30
	H. 3900x L. 2700x P. 800			14	28	20	10	1	4	1- bifronte 4- singolo	8	10
	H. 2900x L. 2700x P. 800			6	12	6	3	1	0	0	6	3
	H. 3900x L. 3600x P. 1000			2	4	6	3	1	0	0	2	3

Tabella 18 Dettagli pezzi richiesti in preventivo

Il prezzo finale ottenuto ammonta a circa euro 18300+IVA e include i costi di smontaggio delle scaffalature esistenti, montaggio delle nuove parti e garanzia della conformità a:

- UNI EN 15635- sistemi di stoccaggio statici di acciaio- Utilizzo e manutenzione dell'attrezzatura di immagazzinaggio
- UNI EN 15629- Sistemi di stoccaggio statici di acciaio- Specifiche dell'attrezzatura di immagazzinaggio
- UNI EN 15620- Sistemi di stoccaggio statici di acciaio- Scaffalature porta-pallet- Tolleranze, deformazioni e interspazi

- UNI EN 15512- Sistemi di stoccaggio statici di acciaio- Scaffalature porta-pallet- Principi per la progettazione strutturale

Nei costi totali sono da considerare anche il costo di installazione del nuovo totem all'interno del magazzino 860 euro, del nuovo palmare 1500,00 euro per l'operatore returnable e dell'etichettatura nuova. Il costo per il noleggio del trattorino è di 270 euro/mese per 72 mesi. Riepilogando, nella Tabella 19:

Costo Scaffali+Montaggio	Costo Installazione Totem	Costo Acquisto Palmare	Costo Noleggio Trattorino	Costo Totale
18.300,00 €	860,00 €	1.500,00 €	270 €/mese per 72 mesi	20.930,00 €

Tabella 19 Costi totali

Per un totale di 399 posti pallet finali, il nuovo layout viene rappresentato nella Figura 105 completo e nelle Figure 101 e 102 parziale per i dettagli:

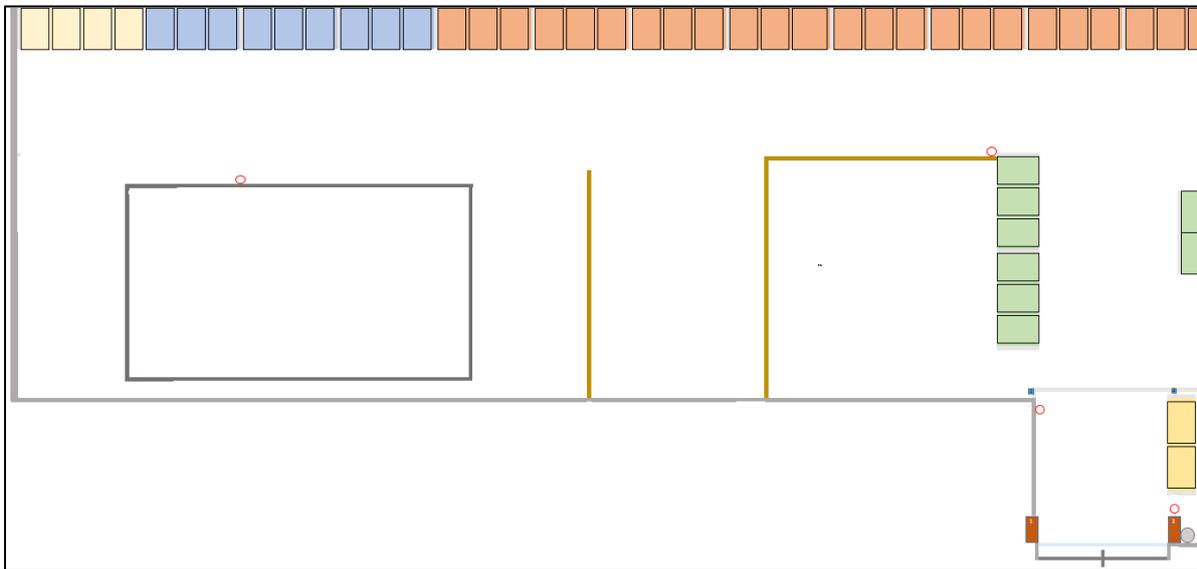


Figura 101 Layout finale lato sinistro

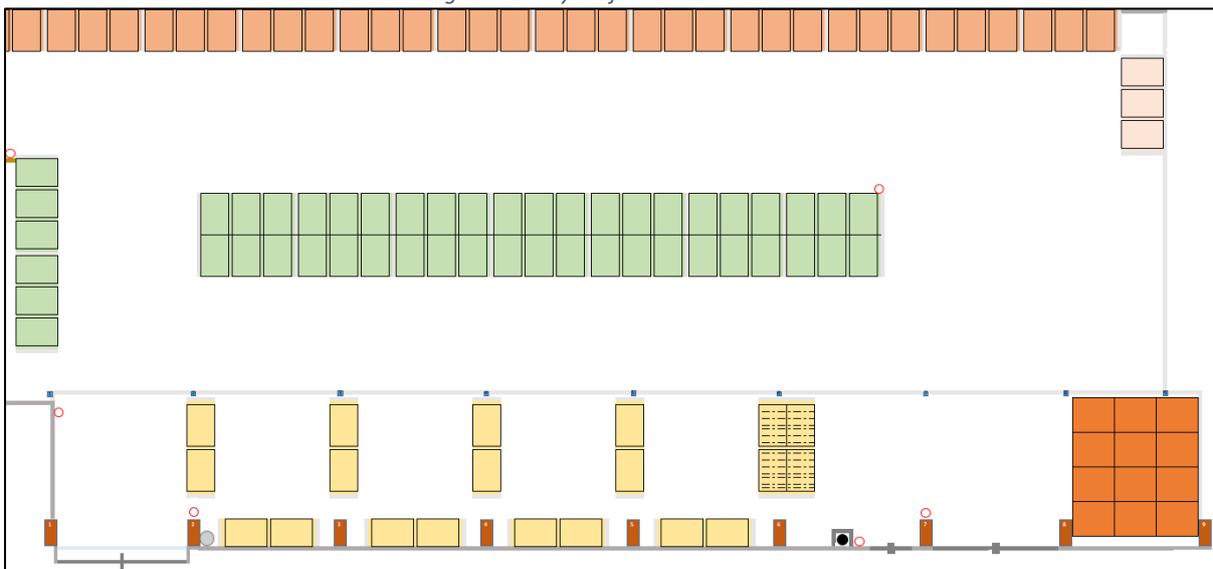


Figura 102 Layout finale lato destro

Le ubicazioni sono state ottenute considerando le zone definite nel Paragrafo 4.4, e aggiungendo le modifiche delle azioni di miglioramento del Paragrafo 6.1. L'allocazione interna del magazzino risulta come mostrato nelle Figure 103 e 104.

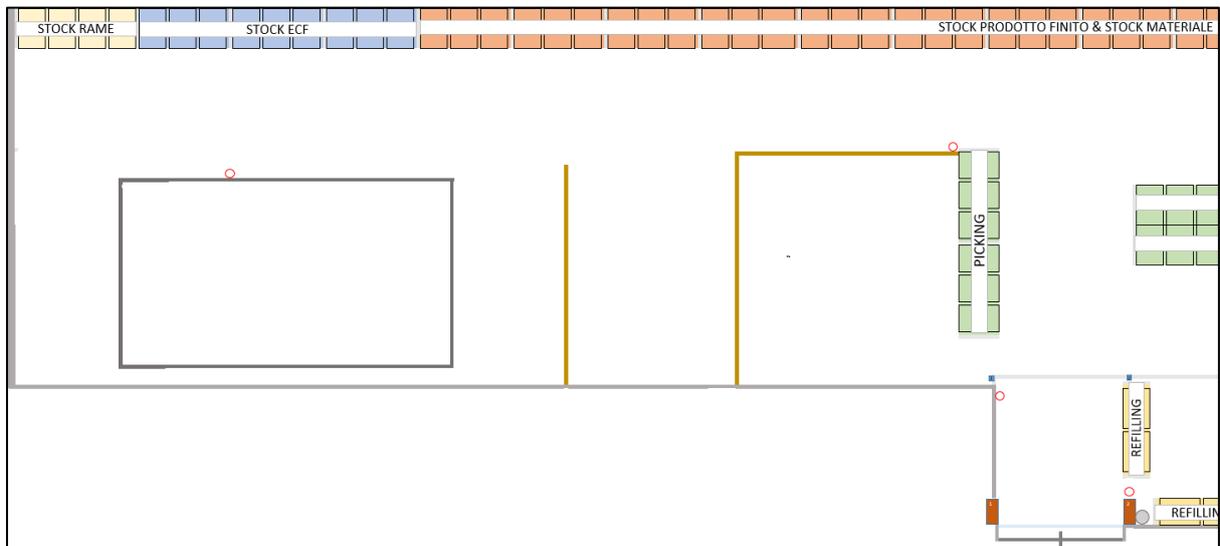


Figura 103 Layout finale ubicazioni lato sinistro

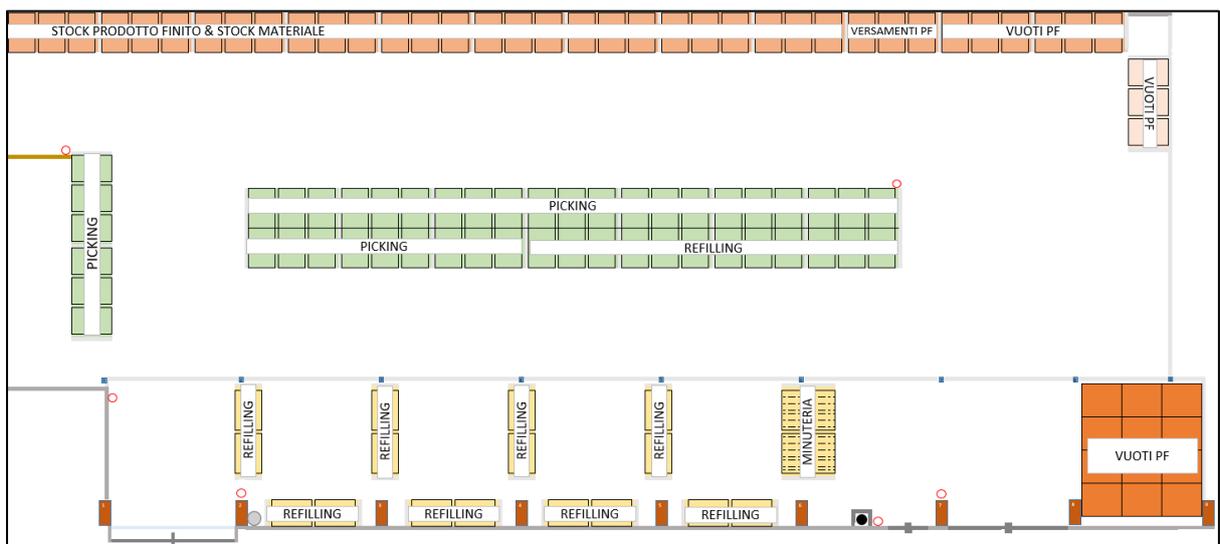


Figura 104 Layout finale ubicazioni lato destro

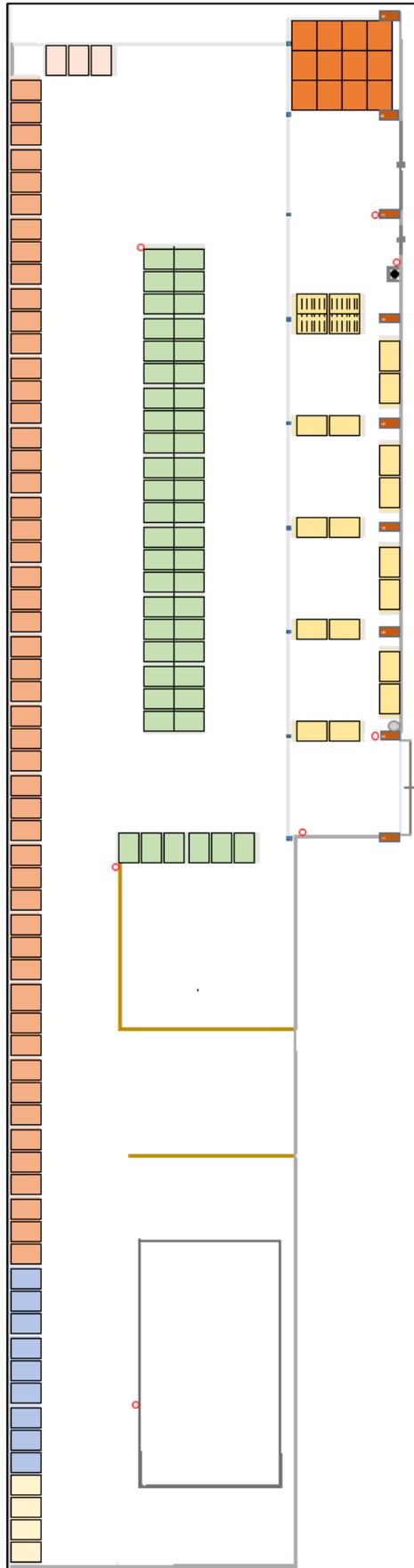


Figura 105 Layout finale completo

## **Capitolo 7: Conclusioni**

Nel presente capitolo si riportano le conclusioni a cui si può giungere a seguito dello sviluppo dello studio oggetto dell'elaborato. L'obiettivo è quello di evidenziare i benefici apportati dal lavoro, sia durante il suo sviluppo che nella sua potenziale applicazione e di sottolineare quelli che sono stati i vincoli e i limiti incorsi nel lavoro, che hanno portato a prendere determinate decisioni. Infine, si parla di quelle che si prospettano essere gli sviluppi futuri del progetto elaborato, quali le possibili varianti e soluzioni che potrebbero essere intraprese.

### **7.1 Benefici apportati dal lavoro di tesi**

Il lavoro di tesi ha sviluppato un progetto il cui scopo principale era di semplificare e migliorare i processi interni ad un magazzino aziendale. Per riuscire a farlo si è puntato sul migliorare delle condizioni già esistenti, non efficienti e di introdurre delle soluzioni non ancora presenti che potessero ben adattarsi al contesto precedente in fase di evoluzione. La necessità di introdurre un cambiamento ha dovuto interfacciarsi con i reali vincoli e limitazioni che la struttura e il contesto aziendale hanno imposto.

Indubbiamente il primo miglioramento incorso è stato quello strutturale, con un layout in grado di offrire un maggior spazio di ubicazione, organizzato in modo diverso e che presenta una disposizione del materiale più in linea con le esigenze aziendali. Come conseguenza a questo cambiamento iniziale i benefici si sono presentati sotto forma di riduzione dei tempi e degli spostamenti, facilitazione delle attività e miglioramento della collaborazione tra i diversi responsabili delle aree di magazzino. Un notevole cambiamento si è ottenuto anche in termini di sicurezza per gli operatori warterspider, in quanto si è ridotto lo spazio di lavoro, circoscritto in una certa area e in tale zona si è ridotto l'utilizzo di mezzi potenzialmente pericolosi per gli operatori a terra.

Per ciò che riguarda il carico di lavoro dei dipendenti, la redistribuzione degli operatori ha permesso di spalmare su un arco temporale maggiore la presenza di due persone, con la differenza di poter sfruttare i momenti a carico basso per anticipare alcune operazioni che altrimenti sarebbero da svolgere nel momento di picco.

La figura dell'operatore returnable è diventata una figura ben definita ed essenziale all'interno del magazzino centrale, è stato eseguito lo stesso per il magazzino tunnel, dove veniva usata una figura di supporto poco definita.

In linea generale i benefici maggiori del lavoro si sono manifestati in termini di miglioramento delle condizioni di lavoro degli operatori, come conseguenza dell'efficientamento degli spazi e dell'aumento dei posti di ubicazione. La redistribuzione delle aree dedicate a determinate operazioni ha determinato una riduzione degli spazi percorsi e una riduzione dei tempi.

## **7.2 Limiti del lavoro di tesi**

Uno dei limiti principali nell'analisi svolta, trattandosi di un layout fisico, è stato il vincolo strutturale dovuto a una progettazione brown-field di un'area. La presenza di limiti in altezza dovuti a strutture già presenti con delle particolari caratteristiche e la coesistenza di clienti che pongono vincoli nelle condizioni di stoccaggio del materiale di loro pertinenza, queste sono tutte condizioni che hanno limitato il margine di manovra e che hanno ristretto il campo di possibili modifiche. Le limitazioni presenti e non eliminabili che costituiscono la reale condizione a cui il layout si deve adattare e che non può modificare, quello ha costituito un grosso ostacolo da dover superare. Il progetto sviluppato si è basato su dati e situazioni reali e le soluzioni ad alcune problematiche riscontrate sono state basate su assunzioni e stime. Questa approssimazione, insieme all'impossibilità di stimare con precisione i volumi futuri costituisce uno dei grossi limiti di tale lavoro. Inoltre, il budget necessario per le modifiche potrebbe risultare troppo ingente, portando a dover rinunciare ad alcuni dettagli di miglioramento potenzialmente fondamentali. L'aumento dell'organico in primis è stato uno degli aspetti più limitanti con cui si è dovuto fare i conti, infatti, in una situazione ideale si lavora con un organico sempre presente, completo nella quantità necessaria e colmo di esperienza sul campo; nella realtà, trattandosi di persone umane, queste caratteristiche vengono a mancare, si assiste ad assenze che devono essere sostituite, straordinari da eseguire e inesperienza di alcuni che porta a degli errori evitabili. Se si considera il già basso numero di risorse disponibili, il carico di lavoro diventa ancora più alto per il singolo operatore. L'affiancamento stesso di un operatore per fargli acquisire le giuste competenze può essere letto come un rallentamento dell'operatore esperto nelle sue solite mansioni, in quanto è necessario che si concentri sull'addestramento. In linea conclusiva gli ostacoli e i vincoli sono stati molti, ma partendo da tali condizioni è stato sviluppato il progetto, per riuscire a trovare la soluzione migliore in una condizione non ideale.

## **7.3 Passi futuri**

Nei possibili sviluppi futuri del progetto è auspicabile che l'azienda accetti di procedere con la struttura così come è stata pensata nell'elaborato e che proceda con il mettere in atto i processi e gli sviluppi proposti. Inoltre, ipotizzando una messa in opera della proposta, sarebbe interessante monitorare se effettivamente le modifiche stanno apportando le migliorie sperate oppure sono necessarie delle alterazioni al piano originale. Infatti, il miglioramento deve essere continuo, bisogna valutare e cercare di capire se gli operatori accettano correttamente i nuovi stimoli e le nuove mansioni, se sia necessario riassegnare alcuni compiti a persone diverse cambiandone il ruolo o se sia necessario istituire un responsabile tra gli operatori già presenti.

L'auguro di tale lavoro è che in ogni caso siano state eseguite delle osservazioni e delle valutazioni che possano portare a un miglioramento della situazione iniziale.

## Bibliografia

Balestri, Gianfranco. *Le basi della logistica: il magazzino, i trasporti, la distribuzione e il sistema informativo*. Hoepli Editore, 2012.

Battini, Daria. Supermarket Warehouses: Stocking Policies Optimization in An AssemblyTo-Order Environment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 50 (2010): 775-788.

Baudin, Michel. *Lean logistics: the nuts and bolts of delivering materials and goods*. CRC press, 2005.

Boysen, Nils. Part Logistics in The Automotive Industry: Decision Problems, Literature Review and Research Agenda. *European Journal of Operational Research* 242.1 (2015): 107-120.

Cagliano A. Slides del corso di Impianti Industriali. Politecnico di Torino corso di Ingegneria Gestionale, a.a.2020-2021.

Card, Alan J. "The problem with '5 whys'." *BMJ quality & safety* 26.8 (2017): 671-677.

Delpino, Alessandro, and Maddalena Nardelli. *Analisi tecnico-economica e riorganizzazione di layout in ottica Lean Manufacturing. Il caso Multilog Spa per Comau Spa*. Politecnico di Torino, Ingegneria Gestionale, 2021.

Emde, Simon, and Michel Gendreau. Scheduling in-house transport vehicles to feed parts to automotive assembly lines. *European Journal of operational research*, 260.1, (2017): 255-267.

Gentile Geraldina. *Impianti industriali*. Università degli studi di Trieste corso di Ingegneria Gestionale, a.a. 2009-2010.

Grzelczak, Agnieszka, and K. W. Lewandowska. Eliminating muda (waste) in lean management by working time standardization. *Arabian Journal of Business and Management Review* 6.3, (2016): 1-11.

Hanson Robin, Lars Medbo, and Mats L Johansson. Performance Effects of Using External Warehouses in Materials Supply to Assembly. 23rd International Annual EurOMA Conference, Trondheim, June 17-22, 2016.

Hidayat, Nita Puspita Anugrawati. Perancangan Tata Letak Gudang dengan Metoda Class-Based Storage Studi Kasus CV. SG Bandung. *Jurnal Al-Azhar Indonesia seri sains dan teknologi* 1.3 (2012): 105-115.

Kärkkäinen, Mikko, and Jan Holmström. Wireless product identification: enabler for handling efficiency, customisation and information sharing. *Supply chain management: an international journal* 7.4 (2002): 242-252.

Kilic, H.S., Durmusoglu, M.B. & Baskak, M. Classification and modeling for inplant milkrun distribution systems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 62 (2012): 1135-1146.

- Koppiampatti Rajaguru, Rajkumar, and Brightson Chamavalappil Mathew. The control of material flow between external warehouses and assembly plants in the material supply to automotive industry. Master Thesis in Production Engineering. 2017.
- Liker, Jeffrey K., and James M. Morgan. The Toyota way in services: the case of lean product development. *Academy of management perspectives* 20.2 (2006): 5-20.
- Lucca, E. Applicazione di un framework per la gestione Lean di un magazzino: il caso Gruppo Poli. Politecnico di Torino, Ingegneria Gestionale, 2018.
- Maraschi E. Studio del layout. Innovare la formazione aziendale. E-formazione by ConsulmanSpA, 2011.
- Michalos, George, et al. Workplace analysis and design using virtual reality techniques. *CIRP Annals* 67.1 (2018): 141-144.
- Monte, A. Elementi di impianti industriali. Libreria Cortina, seconda edizione, Torino, 2009.
- Muther Richard, Lee Hales. Systematic Layout planning. Management & Industrial Research Publications, 2015.
- Ohno, Taiichi. Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production, Productivity. Inc., 1998.
- Panizzolo R. Slides del corso di organizzazione della produzione e dei sistemi logistici. Università di Padova, Ingegneria Gestionale, 2021.
- Sarker, Bhaba R., and Chidambaram V. Balan. Operations planning for a multi-stage kanban system. *European Journal of Operational Research* 112.2 (1999): 284-303.
- Sujana, Andika Prayoga, Dida Diah Damayanti, and Murni Dwi Astuti. Usulan Perbaikan Alokasi Penyimpanan Barang Dengan Metode Class Based Storage Pada Gudang Bahan Baku 1 PT SMA. *JRSI* 1.02 (2014): 1-7.
- Tiesdell, Steven, and David Adams. Design matters: major house builders and the design challenge of brownfield development contexts. *Journal of Urban Design* 9.1 (2004): 23-45.
- Vilda, Francisco Gil, José A. Yagüe-Fabra, and Albert Sunyer Torrents. An in-plant milk-run design method for improving surface occupation and optimizing mizusumashi work time. *CIRP Annals* 69.1 (2020): 405-408.
- Woźniakowski, Tomasz, Piotr Jałowicki, and Krzysztof Zmarzłowski. ERP systems and warehouse management by WMS. *Information systems in management* 7, 2018.
- Zennaro I. Slide “Lo studio del layout”, “Tipologie di produzione”. Corso impianti meccanici, Università di Padova, 2021.
- Zorzi, Angelica. Analisi del layout a postazione fissa. Università di Padova, Ingegneria Gestionale, 2021.

## Sitografia

- [1] <https://www.kanban.it/it/dimensionamentokanban/>, ultima consultazione 22/11/2022.
- [2] <https://www.multilevelconsulting.eu/it/block/coefficiente-di-utilizzazione-superficiale-cus/>, ultima consultazione 16/12/2022.
- [3] <https://www.mecalux.it/blog/componenti-scaffalatura>
- [5] <https://www.managementacademy.it/>
- [6] <https://www.headvisor.it/value-stream-mapping-vsm>
- [7] <https://coggle.it/diagram/W9QySefly2vUPRVZ/t/elementi-sullo-studio-del-layout-responsabile-di-produzione>
- [8] <https://www.logisticaefficiente.it/>
- [9] <https://ractem.it/>
- [10] <https://planbproject.it/blog/tecnica-5-perche/>
- [11] <http://www.graphicproducts.com/articles/value-stream-mapping-vsm>
- [11] <https://www.projectmanagementonline.it/stoccaggio/#page-content>
- [12] <https://www.mecalux.it/>
- [13] <https://www.linde-mh.it/it/>
- [14] <https://dokodoc.com/utilizzazione-superficiale.html>