

Tesi di Laurea

**Lancio di un progetto di logistica integrata delle parti di ricambio:  
Prima Industrie SPA**



**Relatrice**

Prof.sa Sabrina Grimaldi

**Candidato**

Francesco Trovato

**Luglio 2020**



## ***Tema della Tesi***

*Nelle pagine a seguire verranno riportate le analisi preliminari relative al lancio di un progetto di logistica integrata delle parti di ricambio svolte presso Prima Industrie SPA.*

*La tesi verterà principalmente sulla ridefinizione delle politiche di immagazzinamento delle parti di ricambio, la definizione della struttura ottimale di un ipotetico nuovo unico magazzino e la riduzione del rischio legato allo stock attraverso gli accordi con i fornitori.*



## ***Ringraziamenti***

*Vorrei dedicare questo spazio a tutte le persone che hanno contribuito, direttamente e indirettamente, alla realizzazione di questa tesi attraverso il loro supporto.*

*Un particolare ringraziamento va alla mia relatrice, la Professoressa Sabrina Grimaldi, la quale mi guidato nella realizzazione di questo elaborato, permettendomi di portare avanti questo progetto pur avendo delle tempistiche molto strette.*

*Ringrazio i miei genitori e le mie sorelle in quanto, senza il loro costante supporto, questo elaborato non potrebbe neanche esistere.*

*Ringrazio tutta la mia famiglia per avermi aiutato ad arrivare fino a questo punto.*

*Grazie a Daniele, Giuseppe, Kyle, Luca, Matteo, Salvo, Umberto, Vincenzo e Vincenzo, amici di una vita che hanno indirettamente contribuito più di tutti.*

*Un ringraziamento particolare va ai colleghi con i quali ho condiviso la maggior parte del tempo durante i due anni accademici trascorsi, grazie Carla, Giuseppe, Leonardo, Lorenzo e Francesco.*

*Ringrazio tutto lo staff di Prima Power per la disponibilità dimostrata e per lo spirito d'innovazione che ha permesso la realizzazione del progetto, trattato nelle pagine a seguire.*

*Dedico questa tesi a mio nonno Francesco.*



# Sommario

<b>Tema della Tesi .....</b>	<b>3</b>
<b>Ringraziamenti .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Contesto Aziendale.....</b>	<b>11</b>
1.1 Prima Industrie SPA .....	11
1.2 La Storia della Compagnia .....	13
1.3 La Struttura Societaria.....	15
1.4 I Prodotti Prima Power .....	16
1.5 Il Settore Service .....	17
1.6 Le attività svolte .....	18
<b>2. Logistica integrata delle parti di cambio .....</b>	<b>21</b>
2.1 Struttura Logistica .....	21
2.2 Warehouse Footprint .....	23
<b>3. Definizione dei Temi d'Implementazione .....</b>	<b>26</b>
3.1 I Temi Principali.....	26
3.1.1 Stock & Service Level Optimum .....	27
3.1.2 Logistic Footprint/Sizing .....	28
3.1.3 Rapporti con i Fornitori.....	28
3.2 Struttura dell'analisi .....	28
<b>4. Stock &amp; Service Level Optimum .....</b>	<b>30</b>
4.1 Scenario Attuale .....	30
4.1.1 Classificazione degli articoli .....	30
4.1.2 Modalità di Gestione degli Articoli .....	32
4.2 Analisi .....	36
4.2.1 Valore dello Stock.....	36
4.2.2 Struttura del Modello .....	38
4.2.3 Identificazione dei Costi Totali.....	38
4.3 Soluzione Proposta .....	41
4.3.1 Riduzione del Valore Immobilizzato per la classe AC .....	41
4.3.2 Risultati Attesi sul Valore Immobilizzato dalla classe AC.....	47
4.3.3 Modello EOQ: Parametri di input.....	49
4.3.4 Modello EOQ: Elaborazione dei dati.....	50
4.3.5 Modello EOQ: Visualizzazione dei risultati .....	52

<b>5. Warehouse Structure/Sizing .....</b>	<b>57</b>
5.1 Scenario Attuale .....	57
5.2 Analisi .....	58
5.2.1 Problemi Legati alla Gestione .....	58
5.2.2 Problemi Legati ai Costi .....	59
5.2.3 Problemi Legati alla Gestione dei Dati .....	59
5.3 Soluzione Proposta .....	60
5.3.1 Struttura dello Stabile.....	60
5.3.2 Struttura della Zona di Stoccaggio dei Pallet Interi .....	62
5.3.3 Layout e Dimensionamento della Zona di Stoccaggio dei Pallet Interi.....	65
5.3.4 Struttura della Zona di Stoccaggio di articoli alto-rotanti.....	69
5.3.5 Dimensionamento della Zona di Stoccaggio di articoli alto-rotanti .....	72
5.3.6 Struttura della Zona di Stoccaggio per Dimensioni Limitate .....	72
<b>6. Rapporti con i Fornitori .....</b>	<b>75</b>
6.1 Scenario Attuale .....	75
6.2 Analisi .....	77
6.2.1 Lead time eccessivi .....	77
6.2.2 Rischio di obsolescenza .....	77
6.3 Soluzione Proposta .....	79
6.3.1 Rinegoziazione dei LT .....	79
6.3.2 Stock presso il fornitore .....	84
<b>7. Considerazioni Finali.....</b>	<b>88</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>91</b>







# 1. Contesto Aziendale

*Questa prima parte della tesi funge da contestualizzazione delle attività trattate nei capitoli a seguire, verranno introdotte l'azienda di riferimento, la sua storia, la sua organizzazione e i suoi prodotti. Verrà inoltre introdotto il settore del service, nel quale sono state svolte tali attività.*

## 1.1 Prima Industrie SPA

I temi proposti in questa tesi sono stati sviluppati nella loro interezza presso Prima Power, una delle tre divisioni appartenenti al Gruppo Prima Industrie SPA, quotato alla Borsa di Milano, la compagnia è leader specializzato nel settore di macchine e sistemi per la lavorazione della lamiera.

Le tre Divisioni a comporre il Gruppo Prima Industrie SPA sono Prima Additive, Prima Power e Prima Electro.



*Figura 1.1: Prima Industrie SPA e le sue divisioni.*

**Prima Additive** ha mansioni inerenti alla tecnologia additive, ovvero quei processi che prevedono la costruzione di un pezzo partendo da un modello tridimensionale attraverso la sovrapposizione, strato per strato, dei componenti elementari designati. Il settore di riferimento per questa Divisione è l'industria aerospaziale.

**Prima Power** è la Divisione Machinery del Gruppo, questa è specializzata nella creazione e nella vendita di macchine e sistemi per la lavorazione della lamiera, il settore di riferimento per la vendita dei prodotti di questa Divisione è l'industria automobilistica.

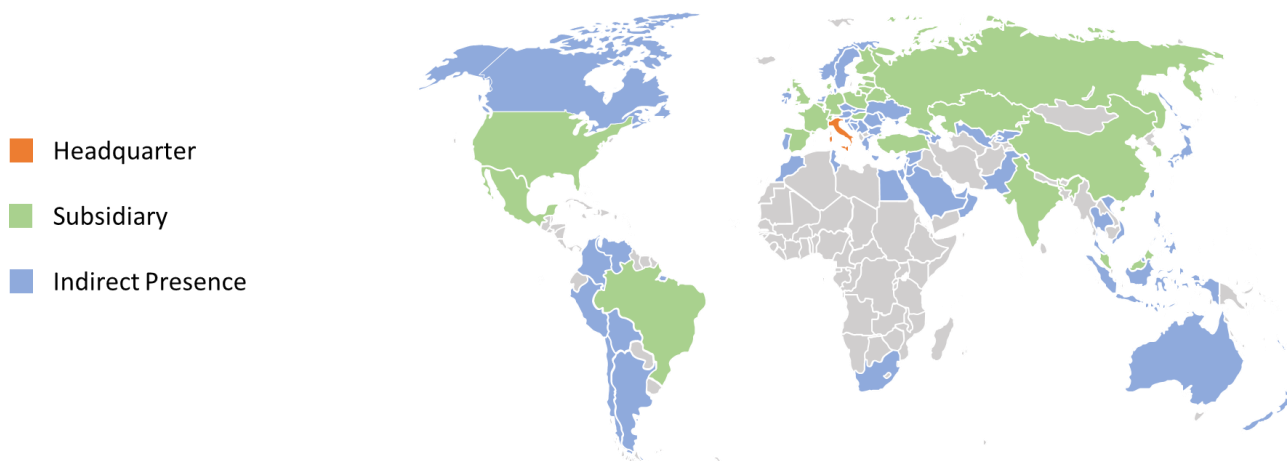
**Prima Electro** è la Divisione Elettronica del Gruppo, le sue mansioni principali prevedono la progettazione e la produzione di elettronica industriale e laser ad alta potenza, i prodotti di questa Divisione vengono integrati principalmente nelle macchine prodotte dal gruppo Prima Industrie.

Con più di 1800 impiegati all'attivo, 8 centri di ricerca e sviluppo, 8 impianti di produzione e più di 13000 sistemi installati in tutto il mondo, Prima Power è da considerarsi un colosso del settore da anni e continua a giocare un ruolo chiave ancora oggi.

I tre stabilimenti principali della compagnia hanno sede in Italia, Finlandia, USA e Cina.

Attraverso i suoi prodotti la società offre un'ampia gamma di applicazioni nel proprio settore, tra cui lavorazioni laser, punzonatura, cesoiatura, piegatura, automazione.

La rete di vendita e assistenza è attiva in più di ottanta paesi, questa è garantita sia dalla presenza diretta della compagnia che dalla coordinazione con le attività di rivenditori specializzati, i paesi in cui l'azienda opera sono evidenziati in *figura 1.2*.



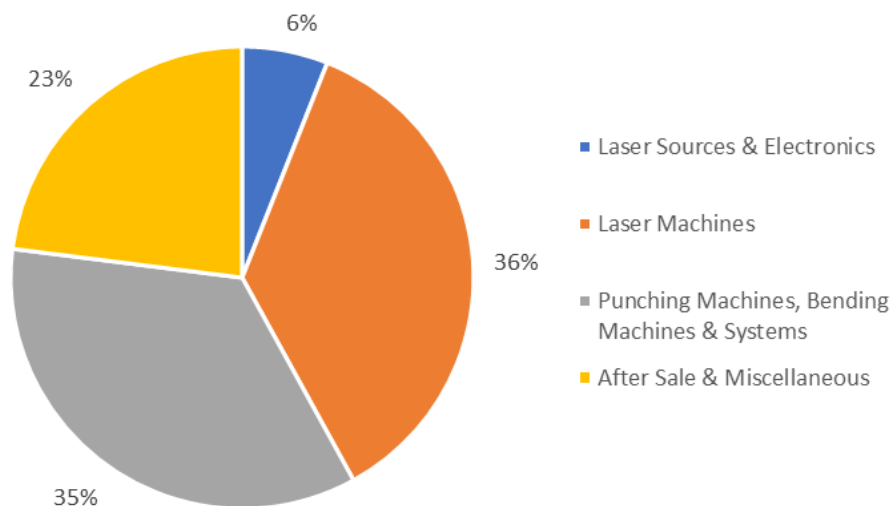
*Figura 1.2: Presenza globale di Prima Industrie.*

Le attività svolte dal Gruppo Prima Industrie SPA sono incentrate a garantire produttività e flessibilità nella produzione dei propri clienti. Per far ciò, la compagnia si occupa personalmente di tutte le fasi di vita dei propri prodotti.

Un cliente che si affida ai servizi di Prima Industrie verrà inizialmente guidato verso il prodotto più adatto alle proprie esigenze, riceverà un supporto professionale e costante durante l'intero periodo di attività del prodotto acquistato e, quando verrà il momento, verrà indirizzato verso un nuovo prodotto che possa soddisfare le sue rinnovate esigenze di produzione.

Considerando la notevole vita utile dei prodotti di Prima Industrie, a giocare un ruolo fondamentale tra le attività della compagnia non sono soltanto la produzione e la vendita dei sistemi, ma anche la loro gestione quando questi vengono installati.

L'attenzione data al cliente durante la vita utile del prodotto si riflette sulla struttura dei ricavi del Gruppo Prima Industrie. Analizzando le principali fonti di ricavo, riportate in *figura 1.3*, notiamo come le attività di after sale ne ricoprano una grande fetta.



*Figura 1.3: Suddivisione dei ricavi della compagnia*

## 1.2 La Storia della Compagnia

L'anno di fondazione di Prima Industrie è il 1977, con il nome di Prima Progetti.

La fondazione avviene ad opera di Franco Sartorio, grande innovatore che aveva scelto di circondarsi di giovani di grande talento prima in DEA, azienda di meccatronica, e poi in Prima Progetti, la cui prima sede, un cascinale ristrutturato, era in un ambiente dove la tecnologia si mescolava a un retroterra rurale. “Qui si fanno i matrimoni tra i robot e le galline” titolò infatti Giorgio Bocca su un quotidiano di allora, raccontando Prima Progetti come la più sofisticata delle fabbriche torinesi e riferendosi alla collocazione della sua prima sede.



*Figura 1.4: Logo originale di Prima Industrie.*

Prima Industrie esordisce nel mercato dei sistemi per la lavorazione della lamiera presentando una folta gamma di prodotti all'avanguardia per l'epoca, un esempio della capacità d'innovazione della compagnia è la prima macchina laser 3D, realizzata nel 1979.

Gli anni successivi vedono una continua crescita della compagnia all'interno del settore che, grazie alla macchina Optimo®, si impone come leader nell'ambito dei robot laser 3D.

Tra il 1990 e il 1995 viene ampliata l'offerta delle macchine da taglio 3D con l'introduzione della prestante macchina laser Rapido®.



*Figura 1.5: Macchina Rapido in azione.*

L'anno 1992 segna l'entrata di Prima Industrie nel mercato dei laser 2D, ciò è reso possibile dalle tecnologie e dall'esperienza di Laserwork AG, azienda svizzera acquisita nello stesso anno.

Il quinquennio successivo è costellato da eventi chiave per la storia della società: è in questo periodo che l'azienda viene quotata alla Borsa di Milano ed è sempre in questo periodo che ha luogo la prima joint-venture in Cina e la fondazione della filiale a Pechino.

L'approccio al nuovo millennio di Prima vede l'acquisizione di Convergent Energy (ora Prima Electro) e di Laserdyne oltre alla seconda joint-venture in Cina, la Shanghai Unity Prima.

Il 4 febbraio 2008 sancisce un nuovo inizio per Prima Industrie, viene acquisito il gruppo Finn-Power.



*Figura 1.6: Logo originale Finn-Power.*

Finn-Power viene fondata nel 1969 in Finlandia, con l'offerta di macchine idrauliche per la punzonatura. Attraverso una strategia di mercato vincente ed un altro tasso di innovazione l'azienda ha ottenuto un ruolo di protagonista nel suo settore e costituisce oggi un tassello fondamentale nell'equilibrio del gruppo Prima Power.

Il marchio Prima Power, che nasce nel marzo 2011, racchiude tutti i prodotti di lavorazione della lamiera e i servizi ad essi associati.

Oggi i network di assistenza e vendita sono integrati tra loro e la società continua ad espandersi nel mondo attraverso l'apertura di nuove filiali in Brasile, India, Russia, Turchia, Emirati Arabi Uniti, Australia, Messico, Corea.

### 1.3 La Struttura Societaria

In figura 1.7 è riportato lo schema, tratto dalla relazione finanziaria annuale del 2018, che rappresenta nel dettaglio la struttura societaria del Gruppo Prima Industrie SPA.

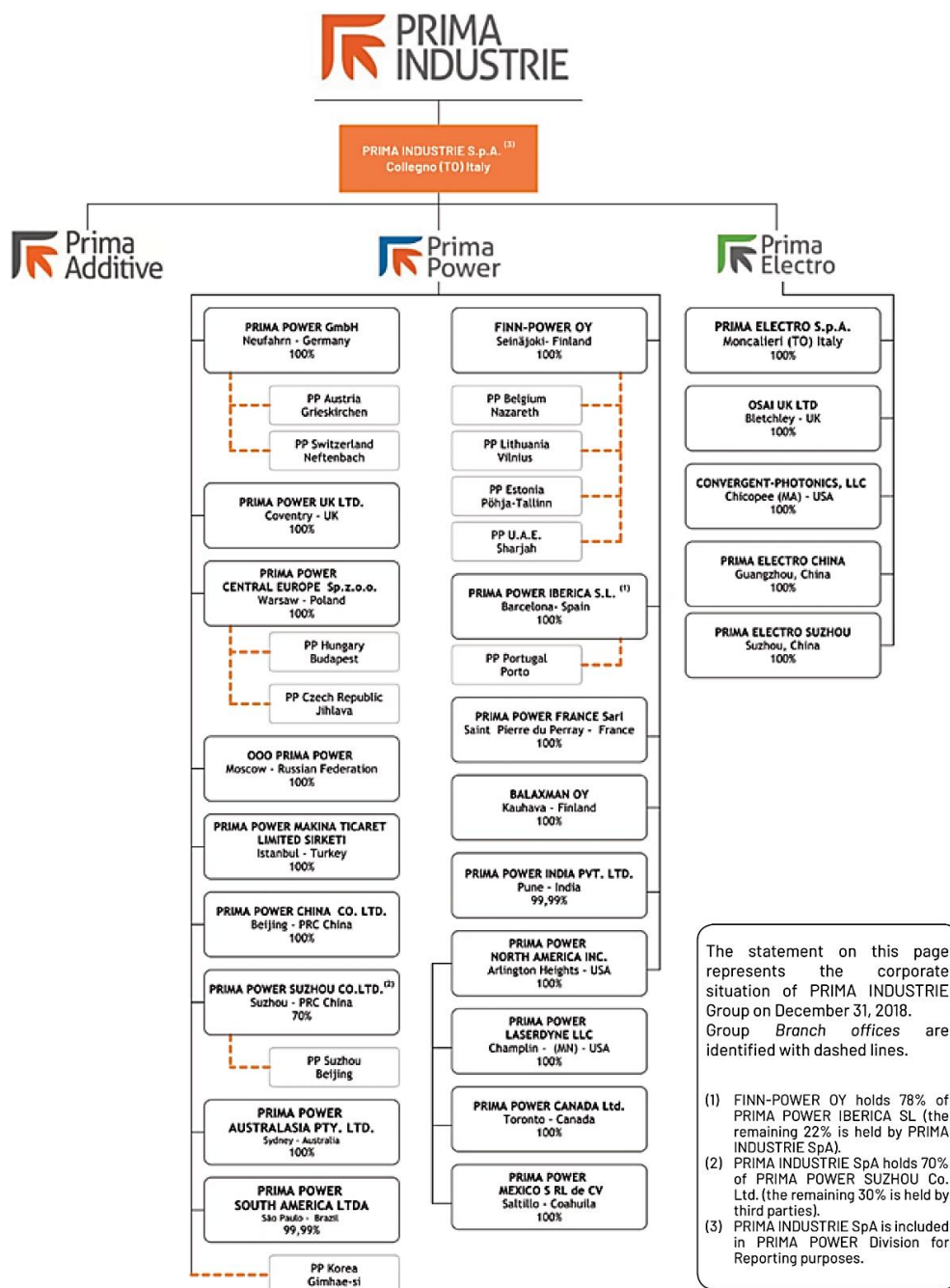


Figura 1.7: Struttura societarie di Prima Industrie.

## 1.4 I Prodotti Prima Power

Tutti i prodotti della Divisione Machinery del Gruppo Prima Industrie, Prima Power, godono di classificazione “Industry 4.0 Inside”, questa denota la capacità delle macchine e dei sistemi proposti di godere di:

1. Produzione automatica e non presidiata;
2. Efficienza e flessibilità nelle lavorazioni;
3. Soluzioni customizzate.

I prodotti vengono inoltre realizzati seguendo la filosofia “Green Means” atta a coniugare i valori di sostenibilità e produttività che contraddistinguono la compagnia.

Il catalogo articoli presenta una vasta gamma di prodotti organizzati per categorie definite rispetto alle funzionalità dei sistemi che ne fanno parte. Ogni categoria comprende più macchine aventi caratteristiche diverse in termini di produttività e flessibilità delle lavorazioni.

In *figura 1.8* è riportato il catalogo contenente tutte le categorie di prodotto commercializzate in maniera diretta da Prima Power.



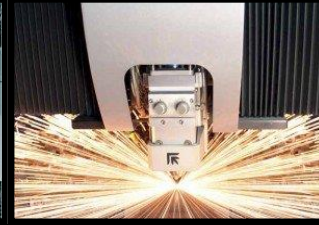





<p><b>The BEND</b></p> 	<p><b>The COMBI</b></p> 	<p><b>The LASER</b></p> 	<p><b>The PUNCH</b></p> 
<p><i>Soluzioni per la piegatura della lamiera.</i></p>	<p><i>Soluzioni combinate di punzonatura e cesoiatura/taglio laser.</i></p>	<p><i>Soluzioni per il taglio laser 2D e 3D della lamiera.</i></p>	<p><i>Soluzioni per la punzonatura della lamiera.</i></p>
<p><b>The SYSTEM</b></p> 	<p><b>The SOFTWARE</b></p> 	<p><b>The SHEAR</b></p> 	<p><b>The PRESS</b></p> 
<p><i>Soluzioni per la gestione delle fasi di lavoro e dei flussi informativi.</i></p>	<p><i>Soluzioni software per migliorare la capacità produttiva dei prodotti.</i></p>	<p><i>Sistemi integrate di punzonatura e cesoiatura.</i></p>	<p><i>Piegatrici servo-elettriche ed idrauliche.</i></p>

Figura 1.8: Catalogo articoli Prima Power.



Per permettere una gestione efficiente di un parco prodotti così ampio Prima Power presenta una struttura ben definita.

Ogni categoria di prodotto fa riferimento ad una precisa unità di produzione, queste hanno mansioni che si differenziano rispetto al tipo di prodotto di riferimento, le unità produttive sono:

1. **PUL**, *Production Unit Laser*, Collegno (TO), Italia;
2. **PUB**, *Production Unit Bend*, Cologna Veneta (VR), Italia;
3. **PUP**, *Production Unit Punch*, Seinäjoki, Finlandia.

Le attività trattate nella tesi sono state svolte interamente all'interno dell'unità produttiva laser, sita a Collegno (TO).

## **1.5 Il Settore Service**

Il settore service ricopre tutte le mansioni relative all'*after-sales*, ovvero quella serie di attività di supporto ai sistemi in possesso dei clienti.

Il service ha il ruolo di garantire un supporto efficace e professionale ad ogni cliente di Prima Industrie nel mondo, attraverso operatori altamente qualificati e disponibili.

Tra le principali attività svolte dagli operatori del settore annoveriamo:

1. Organizzazione delle manutenzioni;
2. Gestione dei tecnici specializzati;
3. Gestione dei ricambi;
4. Assistenza diretta al cliente.

Queste quattro attività rappresentano solo una parte del lavoro di competenza degli operatori del service in quanto il loro è da considerarsi come un supporto al cliente a 360°.

Il cliente tipo di Prima Power fa un utilizzo del prodotto acquistato come parte di un sistema di produzione, il verificarsi di problematiche può causare rallentamenti o stati di fermo che possono generare gravi perdite in termini economici.

È compito del service intervenire il più velocemente possibile per limitare questo tipo di problematiche, per questo è necessario essere sempre disponibili e accogliere ogni tipo di richiesta da parte del cliente diventandone un punto di riferimento.

Abbiamo riportato tra i compiti principali del service anche la gestione dei ricambi, quest'attività non include soltanto la gestione fisica dei pezzi di ricambio ma anche quella dei flussi e della rete logistica che comprende l'approvvigionamento, le movimentazioni e le giacenze di tali articoli.

Il tema della tesi verte sull'ottimizzazione di questa rete logistica.

Le attività analitiche svolte, proposte nelle pagine a seguire, hanno preso luogo in quest'ambito e sono state rese possibili dalla disponibilità degli operatori che, mossi da spirito d'innovazione, hanno deciso di intraprendere quest'attività di miglioramento dell'attuale rete logistica.

## 1.6 Le attività svolte

La collaborazione tra il sottoscritto e Prima Power ha avuto inizio a partire dal giugno 2019, questa ha avuto inizio sotto forma di tirocinio curriculare nel ruolo di Business Intelligence Analyst nel settore del service.

Dopo aver svolto tutte le attività preliminari, quali verifiche e colloqui, è stato concordato un periodo di tirocinio che ha avuto inizio il 10 giugno 2019 ed è terminato il 30 settembre dello stesso anno, il tirocinio è stato svolto nella nuova sede della società, l'HQTC, sito in Via Pianezza, 36, 10093 Collegno TO.

Le principali mansioni, ricoperte durante il periodo di tirocinio, sono state:

- **Analisi del business:** attività incentrata sull'analisi dei dati di mercato per fini previsionali, l'attività verteva sull'interfacciamento continuo con dati di vendita caratterizzati da filtri geografici e tecnologici.

Tra le varie richieste spiccavano quelle di valutazione della bontà dei vari mercati e del potenziale di vendita ad essi associato nell'ambito dei ricambi, delle opzioni e degli upgrade per le macchine installate.

Questo genere di attività ha ricoperto una buona parte delle ore che erano previste dal tirocinio curriculare.

- **Sviluppo di PSP, Prima Service Products, Software dedicato al Service:** durante lo stesso periodo è venuta a galla la necessità, per il service, di introdurre un software che permettesse il facile accoppiamento di macchine utensili e prodotti ad esse compatibili, poiché

quest'attività era svolta in maniera molto macchinosa e prevedeva vari step prima di poter presentare un'offerta al cliente.

Pur non essendo inerente al tema del tirocinio è stato avviato un progetto di sviluppo, portato avanti dal sottoscritto, di un software di questo tipo.

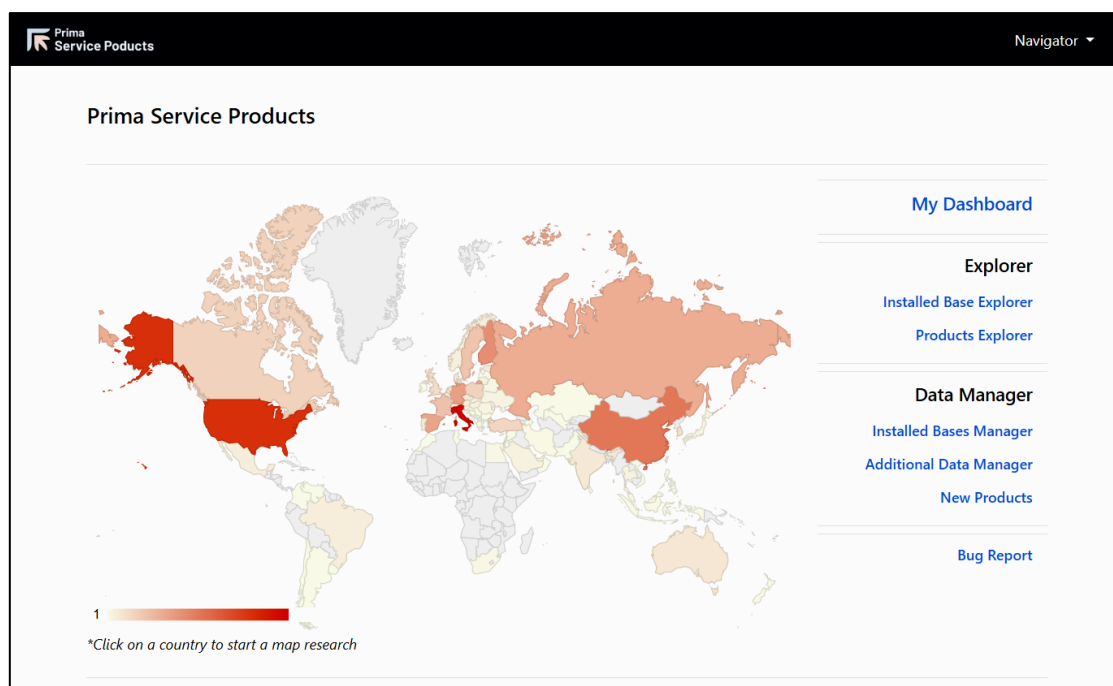


Figura 1.9: Home Page Prima Service Products.

Attraverso l'introduzione di questo software sarebbe stato possibile semplificare drasticamente il processo di vendita dei prodotti.

Il software permette all'operatore di vedere in pochissimo tempo tutti i prodotti del service compatibili con qualsiasi macchina installata nel mondo saltando la fase, fino a quel momento obbligatoria, di ricerca tra le specifiche tecniche dei prodotti per valutarne la compatibilità.

Attraverso la semplificazione del processo, l'introduzione di questo software avrebbe potenzialmente facilitato le operazioni di vendita dei prodotti da parte del service, aumentandone il potenziale di vendita.

A fine settembre il tirocinio curriculare è giunto a termine e con esso l'attività di Business Intelligence Analyst si è interrotta, l'azienda ha voluto comunque procedere allo sviluppo del software sopramenzionato mantenendo il sottoscritto al centro del progetto.

È stata concordata un'attività di consulenza attraverso la quale è stato possibile continuare lo sviluppo del software anche durante la ripresa delle attività accademiche, questa collaborazione è durata fino ad aprile 2020.

Il software oggi è stato utilizzato come base per la creazione di un modulo di service marketing che ne segue l'architettura base ed è stato incluso nel sistema digitale unificato del service mondiale di Prima Power.

In concomitanza con l'inizio di un nuovo progetto di ridefinizione della logistica integrata delle parti di ricambio, materia di questa tesi, è stata chiesta al sottoscritto la disponibilità a partecipare alle attività di analisi preliminari, ciò è stato reso possibile dalla formula lavorativa "tesi in azienda" messa a disposizione del Politecnico di Torino.

## 2. Logistica integrata delle parti di cambio

Nei paragrafi a seguire verrà introdotta la rete logistica integrata delle parti di ricambio costruita da Prima Power negli anni, inizialmente ne verrà mostrata la struttura in generale e successivamente verrà eseguito un approfondimento sui magazzini.

### 2.1 Struttura Logistica

Il sistema logistico è composto da diversi attori i quali sono rappresentati in *figura 2.1*.

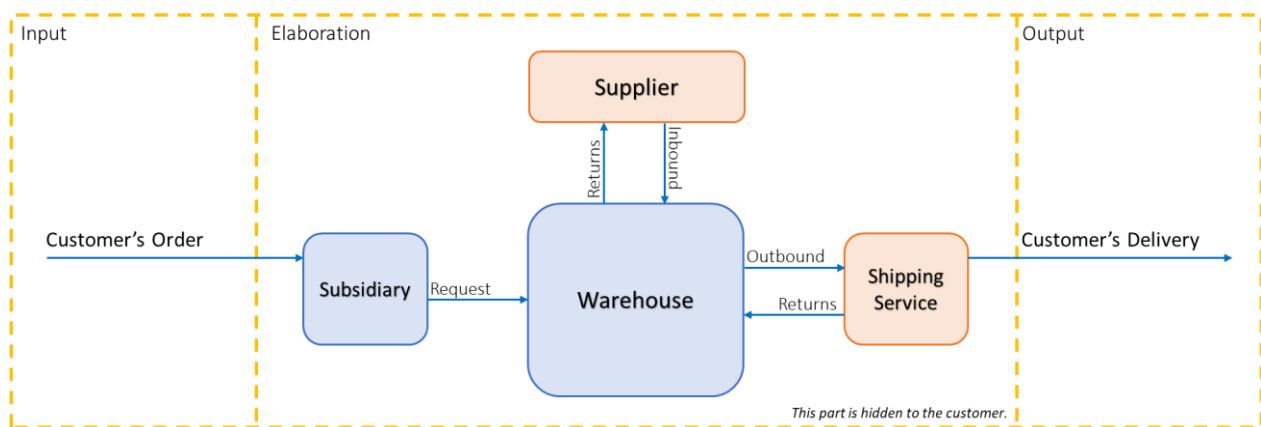


Figura 2.1: Sistema logistico in essere

Lo schema mostrato in figura mette in evidenza le tre fasi della gestione degli articoli di ricambio.

Il processo nasce da un **input**, costituito dall'ordine del cliente, segue una fase di **elaborazione** interna, nascosta al cliente, e viene generato un **output** che idealmente corrisponde alla consegna al cliente finale dell'articolo desiderato.

In *figura 2.1* sono rappresentati tutti gli attori che prendono parte al processo, questi vengono divisi per colore, in blu sono rappresentati quelli interni a Prima Power, in arancione quelli esterni.

Nella fase di generazione dell'ordine, il cliente si interfaccia con la filiale locale per esporre le proprie necessità, sarà compito della filiale trasformare tali necessità in richieste concrete in termini di tecnici specializzati e pezzi di ricambio.

Una volta elaborata la richiesta verranno messi a disposizione i tecnici necessari e verrà contattato il magazzino per richiedere i pezzi di ricambio che occorrono.

Il magazzino riceve dalle varie filiali le richieste di spedizione per i clienti, per far fronte a queste richieste utilizzerà i pezzi a stock, è compito dei suoi operatori mantenere il livello di stock designato per ogni singolo articolo.

Per completare lo svolgimento delle sue funzioni, il magazzino prepara gli articoli da spedire, a valle delle richieste ricevute, e si interfaccia con un servizio di consegna esterno per la movimentazione dell'articolo verso il cliente finale.

Per ripristinare il livello di stock dei pezzi di ricambio spediti, il magazzino si interfaccia costantemente con i suoi fornitori.

Di seguito verranno descritti i flussi di movimentazione degli articoli tra i vari attori, rappresentati in *figura 2.1*, in particolare si verificano movimentazioni legate a:

1. **Inbound:** con *inbound*, o *upstream*, vengono indicate tutte le attività inerenti all'approvvigionamento e allo stoccaggio dei materiali necessari per lo svolgimento delle funzioni della compagnia.
2. **Outbound:** con *outbound* (o *downstream*) viene fatto riferimento ai processi inerenti alla distribuzione dei prodotti al cliente finale, nello scenario in analisi ci si riferisce agli articoli di ricambio spediti ai clienti che ne fanno richiesta.
3. **Returns (to supplier):** questa voce identifica tutte le movimentazioni di articoli che, dopo essere stati sottoposti al controllo qualità presso un magazzino di Prima Power, vengono rispediti al fornitore per inadeguatezza.
4. **Returns (to warehouse):** questo flusso identifica tutte le movimentazioni finalizzate alla restituzione al magazzino dell'articolo ricevuto dal cliente finale per inadeguatezza dello stesso.

Per garantire un alto livello di servizio, marchio di fabbrica del service di Prima Power, è necessario che tutti i processi contenuti all'interno della fase di elaborazione siano efficienti e rispettino i termini prestabiliti.

Una cattiva gestione dei flussi di movimentazione, come ad esempio un'errata gestione dell'inbound, potrebbe portare a ingenti conseguenze per la compagnia in quanto rischierebbe di risultare impreparata a rispondere alle richieste del cliente.

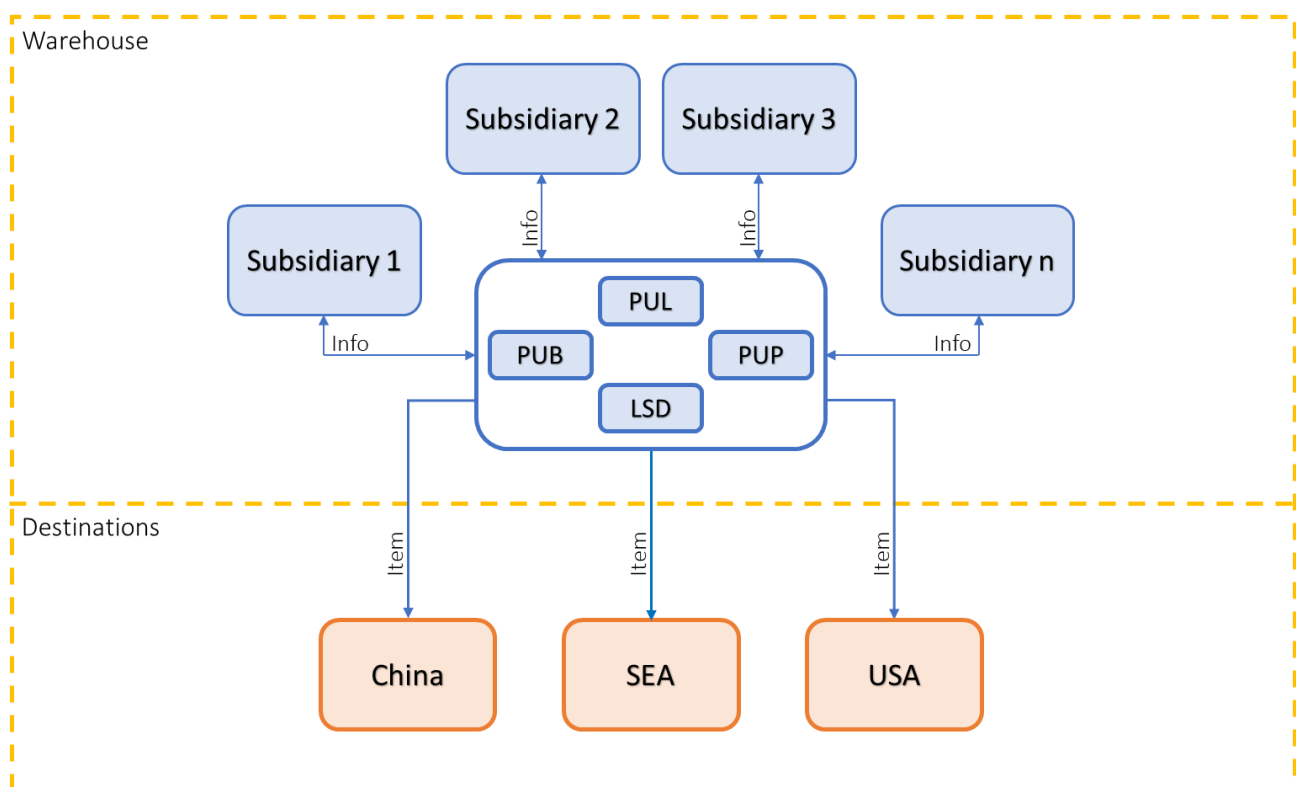
Non essere in grado di soddisfare questo tipo di richieste nei tempi concordati porterebbe ad un danno quantificabile, in termini di produzione, per il cliente e un danno d'immagine per Prima Power.

La fase di elaborazione, pur essendo nascosta al cliente, ha dunque un grosso impatto sulla sua percezione del servizio in quanto, se vi si verificasse un malfunzionamento, questo potrebbe generare errori e ritardi che andrebbero a peggiorare la qualità percepita del servizio.

## 2.2 Warehouse Footprint

In *figura 2.1* il magazzino con cui si interfacciano fornitori, filiali e servizio di spedizione è rappresentato come un'unica entità, ad oggi la realtà è ben diversa.

Come mostrato in *figura 2.2*, il riquadro rappresentate la warehouse in realtà è composto da un complesso di magazzini a cui fanno riferimento i ricambi di PUB (Unità Produttiva Bending), PUL (Unità Produttiva Laser), PUP (Unità Produttiva Punching) e LSD (Unità Produttiva Laserdyne).



*Figura 2.2: Struttura logistica dei magazzini.*

Le analisi relative al “lancio di un progetto di logistica integrata delle parti di ricambio”, tema della tesi, non considereranno l’unità produttiva Laserdyne la quale, insieme al suo magazzino, è sita in Nord America ed è gestita localmente.

I tre magazzini che fanno riferimento alle restanti unità produttive sono localizzati rispettivamente:

1. **PUP**, Nazareth, Belgio;
2. **PUB**, Cologna Veneta (VR), Italia;
3. **PUL**, Collegno (TO) Italia.

Questi tre magazzini rappresentano il riferimento principale per i ricambi utilizzati da tutte le filiali collocate nelle varie aree del mondo, per i ricambi delle varie tipologie di tecnologia installate.

La strategia di gestione della logistica prevede che la filiale locale si interfacci con uno dei tre magazzini a dipendenza del tipo di tecnologia per la quale il cliente necessita di un articolo di ricambio.

I tre magazzini sono localizzati in Europa e, come mostrato in *figura 2.2*, oltre a rifornire il mercato locale hanno anche il compito di gestire le richieste di articoli di ricambio provenienti da Cina, USA e Sud-Est Asiatico.

Ogni filiale presenta un piccolo magazzino locale nel quale vengono messi a stock i ricambi più alto-rotanti nel mercato di riferimento, ciò è finalizzato a ridurre i costi di spedizione e i tempi necessari per la consegna dei pezzi che vengono richiesti più frequentemente.

La grandezza dei magazzini locali varia da filiale a filiale ed è strettamente legata alla domanda del mercato di riferimento, la gestione di questi magazzini avviene a livello locale.

Le filiali comunicano costantemente con i tre magazzini centrali generando flussi informativi sia in entrata che in uscita.

Le informazioni che partono dalle filiali e sono dirette ai magazzini si dividono principalmente in due categorie:

1. Informazioni inerenti alle richieste effettuate dai clienti per i pezzi di ricambio non presenti nel magazzino locale.
2. Informazioni sui livelli di stock del magazzino locale, queste sono finalizzate ad aiutare il magazzino centrale nella gestione degli articoli necessari al ripristino delle scorte delle filiali locali.

Le informazioni che vengono mandate dai magazzini alle filiali riguardano invece tutti i dati necessari per una corretta gestione dei ricambi, questi sono inerenti alle caratteristiche, la disponibilità e il prezzo dei vari articoli.



Il magazzino centrale, dopo aver ricevuto le richieste dei clienti tramite le filiali, ha il compito di prelevare l'articolo e spedirlo al destinatario affidandosi ad un servizio di consegna esterno che garantisce l'arrivo dell'articolo nei tempi prestabiliti.

Per garantire un servizio di alta qualità al cliente risulta dunque necessario che filiale e magazzini lavorino in perfetta sincronia, una mancata coordinazione tra i due attori si rifletterebbe nella qualità del servizio fornito che subirebbe un abbassamento causato da ritardi e imprecisioni negli ordini gestiti.

### **3. Definizione dei Temi d'Implementazione**

*In questo capitolo verranno introdotte le principali tematiche trattate nel corso delle analisi preliminari relative al lancio del progetto di logistica integrata, argomento della tesi. Verrà inoltre introdotta la struttura a cui faranno riferimento tali analisi.*

#### **3.1 I Temi Principali**

La ridefinizione della rete logistica di Prima Power è un progetto ampio e molto ambizioso.

I temi da trattare e gli aspetti da prendere in considerazione sono numerosi e variegati, risulta quindi necessario eseguire una definizione preliminare delle tematiche prima di avviare le attività analitiche.

Le tempistiche di applicazione delle strategie e dei modelli, sviluppati durante la fase di analisi, risultano lunghe e i rallentamenti alle attività causati dal Covid-19 tendono a dilatare ulteriormente questi tempi.

Per i motivi introdotti in precedenza, risulta chiaro che la tesi non potrà ricoprire l'intero processo di rinnovamento che, presumibilmente, verrà implementato nei prossimi anni, ma la sola fase di analisi preliminare atta a identificare i potenziali miglioramenti attuabili sul sistema logistico.

Alcuni tra i temi principali di questo progetto di rinnovamento non verranno riportati tra gli argomenti di questa tesi, in particolare sono stati esclusi:

- Analisi del backorder;
- Analisi dei processi;
- Organization and JD;
- Product management.

La necessità di escludere questi argomenti dal gruppo di quelli trattati è stata dettata da alcune circostanze, in primo luogo le figure professionali di riferimento sono diverse e si trovano in parti del mondo che, vista la situazione odierna, è impossibile raggiungere.

Alcune di queste analisi, per essere incluse nella tesi, avrebbero necessitato della pubblicazione di informazioni sensibili per l'azienda e dunque è stata presa la decisione di escludere a priori tali tematiche.

Il risultato atteso da questa tesi è l'identificazione e la quantificazione dei possibili margini di miglioramento derivanti dall'adozione di nuove politiche e strategie negli ambiti considerati, in particolare ci soffermeremo su:

- Stock & Service Level Optimum;
- Warehouse Structure/Sizing;
- Analisi dei Fornitori.

A differenza dei temi esclusi è stato possibile portare avanti queste attività analitiche anche nello scenario attuale. Ciò è stato possibile in quanto Prima Power, pur essendo attiva in più di 80 paesi, svolge la maggior parte delle funzioni relative al mondo delle macchine laser nella sede centrale, sita a Collegno (TO), con la quale è stato possibile interagire per portare avanti questo progetto.

Nelle sezioni a seguire verranno introdotti al lettore i tre macro-argomenti del lavoro di tesi.

### **3.1.1 Stock & Service Level Optimum**

Il primo argomento trattato è quello inerente al livello di stock e al livello di servizio ottimale ad esso associato.

Considerando che ad oggi non esiste un magazzino centrale unificato, per le analisi a seguire, verranno utilizzati i dati relativi al magazzino di riferimento per l'Unità Produttiva Laser, **PUL**.

La stessa tipologia di analisi verrà svolta presso gli altri magazzini, quelli di riferimento per PUB, PUP e LSD da parte degli operatori locali.

Questa tematica verrà sviluppata da un punto di vista analitico, con l'obiettivo di far emergere tutte le criticità legate ai modelli di gestione in vigore, ciò sarà finalizzato all'identificazione di una strategia che potrebbe portare ad un miglioramento della gestione dello stock nel magazzino considerato.

I dati ottenuti dalle analisi svolte in questa fase, applicate ad ognuno dei magazzini di riferimento per le unità produttive, ci permetteranno di conoscere i livelli di stock ottimale, dato che verrà utilizzato nelle analisi successive.

### 3.1.2 Logistic Footprint/Sizing

In questa sezione verrà valutata la possibilità di creare un magazzino unico che faccia da riferimento per le quattro unità produttive Europee, tenendo da parte il magazzino dedicato all'unità produttiva Laserdyne.

Ci si soffermerà sulla quantificazione di tutti i parametri di input necessari per poter identificare le caratteristiche che il magazzino dovrà soddisfare.

Queste caratteristiche riguarderanno la tipologia di scaffalatura adoperata, il layout ottimale e l'organizzazione dello stock.

Verranno definiti la suddivisione ottimale della struttura e il layout di riferimento.

Il risultato atteso da questa sezione è la descrizione di come questo debba essere strutturato per essere in grado di soddisfare le necessità combinate dei tre magazzini attualmente in funzione.

### 3.1.3 Rapporti con i Fornitori

L'analisi dei rapporti con i fornitori costituirà l'ultimo tema analizzato in questo lavoro di tesi.

In questa sezione verrà presa in considerazione la possibilità di ridurre il rischio associato allo stock attraverso gli accordi con i fornitori, verrà svolta un'analisi inerente alla gestione del rischio e ai possibili vantaggi di cui potrebbe godere l'azienda attuando delle nuove strategie.

Verranno inoltre analizzati gli accordi con i fornitori, in quanto alcuni lead time definiti dagli stessi sono troppo alti per garantire un buon livello di servizio, volendo mantenere un livello di stock ottimale.

Verranno dunque analizzati alcuni tra i possibili scenari di riduzione del LT in cui cercheremo di quantificare l'effetto che una rinegoziazione avrebbe sullo stock, ciò è finalizzato ad avere una linea guida in fase di negoziazione con i fornitori.

## 3.2 Struttura dell'analisi

I tre temi principali della tesi verranno trattati attraverso una struttura a tre step.

Il primo step, lo **scenario attuale**, funge da introduzione.

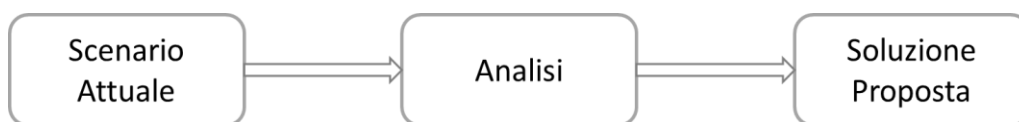
Qui il lettore verrà introdotto alla tematica trattata, verranno presentate le strategie e le tecniche di gestione attualmente in vigore. Ciò è finalizzato a facilitare la comprensione dell'analisi che verrà svolta nella sezione a seguire.

Il secondo step, l'**analisi**, ha il fine di identificare e analizzare gli aspetti che gravano maggiormente sul tema trattato.

Questa sezione ha il compito di mettere in evidenza i limiti, le criticità e le opportunità legate al modello di gestione e alle strategie attualmente in vigore, introdotte nello step precedente.

Il terzo step, la **soluzione proposta**, ha il fine di introdurre e descrivere i metodi e le strategie identificate come ottimali per rispondere alle esigenze emerse nello step precedente.

In questo blocco verranno presentati, ove quantificabili, i risultati ottenuti dalla simulazione dell'applicazione di queste nuove strategie e metodi.



*Figura 3.1: Struttura a tre step.*

L'obiettivo di questo approccio a tre step, rappresentato in *figura 3.1*, è quello di dare al lettore piena consapevolezza delle fasi che hanno costituito le analisi svolte.

Attraverso il primo step egli otterrà consapevolezza del tema trattato, il secondo gli porrà davanti le criticità e le opportunità identificate e il terzo, infine, servirà a proporre una potenziale nuova strategia, o metodo, da introdurre per migliorare lo scenario di partenza.

## 4. Stock & Service Level Optimum

Attraverso l'analisi a tre step verrà trattato il tema di Stock & Service Level Optimum, nelle pagine a seguire verranno introdotti i modelli e le strategie di gestione in uso, ne verranno evidenziate le criticità e successivamente saranno identificate le potenziali soluzioni per superare tali limiti.

### 4.1 Scenario Attuale

L'analisi, tema di questo capitolo, si baserà sui dati e sulle caratteristiche dello stock presente nel magazzino di riferimento per l'unità di produzione laser, PUL, sito a Collegno (TO), evidenziato in figura 4.1.

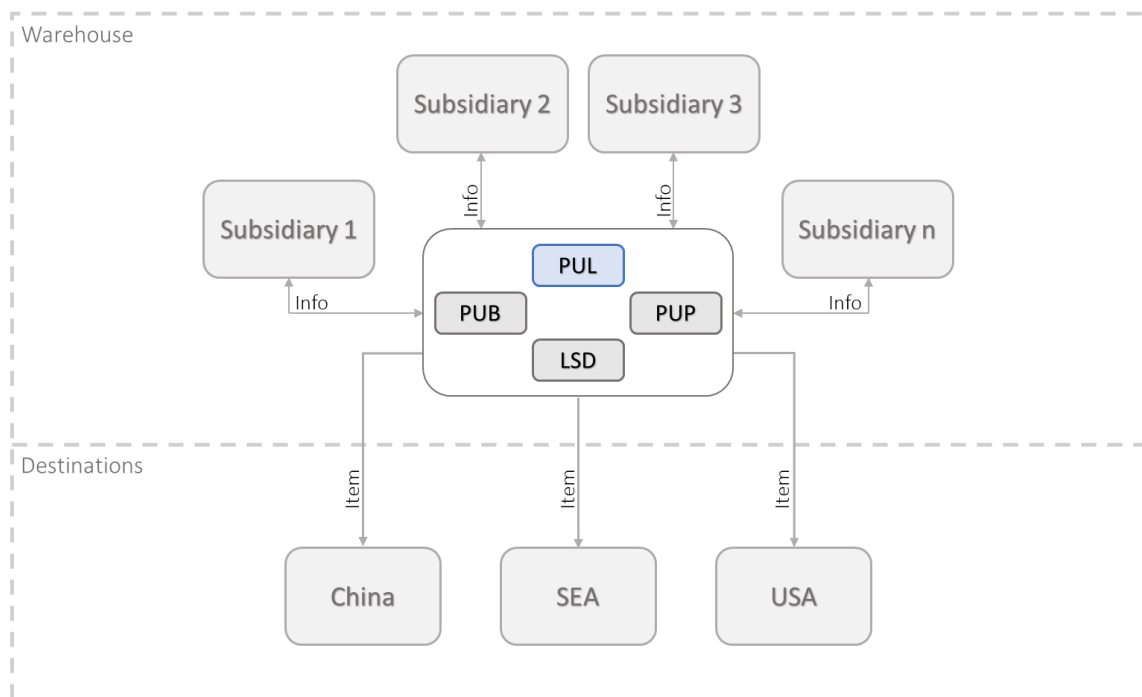


Figura 4.1: Focus su magazzino PUL da figura 2.2.

#### 4.1.1 Classificazione degli articoli

La gestione attuale dell'inventario, all'interno del magazzino considerato, si basa sulla suddivisione degli articoli immagazzinati in categorie, seguendo una doppia **classificazione ABC**.

La **classificazione ABC** è una procedura molto diffusa nella gestione dello stock, questa inizia con la definizione dei parametri da considerare, nel nostro caso faremo riferimento al **numero di uscite** e al **valore dello stock** di ogni articolo presente in magazzino.

Una volta definito il parametro di riferimento si procede a misurare l'impatto che i singoli articoli hanno sul totale.

Per quanto riguarda il primo, **il numero di uscite a cui l'articolo è sottoposto**, viene messo in relazione il valore relativo alle uscite di ogni singolo articolo con il valore dato dalla totalità degli articoli a magazzino, definiremo così l'**impatto percentuale** che ogni articolo ha sul totale delle uscite.

Gli articoli vengono ordinati in modo decrescente rispetto alla percentuale ottenuta, sommando alla percentuale del singolo articolo quelle degli articoli precedenti otterremo la **percentuale cumulata** per ogni item in lista, ovvero la percentuale totale relativa a tutti gli articoli fino a quello considerato.

Definiremo articoli di **Classe A** quelli che generano un totale pari al 70-80% delle uscite, di **Classe C** quelli che ne generano il 5-10% e i restanti articoli, posizionati tra le due classi, vengono considerati di **Classe B**.

Dopo aver classificato gli item rispetto alle uscite degli stessi, eseguiremo un'analisi analoga basandoci però sul **valore dello stock**.

Verranno definiti articoli di **Classe A** quelli che costituiscono un totale pari al 70-80% del valore dello stock, di **Classe C** quelli che ricoprono il 5-10% del valore e i restanti articoli apparterranno alla **Classe B**.

A partire da quest'analisi viene definito, per ogni articolo immagazzinato, un'etichetta composta da due lettere che richiamano sia la classificazione relativa alle uscite che quella relativa al valore dello stock.

L'etichetta non è fissa e varia rispetto all'andamento dei parametri, se le uscite di un articolo subiscono una diminuzione sufficientemente grande questo verrà declassato.

Attraverso l'utilizzo di una **matrice** vengono messe in relazione le due classificazioni e, ad ogni categoria identificata, viene assegnato un **livello di servizio nominale** a cui fare riferimento per la gestione dell'articolo.

La matrice è composta da righe, le quali si riferiscono al parametro delle uscite, e da colonne, le quali si riferiscono alla classificazione relativa al valore dello stock.

La matrice si presenta come mostrato in *tabella 4.1*.

		Valore Stock		
		A	B	C
Uscite	A	Service Level 3	Service Level 2	Service Level 1
	B	Service Level 5	Service Level 4	Service Level 3
	C	Service Level 7	Service Level 6	Service Level 5
	Fermo	Service Level 8	Service Level 8	Service Level 8

Tabella 4.1: Matrice di classificazione degli articoli.

In *tabella 4.1* è presente, oltre alle classi ABC per le uscite, anche la categoria “fermo”, con questa andiamo ad indicare tutti quegli **articoli che non subiscono movimentazioni da una cospicua quantità di tempo** e ai quali verrà assegnato un livello di servizio minimo.

Nella definizione dei livelli di servizio nominale, per le varie classi in *tabella 4.1*, possiamo notare come il valore più alto sia assegnato alla categoria CA, identificato dalla definizione “Service Level 1”, il valore più basso è invece assegnato alle tre categorie le cui uscite hanno classe “fermo”, identificato da “Service Level 8”.

La categoria CA gode del livello di servizio più alto poiché questa è composta da articoli caratterizzati da un gran numero di uscite e un basso valore a stock. Queste caratteristiche permettono di mantenere un livello di servizio nominale più alto in quanto il rischio di obsolescenza associato ad essi associato è relativamente basso.

Per gli stessi motivi la categoria AC, fermi esclusi, gode del livello di servizio più basso tra quelli considerati. Gli articoli contenuti in essa sono caratterizzati da un alto valore di stock e un basso numero di uscite, questo porta il rischio di obsolescenza ad essere superiore rispetto alle altre categorie.

Il livello di servizio nominale, assegnato ad ogni articolo, partendo dalla propria classe di appartenenza, avrà un ruolo chiave nella modalità di gestione utilizzata da Prima Power.

#### 4.1.2 Modalità di Gestione degli Articoli

Il modello di gestione attualmente utilizzato si basa su una variante del **modello EOQ** (Economic Order Quantity) sviluppata dagli operatori del magazzino al fine rendere il modello più adatto alle esigenze legate allo stock di riferimento.



Il **modello EOQ tradizionale** si basa su dei principi ben definiti che delineano una precisa strategia di gestione dello stock.

Il concetto di base dietro a questo modello è la definizione di un **Punto di Riordino, PUR**, quantità di stock alla quale emettere un ordine al fornitore, e del **Lotto Economico di Acquisto, LEA**, ovvero la quantità di pezzi più economica da acquistare per volta.

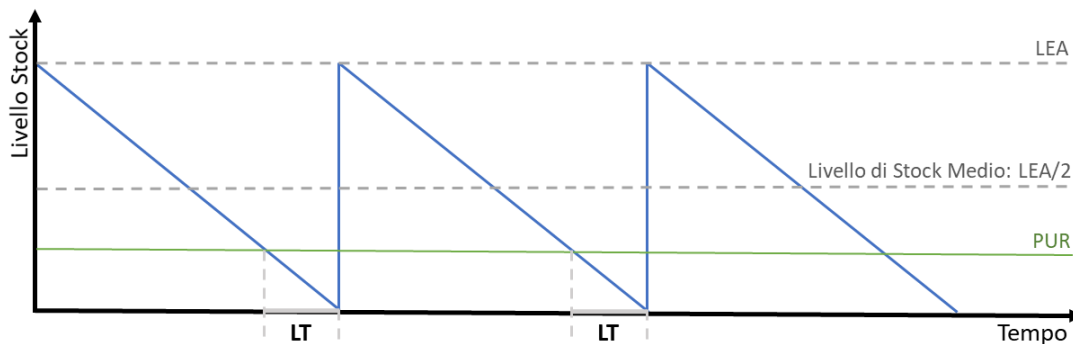


Figura 4.2: Andamento livello stock gestito con modello EOQ.

L'andamento dello stock sotto regime di gestione **EOQ** è rappresentato in *figura 4.2*, è possibile notare una riduzione dello stock nel tempo, legata al consumo, fino al raggiungimento del **PUR**, è qui che l'operatore emette un ordine presso il fornitore.

Il tempo impiegato dal fornitore per recapitare l'ordine è indicato come **LT**, ovvero **Lead Time**, trascorso questo periodo viene recapitata in magazzino la quantità ordinata, è importante considerare nel calcolo del **PUR** il consumo durante il **LT**, altrimenti si rischierebbe di non avere abbastanza scorte per rispondere alle richieste del cliente durante questo periodo di tempo.

La quantità recapitata dal fornitore, secondo il modello EOQ, è fissa ed è definita come **Lotto Economico d'Acquisto, LEA**, idealmente questa quantità corrisponde al **livello massimo raggiunto dallo stock** e di conseguenza **la sua metà è pari al livello di stock medio**.

Quella rappresentata in *figura 4.2* è una versione idealizzata del modello EOQ che prevede consumi costanti e ben noti. Questo permette una gestione che non prevede pezzi a stock in più rispetto al consumo effettivo, cosa impossibile in un contesto reale in cui la domanda è variabile e non è definita a priori.

Per poter rendere il modello più concreto è necessario introdurre il concetto di **livello di servizio** da considerare nel calcolo del **PUR**.

La definizione del **PUR** avviene come descritto in *formula 4.1*.

$$PUR = LT * Tc + SS$$

*Formula 4.1: Definizione del PUR.*

Analizzando la *formula 4.1* identifichiamo il prodotto  $LT * Tc$  come il quantitativo di pezzi necessario per garantire lo svolgimento delle funzioni aziendali durante il periodo di **Lead Time**. Questo valore deriva dal prodotto tra **LT**, espresso in giorni, e il consumo medio giornaliero dell'articolo **Tc**.

**SS** rappresenta la **scorta di sicurezza**, questa corrisponde alla quantità minima da mantenere in magazzino per ogni articolo ed ha un valore direttamente proporzionale al livello di servizio utilizzato.

Il valore della **SS** è calcolato a partire da *formula 4.2*.

$$SS = z * \sqrt{LT} * \sigma$$

*Formula 4.2: Definizione della scorta di sicurezza.*

È attraverso *formula 4.2* che il livello di servizio viene inglobato nel calcolo del punto di riordino. Nella formula,  $\sigma$  corrisponde alla deviazione standard del consumo,  $z$  è il coefficiente moltiplicativo da utilizzare per ottenere la percentuale di livello di servizio voluta, chiamata **F(z)**.

**F(z)** è un valore in funzione di  $z$ , i due parametri sono correlati tra loro come mostrato in *tabella 4.2*.

<b>z</b>	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75
<b>F(z)</b>	0,5	0,5987	0,6915	0,7734	0,8413	0,8944	0,9332	0,9599

<b>z</b>	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75
<b>F(z)</b>	0,9772	0,9878	0,9938	0,997	0,9987	0,9994	0,9998	0,9999

*Tabella 4.2: Relazione tra coefficienti z e livelli di servizio F(z).*

Considerando come  $d_i$  la domanda relativa ad un articolo nel periodo  $i$  e supponendo che i valori assunti da  $d$  siano disposti secondo una distribuzione normale, verrà identificata con  $\bar{d}$  la media di tutte le  $d$  osservate nei periodi considerati.

$F(z)$  è definita come la probabilità che la domanda  $d$  che si verificherà nel prossimo futuro sia minore, o uguale, alla somma tra la domanda media  $\bar{d}$  e il prodotto tra il coefficiente  $z$  e la deviazione standard  $\sigma_d$ , come rappresentato in *figura 4.3*.

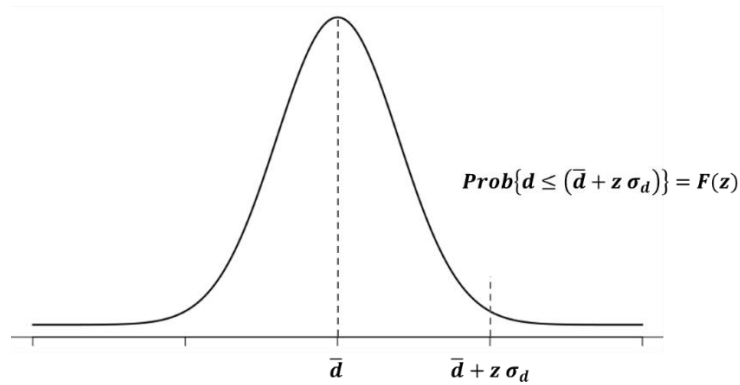


Figura 4.3: Distribuzione della domanda  $d$ .

$F(z)$  rappresenta dunque la probabilità di essere in grado di rispondere alla domanda che si sta per verificare.

Il modello EOQ tradizionale procede con la definizione del **LEA** che, combinato al valore ottimale di  $z$ , permetta di minimizzare i costi totali legati alla gestione dell'articolo.

Il modello in uso presso Prima Power si discosta dal modello EOQ tradizione per alcuni aspetti.

In primo luogo, non tutti gli articoli vengono gestiti con l'utilizzo del **PUR**, quelli soggetti ad una rotazione minore, essendo sottoposti a una domanda minore, avranno una soglia di riordino più bassa. Per le categorie AC, BC e CC verrà infatti definita la sola **Scorta di Sicurezza** e si provvederà a ripristinarla quando necessario.

Gli articoli classificati con la voce "fermo" per le uscite non vengono movimentati da un cospicuo periodo di tempo e quindi, spesso, la necessità di ripristinare tale scorta non si presenta affatto.

Per le altre classi di articoli il livello di servizio  $z$  non viene combinato al **LEA** per minimizzare i costi totali ma viene definito a priori, secondo la classificazione dell'articolo considerata all'interno della matrice presentata in *tabella 4.1*.

Il **PUR** identificato non viene utilizzato come parametro effettivo raggiunto il quale viene emesso un ordine ma come campanello. Nel momento in cui il livello di stock di un articolo raggiunge il **PUR** verrà inviata all'operatore una notifica, questo avrà il compito di analizzare l'andamento dello stock e far riferimento al proprio senso critico per definire l'emissione, o meno, dell'ordine.

Anche la quantità da riordinare è subordinata alla decisione dell'operatore, oltre che ai vincoli di quantità minima da acquistare imposti dal fornitore.

## 4.2 Analisi

Per poter identificare le criticità legate al modello in uso bisogna analizzare la composizione dello stock, verrà fatto dunque riferimento ai dati relativi all'anno solare 2019.

I valori indicati costituiscono soltanto dei riferimenti numerici in quanto i dati reali sono informazioni sensibili per l'azienda.

### 4.2.1 Valore dello Stock

Prendendo come riferimento le categorie di articolo definite in *tabella 4.1*, verrà analizzato il numero di pezzi immagazzinati al fine di identificare l'**impatto percentuale che ogni classe (AA, AB, AC, BA, BB, BC, CA, CB, CC) ha sul numero totale di pezzi in magazzino**, ciò è finalizzato a comprendere la distribuzione dello stock per ogni categoria di articoli.

Il risultato di questa indagine è riportato in *tabella 4.3*.

		Valore Stock			
		A	B	C	TOT
Uscite	A	12,9%	26,3%	22,8%	<b>62%</b>
	B	2,8%	3,1%	11,4%	<b>17%</b>
	C	2,1%	8,4%	10,2%	<b>21%</b>
	TOT	<b>18%</b>	<b>38%</b>	<b>44%</b>	

Tabella 4.3: Percentuale di pezzi a stock per ogni classe sul totale dei pezzi.

Come prevedibile, la **maggior parte dei pezzi immagazzinati è costituito da quelli caratterizzati da uscite di classe A**, ciò è comprensibile poiché, essendo alta la domanda relativa agli articoli di questa categoria, il livello di servizio nominale medio ad essi associato ha un valore elevato e questo genera un alto livello d'inventario medio.

Al fine di procedere con le analisi inerenti al valore dello stock legato ad ogni classe, verrà introdotto un **valore totale di riferimento per lo stock medio del 2019, pari a € 10.000.000,00**.

Prendendo in considerazione il valore di ogni singolo articolo immagazzinato per ogni classe e mettendo questi valori in relazione al valore totale dello stock, possiamo calcolare **l'impatto economico percentuale delle singole classi sul valore totale immobilizzato**.

		Valore Stock			
		A	B	C	TOT
Uscite	A	8,60%	0,50%	0,10%	9%
	B	20,00%	2,00%	0,50%	23%
	C	57,60%	8,30%	2,40%	68%
	TOT	86%	11%	3%	

Tabella 4.4: Percentuale del valore totale dello stock per ogni classe.

Il primo aspetto che risalta da *tabella 4.4* è che **la maggior parte del valore dello stock sia costituito dagli articoli di classe AC** i quali sono caratterizzati da un alto valore a magazzino, derivante da un alto costo unitario medio, oltre che da un basso numero di uscite.

Il fatto che l'86% del valore totale dello stock appartenga agli articoli di classe AA, AB e AC è più che comprensibile, visto la loro classificazione, eppure lo sbilanciamento nato dal paragone tra queste tre classi è motivo di analisi.

L'impatto di questa categoria sul valore totale dello stock è del tutto sproporzionato rispetto alle altre, è dunque possibile che il metodo di gestione utilizzato risulti inappropriato per questa categoria di articoli.

Il valore a stock degli articoli di Classe AC nel 2019 risulta essere pari a **€5.760.000,00**. Questa cifra ricopre il 57,60% del valore totale a stock con un numero di pezzi che costituisce appena il 2,1% del totale in magazzino.

Ad un alto livello di valore di stock sono correlati diversi possibili rischi, in particolare **risulta necessario ridurre i rischi legati all'obsolescenza e alla svalutazione dei pezzi**, per ottenere questo risultato bisogna ridurre il livello di capitale immagazzinato per questa categoria.

## 4.2.2 Struttura del Modello

Il modello in uso presenta una grossa limitazione derivante dalla sua struttura.

Questa è presente in quanto nel modello attuale il **punto di riordino**, o **scorta di sicurezza** a dipendenza della categoria di riferimento, viene calcolata a partire da un livello di servizio definito a priori. Il **costo totale annuo legato alla gestione dell'articolo** è calcolato di conseguenza.

Il modello EOQ tradizionale prevede invece una definizione del **PUR** e del **LEA** a partire dal costo totale, per fare in modo che la loro combinazione minimizzi tale costo. Il metodo d'approccio utilizzato quantifica invece il costo totale in funzione di **PUR** e **LEA** definiti a priori.

Questo tipo di approccio non permette all'operatore di conoscere i valori che il costo totale assumerebbe al variare dei due parametri di riferimento. Non potendo visualizzare questi valori l'operatore non ha consapevolezza dei possibili vantaggi che potrebbero derivare dalla scelta di parametri diversi.

Per superare questa limitazione si procederà con l'**introduzione di uno strumento ausiliario** che permetta all'operatore di avere davanti un quadro completo di tutti gli scenari che si avrebbero al variare dei valori di **PUR** e **LEA**.

L'introduzione di tale strumento gli permetterà di identificare i parametri migliori per ogni categoria di articolo, questo potrebbe portare ad un notevole miglioramento delle prestazioni del magazzino.

## 4.2.3 Identificazione dei Costi Totali

Nella sezione precedente era stato introdotto il concetto di **costo totale annuo legato alla gestione del singolo articolo**, questo consiste nel costo a cui far fronte in un anno solare per la gestione, l'acquisto e l'immagazzinamento dell'articolo.

Nella sezione precedente erano state evidenziate le limitazioni derivanti dal calcolare tale costo dopo aver scelto i valori di **PUR** e **LEA** a priori.

Nei paragrafi a seguire verrà invece analizzato il metodo con cui i costi vengono calcolati in quanto, pur essendo quantificati a posteriori, rappresentano comunque una misura importante.

$$C_{tot} = C_{imm} + C_p$$

Formula 4.3: Calcolo del costo totale nel modello in uso presso Prima Power.

Come riportato in *formula 4.3*, le uniche due tipologie di costi presi in considerazione sono il **costo d'immobilizzo**,  $C_{imm}$ , e il **costo degli articoli acquistati**,  $C_p$ .

Possiamo identificare due problematiche legate alla superficialità di *formula 4.3*.

La prima deriva dal fatto che **non è contemplato il costo di emissione dell'ordine**, il rischio legato a quest'assenza è la mancata considerazione dell'impatto che ha l'emissione di un ordine sul costo totale di gestione dell'articolo.

Questo valore risulta fondamentale per capire la giusta quantità da riordinare in modo da trovare il **giusto compromesso tra costi d'immobilizzazione e costi di riordino**.

Non considerare l'onere legato all'ordine potrebbe causare un eccesso di ordini di piccole dimensioni non accorgendosi dell'effetto che questa strategia ha sul costo totale.

Questo concetto è alla base del **modello EOQ** (*Economic Order Quantity*), come rappresentato in *figura 4.4*.

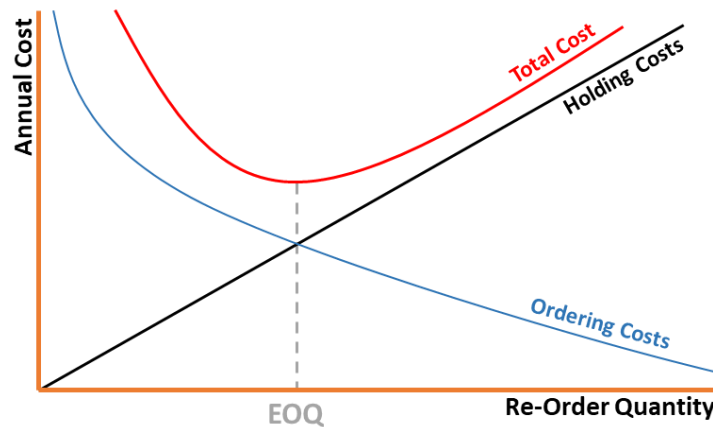


Figura 4.4: EOQ considerando oneri di emissione dell'ordine e costo d'immobilizzazione.

In *figura 4.4* viene mostrato come **a basse quantità di riordino corrispondano alti costi di emissione dell'ordine e bassi costi d'immobilizzazione**, ciò è dovuto al fatto che ordinando esigue quantità di un articolo questo sarà caratterizzato da un basso livello di stock medio.

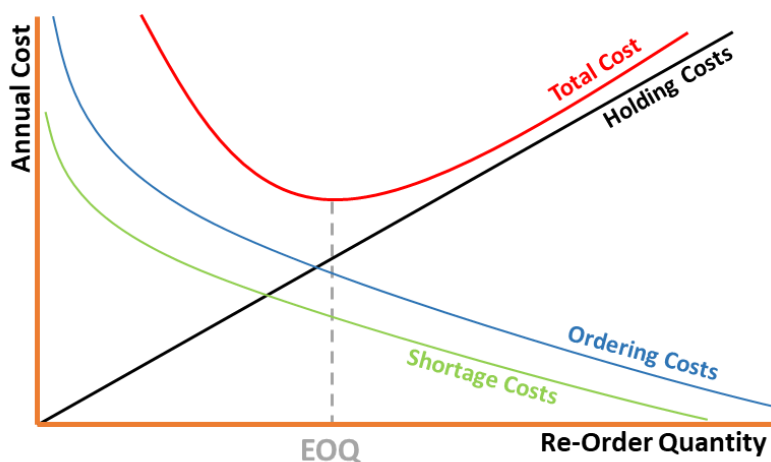
Questa pratica causerà infatti la necessità di emettere più ordini durante l'anno.

D'altro canto, effettuare ordini di grandi quantità genera una riduzione dei costi di emissione degli ordini, causando però un aumento del costo d'immobilizzo.

La giusta quantità da ordinare, riportata in *figura 4.4* come “**Economic Order Quantity**”, viene definita a partire dalla combinazione di costi d'immobilizzo, in nero, e di emissione dell'ordine, in blu, e permette di minimizzare il costo totale associato alla gestione articolo.

La seconda criticità identificata è quella che riguarda l'**assenza del costo di shortage nel calcolo del costo annuo totale**. Questo costo è legato alla probabilità di non avere a stock un articolo quando questo viene richiesto da un cliente e ci dà un'indicazione sull'impatto economico che questa evenienza avrebbe sul costo totale della gestione dell'articolo stesso.

In *figura 4.5* verrà aggiunto questo parametro al modello EOQ, introdotto in *figura 4.4*.



*Figura 4.5: EOQ considerando oneri di emissione dell'ordine, costo d'immobilizzazione e costo di shortage.*

Introducendo il costo di shortage nel calcolo del costo totale, come in figura, sarebbe possibile quantificare il costo legato alla probabilità di shortage di ogni articolo, derivante dal livello di servizio.

Quantificare tale grandezza renderebbe possibile capire l'impatto economico complessivo che si verificherebbe al variare del livello di servizio associato ad ogni classe di articoli.

L'obiettivo definito in questa sezione prevede l'introduzione dei parametri di costo di emissione dell'ordine e del costo di shortage nel calcolo del costo totale annuo associato alla gestione di ogni singolo articolo.



## 4.3 Soluzione Proposta

Nella sezione precedente abbiamo identificato le principali criticità del modello di gestione attuale, è emerso come queste siano principalmente tre:

1. Valore dello stock;
2. Struttura del modello;
3. Modalità di calcolo del costo totale.

Nei paragrafi a seguire verranno introdotte le soluzioni proposte per il superamento dei limiti individuati.

Si interverrà sulla prima criticità **identificando la strategia migliore per poter ridurre il valore dello stock appartenente alla categoria AC**, riducendo così il rischio di obsolescenza e svalutazione ad essa legati.

Una volta identificata la strategia migliore verrà utilizzato un modello simulativo per vedere il potenziale effetto generato dall'adozione di questa strategia.

Per risolvere la seconda criticità **verrà introdotto un modello Excel basato sul modello EOQ tradizionale**, da affiancare al sistema di gestione attuale, il quale permetterà di avere una visione più ampia dei possibili scenari derivanti dai valori assunti da **PUR** e **LEA**.

Questo modello **analizzerà anche i costi includendo i due grandi esclusi**, ovvero il costo di shortage e quello di emissione dell'ordine, risolvendo così anche la terza criticità individuata.

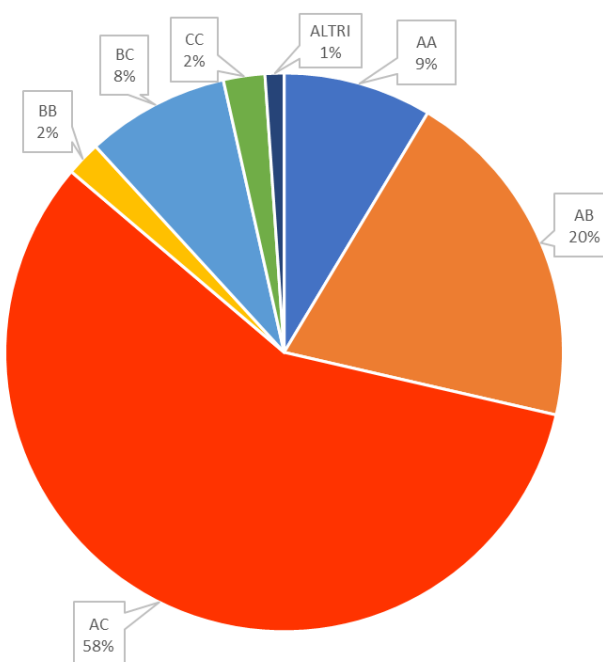
### 4.3.1 Riduzione del Valore Immobilizzato per la classe AC

Questa sezione si pone l'obiettivo di proporre una soluzione per i problemi relativi al valore dello stock.

Erano stati evidenziati lo sbilanciamento relativo alla percentuale del valore totale dello stock che fa riferimento alla classe AC, pari al 57,6% del totale, valore raggiunto con un numero di articoli pari ad appena il 2,1% del totale dei pezzi immagazzinati.

Per la categoria AC era stato identificato un **valore di riferimento per lo stock medio pari a €5.760.000,00**.

La suddivisione del valore totale immagazzinato dalle varie categorie è rappresentata attraverso un diagramma a torta riportata in *figura 4.6*.



*Figura 4.6: Grafico a torta rappresentate la suddivisione del valore totale dello stock tra le varie classi di articoli.*

L'obiettivo di questa sezione consiste nel ridurre il valore immobilizzato relativo alla classe AC, il primo passo da compiere in questa direzione è la **definizione della strategia da seguire**.

Attraverso una serie di riunioni ed analisi, il team di gestione del magazzino PUL ha definito una serie di **obiettivi minimi** da raggiungere attraverso l'attuazione della nuova strategia, sono state identificate in particolare la necessità di:

1. Ridurre di almeno il 40% il valore immobilizzato dalla classe AC;
2. Garantire un livello di servizio effettivo pari ad almeno 75%;

Tra le alternative considerate abbiamo deciso di **simulare un abbassamento del livello di servizio nominale della classe AC** al fine di capire se questo tipo di soluzione possa rispettare gli obiettivi minimi stabiliti.

Il primo passo è stata la **creazione di un modello simulativo dell'andamento dello stock** su base mensile, atto a stimare gli effetti che la riduzione del livello di servizio nominale avrebbe sulla classe AC.

Il modello è stato sviluppato e il suo funzionamento verrà esposto nei paragrafi a seguire, in giallo sono rappresentati i campi in cui inserire manualmente un parametro, in grigio quelli calcolati automaticamente dal modello.

Il primo passo consiste nell'**inserimento dei dati inerenti al consumo mensile del pezzo di classe AC** per determinare la strategia di riordino, la simulazione valuterà l'andamento dello stock rispetto alla domanda verificatasi durante il 2019.

Per rendere più affidabile la simulazione dobbiamo supporre che la domanda relativa al 2019 non si fosse ancora verificata e quindi utilizzeremo come riferimento per definire la strategia di riordino quella registrata nel 2018.

In *figura 4.7* è riportata una fotografia dei campi di input inerenti al consumo mensile.

CONSUMO MENSILE													
Mese:	Mese 1	Mese 2	Mese 3	Mese 4	Mese 5	Mese 6	Mese 7	Mese 8	Mese 9	Mese 10	Mese 11	Mese 12	Mese 13
Quantità:	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
SD:	0,599145	pz											

*Figura 4.7: Input consumo mensile dei 13 mesi al periodo di simulazione.*

La deviazione standard del consumo verrà calcolata in maniera automatica, successivamente si procederà con l'inserimento del **lead time del fornitore**, come mostrato in *figura 4.8*.

CLASSE CA			
LEAD TIME:	65	giorni	
LEAD TIME FORMULA:	64	giorni	
Consumo Annuale (Q0):	3	pz/anno	
Mesi con consumo:	2	pz/anno	
<b>z</b>	<b>F(z)</b>	<b>p<sub>s</sub></b>	<b>SS</b>
#####	#####	#####	#####

*Figura 4.8: Input LT del fornitore e calcolo della SS.*

Dopo l'inserimento del LT il modello simulativo calcolerà autonomamente la **scorta di sicurezza** indicata per l'articolo di classe AC, il calcolo verrà svolto adoperando la *formula 4.2*.

In figura sono presenti dei dati censurati, questo è dovuto al fatto che il livello di servizio scelto per una classe di articoli costituisce un'informazione sensibile per Prima Power e quindi non può essere riportata.

Partendo dai parametri identificati fin ora è possibile procedere alla simulazione dell'andamento dello stock, qui verrà fatto riferimento ai dati reali della domanda dell'anno solare 2019 per il pezzo considerato.

La simulazione viene svolta attraverso la *tabella 4.5*, questa è capace di identificare la necessità di riordino ed emettere un ordine di dimensioni fisse aggiornando costantemente il livello di stock.

SIMULAZIONE STOCK 2019					
Mese	Uscite	Entrate	Ordini	SS	Stock
0			1	####	#####
1	0	0	0	####	#####
2	0	0	0	####	#####
3	1	2	0	####	#####
4	2	0	1	####	#####
5	0	0	0	####	#####
6	0	0	0	####	#####
7	0	2	0	####	#####
8	0	0	0	####	#####
9	0	0	0	####	#####
10	1	0	1	####	#####
11	0	0	0	####	#####
12	0	0	0	####	#####
13	0	1	0	####	#####

<b>Numero di Pezzi in Backorder:</b>	1
--------------------------------------	---

*Tabella 4.5: Percentuale del valore totale dello stock per ogni classe.*

La tabella prende traccia dell'andamento dello stock e registra:

1. Livello di stock medio;
2. Livello di stock finale;
3. Numero di Shortage verificatisi (in numero di pezzi);

I dati raccolti sono sufficienti per calcolare il valore dello stock medio che sarebbe stato ottenuto durante il 2019 per l'articolo analizzato con il nuovo livello di servizio nominale.

Queste informazioni vengono salvate nella riga di una tabella, in particolare ogni riga rappresenta un articolo diverso.

Per ottenere il risultato complessivo dell'impatto sul valore dello stock medio della classe AC dobbiamo eseguire quest'analisi per ogni item appartenente alla categoria, risulta quindi necessario adattare i dati di input al formato richiesto dall'analisi.

Il primo passo è stato quello di **estrarre dal registro delle transazioni tutte le richieste di acquisto degli articoli di categoria AC da parte dei clienti**, dopo aver eseguito questa estrazione abbiamo raggruppato gli ordini in gruppi mensili.

Abbiamo inserito gli ordini mensili in una tabella in cui veniva indicato anche il numero di serie, lo stock di partenza del 2019, il LT, il prezzo unitario e il valore dello stock medio, per ogni articolo.

Questi dati sono sufficienti per permettere alla *tabella 4.5* di svolgere le sue simulazioni.

Essendo gli articoli AC circa 700, svolgere l'inserimento dei singoli dati a mano risultava un'operazione molto lenta e macchinosa, è stata sviluppata quindi una **macro, basata su VBA, capace di inserire automaticamente questi valori nella tabella di simulazione e riportare i risultati su di un'altra tabella riepilogativa.**

La macro si presenta come riportato nelle due figure a seguire.

```
1 Sub Macro2 ()
2 ' Macro2 Macro
3
4 Dim riga As Integer
5 riga = 3
6
7 'copia in CA
8
9 While (riga < 557)
10
11
12 Sheets("Input (Sign)").Select
13 Range("D" & riga).Select
14 Application.CutCopyMode = False
15 Selection.Copy
16 Sheets("CA").Select
17 Range("G24").Select
18 Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
19 :=False, Transpose:=False
20
21
22 Sheets("Input (Sign)").Select
23 Range("F" & riga).Select
24 Application.CutCopyMode = False
25 Selection.Copy
26 Sheets("CA").Select
27 Range("C11").Select
28 Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
29 :=False, Transpose:=False
30
31
32 Sheets("Input (Sign)").Select
33 Range("G" & riga).Select
34 Application.CutCopyMode = False
35 Selection.Copy
36 Sheets("CA").Select
37 Range("C5").Select
38 Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
39 :=False, Transpose:=False
```

Figura 4.9: Macro di auto inserimento, parte 1.

```

40
41     Sheets("Input (Sign)").Select
42 Range("h" & riga).Select
43 Application.CutCopyMode = False
44 Selection.Copy
45 Sheets("CA").Select
46 Range("d5").Select
47 Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
48     :=False, Transpose:=False
49
50 Sheets("Input (Sign)").Select
51 Range("i" & riga:"s"& riga).Select
52 Application.CutCopyMode = False
53 Selection.Copy
54 Sheets("CA").Select
55 Range("e5:io5").Select
56 Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
57     :=False, Transpose:=False
58
59     Sheets("CA").Select
60 Range("C40").Select
61 Selection.Copy
62 Sheets("Risultati").Select
63 Range("G" & riga).Select
64 Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
65     :=False, Transpose:=False
66
67 ' Copia in risultati
68
69
70 Sheets("CA").Select
71 Range("G37").Select
72 Selection.Copy
73 Sheets("Risultati").Select
74 Range("E" & riga).Select
75 Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
76     :=False, Transpose:=False
77
78
79 Sheets("CA").Select
80 Range("L23").Select
81 Application.CutCopyMode = False
82 Selection.Copy
83 Sheets("Risultati").Select
84 Range("D" & riga).Select
85 Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
86     :=False, Transpose:=False
87
88     riga = riga + 1
89
90 Wend
91
92 Sheets("CA").Select
93 Range("a1").Select
94
95 Sheets("Risultati").Select
96 Range("a1").Select
97
98 Sheets("Input (Sign)").Select
99 Range("a1").Select
100
101
102
103 End Sub
104

```

Figura 4.10: Macro di auto inserimento, parte 2.

L'architettura della macro prevede un **ciclo *While*** definito dalla **variabile intera "riga"**, questa variabile subirà un incremento alla fine di ogni ciclo.

Attraverso la variabile "riga" verrà identificata la riga di riferimento nella tabella contenente le informazioni relative a tutti gli articoli di categoria AC, partendo dal presupposto che ad ogni riga corrisponde un articolo differente, la variabile assumerà tutti i valori compresi tra 3 (posizione sul foglio di calcolo della prima riga della tabella) e 700 (numero di articoli + 3).

La prima parte del ciclo, che termina a riga 65 in *figura 4.10*, provvederà a inserire i dati di input nella tabella di simulazione, la tabella eseguirà le sue computazioni e, successivamente, la parte restante della macro sposterà i risultati in una seconda tabella riepilogativa.

Grazie all'utilizzo della macro vengono riportati, **nella tabella riepilogativa**, i seguenti valori per ogni articolo:

1. Stock finale al nuovo livello di servizio nominale;
2. Stock medio al nuovo livello di servizio nominale;
3. Percentuale di backorder.

La tabella riepilogativa riporta dunque le informazioni relative ad ogni articolo, mettendo in relazione lo **stock medio, ottenuto con il nuovo livello di servizio nominale**, con il **valore del singolo pezzo** è possibile identificare il **valore dello stock medio relativo a quel pezzo**.

È anche possibile calcolare la **percentuale di shortage per ogni articolo** mettendo in relazione il totale dei pezzi ordinati nell'anno e il numero di richieste che non è stato possibile soddisfare.

### **4.3.2 Risultati Attesi sul Valore Immobilizzato dalla classe AC**

Mettendo in relazione i singoli valori individuati **possiamo identificare l'impatto che la variazione del livello di servizio nominale ha sull'intera categoria AC**.

Il primo aspetto considerato è la **riduzione del valore immobilizzato**.

La condizione di partenza prevedeva un **valore indicativo di riferimento di €5.760.000,00** immobilizzati dai pezzi di classe AC, questa cifra costituisce il 57,6% del valore immobilizzato a magazzino totale.

L'obiettivo prevedeva una riduzione minima di questo valore pari ad almeno il 40%.

La **riduzione percentuale ottenuta dalla simulazione corrisponde al 49%**, questo valore identifica una **riduzione di € 2.822.400,00** di valore immagazzinato a fine anno, ovvero una **riduzione del 28% sul capitale totale**.

Nel grafico a torta riportato in *figura 4.11* viene applicata graficamente la riduzione identificata sullo scenario di partenza che era stato rappresentato attraverso la *figura 4.6*.

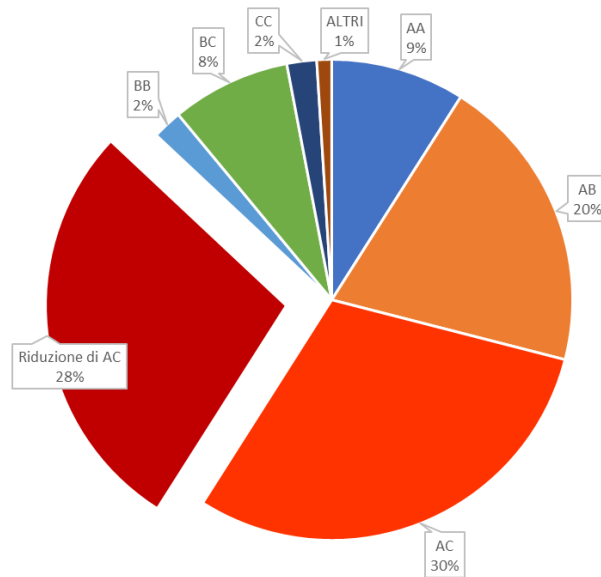


Figura 4.11: Riduzione del valore dello stock medio di AC rispetto alla condizione di partenza riportata in figura 4.6.

Il primo obiettivo, riduzione di almeno 40% del capitale immobilizzato a fine anno da AC, è stato raggiunto con un buon margine, valutiamo adesso il nostro secondo obiettivo, il **mantenimento di un livello di servizio effettivo di almeno 75%**.

Per validare il raggiungimento di questo obiettivo verrà quantificata la probabilità di shortage effettiva per la categoria AC.

$$ps_e = \frac{R_s}{R}$$

Formula 4.4: Definizione della probabilità di shortage.

Applicando la *formula 4.4* allo scenario considerato, associamo a **R** il numero di richieste di acquisto da parte dei clienti ricevute durante l'anno solare 2019, **R<sub>s</sub>** rappresenta il numero di queste richieste che, per mancanza di stock, non hanno potuto essere soddisfatte.

Per definire il **livello di servizio effettivo relativo alla classe AC**, si farà riferimento al fatto che il livello di servizio **F(z)** è il complementare della probabilità di shortage **ps<sub>e</sub>**, come mostrato in *formula 4.5*.

$$F(z)_e = 1 - ps_e$$

Formula 4.5: Relazione tra livello di servizio effettivo e probabilità di shortage effettiva.

**Il livello di servizio effettivo ottenuto con l'introduzione del nuovo livello di servizio nominale è pari all'80.6%, il valore obiettivo era pari ad almeno 75%.**





I parametri di **costo del pezzo** e **tempo di approvvigionamento**, che corrisponde al LT, sono caratteristiche relative all'articolo, quindi dati conosciuti a priori.

I parametri di **onere dell'ordine**, **costo d'immobilizzazione** e **costo medio del sottoscorta (shortage)** sono stati individuati analiticamente dal team di gestione del magazzino.

La definizione di questi campi sancisce la fine della fase di input in quanto, al fine di calcolare PUR, LEA e costo totale associato alla combinazione tra questi due valori, i campi inseriti risultano sufficienti.

#### 4.3.4 Modello EOQ: Elaborazione dei dati

In questa fase il modello provvederà ad elaborare i dati di input per fornire il risultato desiderato.

Il modello fa riferimento ad una tabella ottenuta partendo dalla *tabella 4.2*, a questa è stata aggiunta una riga riportante la **probabilità di shortage ps** associata ad ogni combinazione di **z** e **F(z)** al fine di far risaltare questo parametro, l'associazione è mostrata in *tabella 4.6*.

<b>z</b>	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75
<b>F(z)</b>	0,5	0,5987	0,6915	0,7734	0,8413	0,8944	0,9332	0,9599
<b>ps</b>	50,00%	40,13%	30,85%	22,66%	15,87%	10,56%	6,68%	4,01%

<b>z</b>	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75
<b>F(z)</b>	0,9772	0,9878	0,9938	0,997	0,9987	0,9994	0,9998	0,9999
<b>ps</b>	2,28%	1,22%	0,62%	0,30%	0,13%	0,06%	0,02%	0,01%

Tabella 4.6: Relazione tra coefficienti z, livelli di servizio F(z) e probabilità di shortage.

Il primo valore identificato è il **PUR**, il modello non restituirà un valore univoco ma **un diverso punto di riordino associato ad ogni livello di servizio F(z)** attraverso l'utilizzo del coefficiente **z** ad esso correlato.

La relazione che lega il coefficiente **z** e il **PUR** è riportata in *formula 4.6*.

$$z = \frac{PUR - C_{ma}}{\sigma_c}$$

Formula 4.6: Relazione tra coefficiente z e punto di riordino.

Attraverso *formula 4.6* siamo in grado di definire il **PUR** a partire dal coefficiente **z**, tenendo in considerazione i valori di **C<sub>ma</sub>** e **σ<sub>c</sub>**.

$C_{ma}$  rappresenta il consumo medio durante il lead time del fornitore, questo viene calcolato a partire dal consumo annuale  $Q_0$  e dal  $LT$ , riportato in giorni, viene inoltre considerata una durata annuale di 360 giorni.

$$C_{ma} = \frac{Q_0}{360} * LT$$

Formula 4.7: Definizione del consumo medio durante il  $LT$ .

$\sigma_c$  rappresenta invece la deviazione standard del consumo durante il periodo di  $LT$ , viene ottenuto a partire dalla varianza del consumo mensile  $\sigma^2$ , dal  $LT$ , espresso in giorni e viene considerata una durata mensile di 30 giorni.

$$\sigma_c = \sqrt{Ta * \frac{\sigma^2}{30}}$$

Formula 4.8: Definizione della deviazione standard del consumo medio durante il  $LT$ .

Utilizzando la relazione riportata in formula 4.6 è possibile definire, partendo dai parametri iniziali, i **PUR** relativi ad ogni livello di servizio  $F(z)$ , il risultato ottenuto si presenta sotto forma di tabella ed è rappresentato in tabella 4.7.

<b>z</b>	<b>F(z)</b>	<b>p<sub>s</sub></b>	<b>PUR</b>
0	0,5	50,00%	855,97
0,25	0,5987	40,13%	921,01
0,5	0,6915	30,85%	986,04
0,75	0,7734	22,66%	1051,08
1	0,8413	15,87%	1116,11
1,25	0,8944	10,56%	1181,15
1,5	0,9332	6,68%	1246,18
1,75	0,9599	4,01%	1311,21
2	0,9772	2,28%	1376,25
2,25	0,9878	1,22%	1441,28
2,5	0,9938	0,62%	1506,32
2,75	0,997	0,30%	1571,35
3	0,9987	0,13%	1636,38
3,25	0,9994	0,06%	1701,42
3,5	0,9998	0,02%	1766,45
3,75	0,9999	0,01%	1831,49

Tabella 4.7: Relazione tra coefficienti  $z$ , livelli di servizio  $F(z)$ , probabilità di *shortage* e punto di riordino corrispondente.

Dopo aver identificato i vari Punti di Riordino, per ogni livello di servizio nominale, il modello procede con il calcolo del **costo totale annuo** associato ad ogni valore assunto dal **PUR**, in combinazione con i vari dimensionamenti del lotto di riordino **L**.

La quantità da riordinare che genera il costo minore corrisponde al **LEA**.

Il **costo totale** è composto da **quattro macro-gruppi**, il costo d'immobilizzazione  $C_{imm}$ , quello di acquisto,  $C_a$ , quello di shortage  $C_{sh}$  e quello relativo al costo dei pezzi acquistati  $C_p$ .

$$C_{tot} = C_{imm} + C_a + C_{sh} + C_p$$

*Formula 4.9: Suddivisione dei costi totali in macrocategorie.*

Le quattro macrocategorie di costo possono essere scomposte in parametri semplici che sono stati definiti negli step precedenti del modello, questa scomposizione è riportata in *formula 4.10*.

$$C_{tot} = \left( PUR - C_{ma} + \frac{L}{2} \right) pi + \frac{Q_0}{L} a + p_s \frac{Q_0}{L} c_s + p Q_0$$

*Formula 4.10: Scomposizione dei costi totali in parametri semplici.*

In *formula 4.10* viene fatto riferimento ai parametri già definiti in precedenza ai quali vengono aggiunti:

- **L**, lotto di riordino;
- **p**, costo del singolo pezzo;
- **pi**, costo di immobilizzo;
- **a**, costo di emissione dell'ordine;
- **c<sub>s</sub>**, costo di shortage.

La formula del costo totale può assumere diversi valori a dipendenza della combinazione di **PUR** e **L** di riferimento.

### 4.3.5 Modello EOQ: Visualizzazione dei risultati

Per garantire flessibilità agli operatori di riferimento, il modello mostrerà il costo totale associato alle combinazioni dei valori di **PUR**, identificati in precedenza, con i possibili valori di grandezza del lotto di riordino **L**.

Il modello Excel restituisce all'utente una matrice che evidenzia le combinazioni che generano un costo totale minore per ogni livello di servizio di riferimento.

La matrice utilizza i **PUR** identificati per ogni livello di servizio, riportati in *tabella 4.7*, e fornisce all'operatore una gestione dinamica dei valori di **L**.

La matrice è composta da sedici righe, riportanti i valori di **PUR**, e da 50 colonne che accolgono i valori di **L**, la definizione dei valori da fare assumere alle colonne è in mano all'operatore, è infatti possibile indicare il valore di **L** di partenza da utilizzare (che verrà assegnato alla prima colonna) e l'incremento da eseguire tra una colonna e quella successiva.

Nell'esempio riportato in *tabella 4.8*, è stata presa una sezione della matrice composta da 8 colonne su 50, qui il valore iniziale è stato definito a 2780 pezzi e l'incremento tra una colonna e l'altra è stato impostato a +1.

z	F(z)	PUR	L							
			2780	2781	2782	2783	2784	2785	2786	2787
0	0,5	855,97	44.105,10 €	44.105,09 €	44.105,07 €	44.105,06 €	44.105,04 €	44.105,03 €	44.105,01 €	<b>44.105,00 €</b>
0,25	0,5987	921,01	44.099,00 €	44.098,99 €	44.098,97 €	44.098,96 €	44.098,95 €	44.098,94 €	44.098,93 €	<b>44.098,92 €</b>
0,5	0,6915	986,04	44.093,45 €	44.093,44 €	44.093,43 €	44.093,43 €	44.093,42 €	44.093,41 €	44.093,40 €	<b>44.093,39 €</b>
0,75	0,7734	1051,08	44.088,94 €	44.088,93 €	44.088,93 €	44.088,92 €	44.088,92 €	44.088,91 €	44.088,91 €	<b>44.088,90 €</b>
1	0,8413	1116,11	44.085,75 €	44.085,75 €	44.085,75 €	44.085,74 €	44.085,74 €	44.085,74 €	44.085,73 €	<b>44.085,73 €</b>
1,25	0,8944	1181,15	44.083,97 €	44.083,97 €	44.083,97 €	44.083,97 €	44.083,97 €	44.083,96 €	44.083,96 €	<b>44.083,96 €</b>
1,5	0,9332	1246,18	44.083,54 €	<b>44.083,54 €</b>	44.083,54 €	44.083,54 €	44.083,54 €	44.083,54 €	44.083,54 €	44.083,54 €
1,75	0,9599	1311,21	<b>44.084,26 €</b>	44.084,27 €	44.084,27 €	44.084,27 €	44.084,27 €	44.084,27 €	44.084,27 €	44.084,27 €
2	0,9772	1376,25	<b>44.085,88 €</b>	44.085,88 €	44.085,88 €	44.085,88 €	44.085,88 €	44.085,88 €	44.085,89 €	44.085,89 €
2,25	0,9878	1441,28	<b>44.088,12 €</b>	44.088,13 €	44.088,13 €	44.088,13 €	44.088,13 €	44.088,13 €	44.088,13 €	44.088,14 €
2,5	0,9938	1506,32	<b>44.090,81 €</b>	44.090,81 €	44.090,81 €	44.090,81 €	44.090,81 €	44.090,82 €	44.090,82 €	44.090,82 €
2,75	0,997	1571,35	<b>44.093,75 €</b>	44.093,76 €	44.093,76 €	44.093,76 €	44.093,76 €	44.093,77 €	44.093,77 €	44.093,77 €
3	0,9987	1636,38	<b>44.096,85 €</b>	44.096,85 €	44.096,85 €	44.096,85 €	44.096,85 €	44.096,86 €	44.096,86 €	44.096,86 €
3,25	0,9994	1701,42	<b>44.100,03 €</b>	44.100,03 €	44.100,04 €	44.100,04 €	44.100,04 €	44.100,04 €	44.100,04 €	44.100,05 €
3,5	0,9998	1766,45	<b>44.103,24 €</b>	44.103,25 €	44.103,25 €	44.103,25 €	44.103,25 €	44.103,26 €	44.103,26 €	44.103,26 €
3,75	0,9999	1831,49	<b>44.106,49 €</b>	44.106,49 €	44.106,49 €	44.106,49 €	44.106,50 €	44.106,50 €	44.106,50 €	44.106,50 €

Tabella 4.8: Matrice del costo totale ottenuto combinando PUR e L.

In **grassetto** sono indicati i costi totali minori associati a differenti livelli di servizio (rappresentati dalle righe), in evidenza è riportata la combinazione che genera il costo totale minore tra tutti quelli analizzati.

Nel caso in cui le combinazioni di valori che generano i costi totali minori si trovassero tutti sulla prima o sull'ultima colonna, ciò significherebbe che il valore di partenza **L** scelto è troppo alto o troppo basso e quindi deve essere opportunamente corretto.

Attraverso questa matrice è possibile scegliere il **PUR** desiderato, a partire dal livello di servizio voluto, e trovare il valore di **L** che permetta una minimizzazione del costo totale.

La matrice ci permette di conoscere anche la variazione del costo tra i vari scenari per aver consapevolezza degli effetti che si otterrebbero modificando la **F(z)**.

Dopo aver identificato i valori di **PUR** ed **L** ottimali è possibile svolgere una simulazione per verificare che il metodo di gestione scelto sia adatto a rispondere alla domanda relativa al pezzo analizzato, facendo riferimento ai movimenti dello stock nel 2019.

In *tabella 4.8* è stato riportato il risultato di una simulazione di utilizzo del modello, partendo da parametri di input indicativi, la condizione che ha portato alla minimizzazione dei costi prevede l'utilizzo dei seguenti parametri:

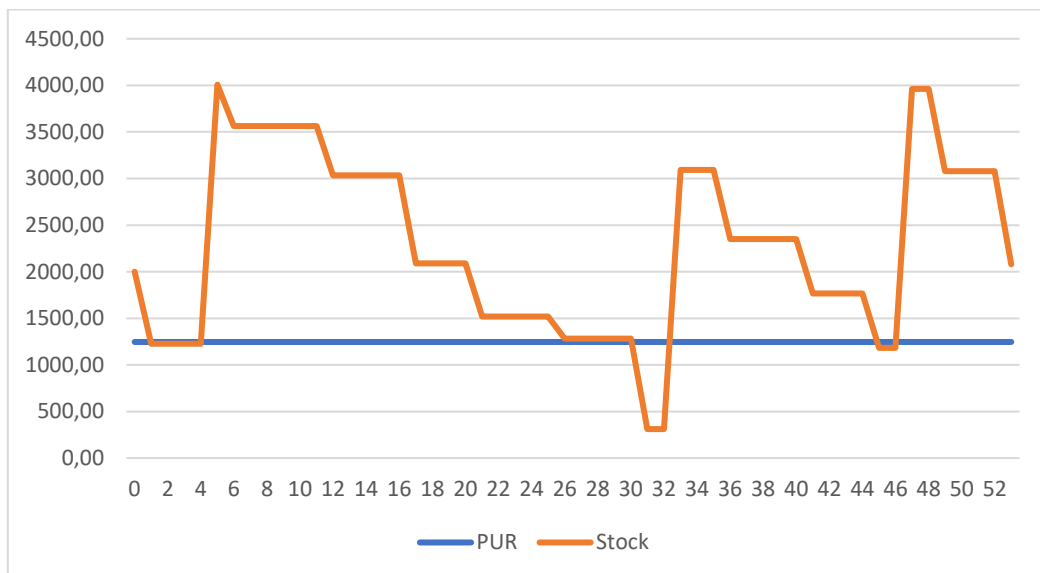
- **F(z)** = **0.9332**
- **PUR** = **1246**
- **L** = **2781**

Questi parametri generano un costo totale annuo di € 44.083,54 e garantiscono un buon livello di servizio al cliente, ovvero il 93,32%.

Per svolgere la simulazione di andamento dello stock verrà utilizzata una strategia di riordino che si basa proprio su questi valori.

Il risultato ottenuto è costituito da un grafico che, partendo da una tabella che riporta la domanda relativa all'articolo analizzato, **ricostruisce l'andamento del livello dello stock che si sarebbe verificato durante l'anno se fossero stati usati il livello di servizio e la grandezza del lotto di riordino identificati durante l'analisi.**

Il grafico si presenta come mostrato in *figura 4.13*.



*Figura 4.13: Simulazione dell'andamento dello stock.*

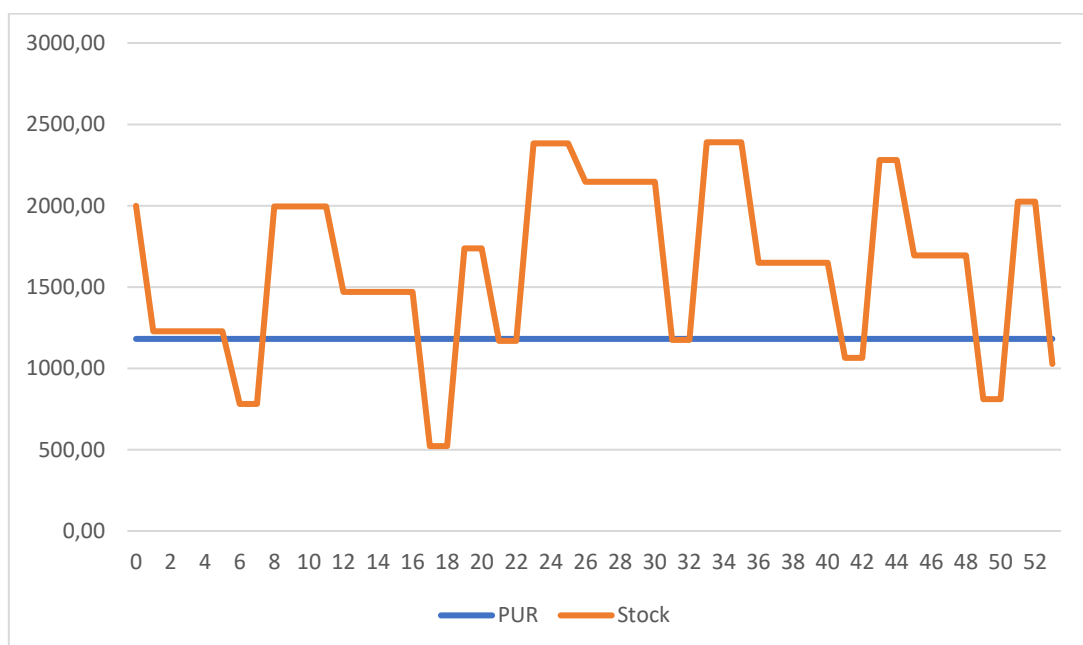
Attraverso questa simulazione è stato possibile verificare che, con i parametri scelti, **non si sarebbe mai verificato durante l'anno un evento di shortage**, ciò è comprensibile se consideriamo che è stato scelto un livello di servizio pari al 93,32%.

Per identificare il possibile impatto che l'introduzione di questo strumento potrebbe avere, i risultati ottenuti tramite la simulazione verranno paragonati con quelli realmente verificatisi.

I parametri che sono stati scelti per la gestione reale di questo pezzo sono pari a:

- **F(z)** = **0.8944**
- **PUR** = **1181**
- **L** = **1215**

In questo scenario l'andamento dello stock si presenta come mostrato in *figura 4.14*.



*Figura 4.14: Andamento effettivo dello stock.*

La prima cosa che risalta dal paragone tra i due differenti metodi di gestione è la quantità di ordini effettuati in un anno, in *figura 4.13* viene mostrato un andamento che prevede di effettuare tre soli ordini.

In *figura 4.14* emerge la necessità di compiere più ordini durante l'anno, sei per l'esattezza, questo bisogno nasce dalla dimensione ridotta di **L** scelta.

Possiamo notare come la mancata considerazione del costo di emissione dell'ordine abbia portato gli operatori a prediligere una logica che prevede più ordini di minori dimensioni.

La differenza nella scelta dei parametri si riflette sul costo totale a cui la gestione dell'articolo è sottoposto.

Se nella simulazione proposta il costo totale era pari a € **44.083,54** per anno, nello scenario realmente verificatosi questo il valore si è assestato su € **44.139,00**.

Attraverso la scelta dei parametri ottimali, eseguita utilizzando il modello Excel basato sull'EOQ, **il livello di servizio è aumentato passando dal 89.44%**, della condizione di partenza, **a 93.32%**.

Questo miglioramento del 4.34% del livello di servizio è stato ottenuto interamente grazie all'ottimizzazione dei parametri e non presenta costi, genera invece un risparmio pari a € **55,46** l'anno per l'articolo analizzato.

Nel contesto di un intero magazzino un miglioramento del genere può sembrare trascurabile, se si ottenesse però un risultato simile per ogni articolo a stock, i vantaggi dettati dall'introduzione di questo modello sarebbero fortemente significativi.



## 5. Warehouse Structure/Sizing

In questa sezione verranno analizzate le criticità legate alla presenza di tre magazzini differenti, modello attualmente vigente, e verranno delineate le caratteristiche relative alla struttura di un nuovo magazzino centrale unificato che svolgerà le funzioni dei tre stabili in uno.

### 5.1 Scenario Attuale

In figura 2.2 è stata riportata la rete logistica a cui fa riferimento il gruppo di magazzini attualmente in funzione.

Era stato evidenziato come il riquadro rappresentate la warehouse fosse in realtà composto da un complesso di tre magazzini a cui fanno riferimento i ricambi di PUB (Unità Produttiva Bending), PUL (Unità Produttiva Laser), PUP (Unità Produttiva Punching) e LSD (Unità Produttiva Laserdyne).

A causa di una gestione svolta localmente, associata a delle necessità dettate dal mercato, il magazzino di riferimento per l'unità produttiva Laserdyne non sarà considerato argomento dell'analisi svolta in questa sezione.

I tre magazzini dedicati ai ricambi delle unità produttive di Bending, Laser e Punching sono localizzati in tre diverse parti d'Europa, in particolare:

1. **PUP**, Nazareth, Belgio;
2. **PUB**, Cologna Veneta (VR), Italia;
3. **PUL**, Collegno (TO) Italia.

Il loro posizionamento è riportato sulla mappa in figura 5.1.



Figura 5.1: Posizione dei tre magazzini Europei.

L'attuale struttura logistica prevede che i tre magazzini vengano gestiti separatamente, la gestione dell'immagazzinamento segue una logica diversa per ognuno di essi e non è presente una forte componente di coordinazione tra le varie parti.

## 5.2 Analisi

Analizzando la struttura logistica delineata dalla presenza dei tre magazzini, emergono subito diverse criticità.

### 5.2.1 Problemi Legati alla Gestione

La prima criticità evidenziata è quella inerente alla **gestione del magazzino**.

Ogni magazzino dei ricambi viene attualmente gestito in maniera piuttosto indipendente, gli operatori di riferimento cercano di fare quello che è più consono alle loro necessità ma questo genera dei disallineamenti con le strategie adottate dagli altri magazzini.

Questa divisione porta gli operatori a prendere delle scelte che, a volte, possono entrare in contrasto tra di loro, l'esito è un disallineamento tra le prestazioni dei singoli magazzini che tendono a prediligere alcuni aspetti piuttosto che altri.

Per la sede centrale è impossibile esercitare una gestione diretta in quanto gli indici di riferimento per le prestazioni dei tre derivano soprattutto dallo svolgimento delle attività giornaliere, attraverso la definizione degli approvvigionamenti e dalla gestione delle attività di outbound.

Pur fornendo ai tre edifici delle linee guida, ci saranno sempre dei margini d'azione che generano lo scostamento delle prestazioni tra i tre centri d'immagazzinamento.

Un altro problema è derivato dalla **mancanza di condivisione di metodi ed esperienza**, nel corso degli anni sono infatti stati sviluppati, presso ogni magazzino, dei sistemi e dei modelli di gestione locali che, frutto dell'esperienza, hanno permesso di migliorare la gestione dello stock.

Questi modelli, ad oggi, vengono creati e utilizzati localmente, Prima Power è una compagnia unica e godrebbe di diversi vantaggi se i tre magazzini condividessero metodi, strategie ed esperienza attraverso un'integrazione.

L'ultimo problema legato alla gestione è quello inerente alla **coordinazione delle attività**, inglobando i magazzini in un unico stabile si eviterebbero tutti i flussi di ricambi che si verificano tra

i tre, i fornitori interni avrebbero una sola destinazione per le spedizioni e l'outbound delle tre PU verrebbe integrato in modo da accorpare le spedizioni con indirizzi di consegna analoghi.

Questi aspetti genererebbero un forte miglioramento sul footprint dei magazzini.

### 5.2.2 Problemi Legati ai Costi

Avere tre stabili diversi comporta alcuni costi che potrebbero essere abbattuti in maniera diretta attraverso l'unificazione in un solo stabile.

Un magazzino non è composto soltanto dalla zona di stoccaggio e prelievo degli articoli, sono presenti anche zone adibite a:

- Ricevimento;
- Imballo;
- Attesa di Spedizione;
- Gestione dei Resi;
- Ufficio.

Ad oggi, ognuno dei tre magazzini presenta zone destinate a tali funzioni, l'unificazione dei tre stabili comporterebbe dunque una riduzione dei **costi di renting totali**, dovuta alla mancata ripetizione delle varie zone, e dei costi legati alle **utilities**.

Un altro costo che potrebbe essere ridotto in maniera diretta, attraverso l'unificazione dei tre stabili, è quello dovuto alla **duplicazione delle figure**.

Essendo localizzati in tre parti d'Europa molto distanti tra loro è necessario che ogni magazzino abbia delle figure di riferimento necessarie per la gestione dello stesso, questo tipo di approccio genera la creazione di figure analoghe assegnate ai tre magazzini.

Attraverso l'unificazione è possibile eliminare il problema della duplicazione delle figure in quanto, essendo tutte le attività legate ai tre magazzini sotto lo stesso tetto, avere più figure che svolgono la medesima funzione può risultare un esubero.

### 5.2.3 Problemi Legati alla Gestione dei Dati

L'ultima problematica emersa dall'analisi svolta, colmabile attraverso l'unificazione dei tre magazzini, è quella relativa alla gestione dei dati.

Bisogna premettere che l'unificazione e la digitalizzazione completa dei dati e delle informazioni è un processo che il service di Prima Power sta attualmente portando avanti.

La mancanza di un sistema unificato genera diversi problemi per la gestione, è possibile che si verifichi una discrepanza dei dati tra un magazzino all'altro oltre che tra i magazzini e le filiali.

Queste discrepanze tendono a peggiorare la coordinazione delle attività svolte.

Un'unificazione dei tre stabili consentirebbe un controllo diretto sulle modalità di registrazione e gestione dei dati da parte del service, ciò porterebbe a un tasso di errore minore e, conseguentemente, all'eliminazione delle discrepanze dei dati.

## 5.3 Soluzione Proposta

La soluzione proposta per tutte le criticità rilevate in fase di analisi è la creazione di un nuovo magazzino unificato come riferimento per le tre unità produttive, quali bending, laser e punching.

### 5.3.1 Struttura dello Stabile

Come premesso in precedenza, un magazzino non è composto dalle sole zone di immagazzinamento, nella definizione di un nuovo stabile bisogna considerare il posizionamento di ogni zona funzionale.

In figura 5.2 è riportato lo **schema a blocchi** che rappresenta il posizionamento **delle aree funzionali a comporre il magazzino**, ad ogni blocco corrisponde una differente area.

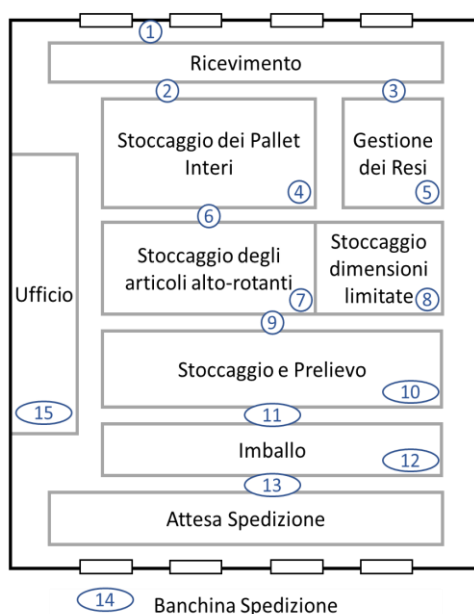


Figura 5.2: Schema a blocchi del magazzino unico.

In figura sono rappresentati i blocchi in grigio, corrispondenti alle aree funzionali, e i cerchi numerati che rappresentano invece le funzioni che vengono svolte, queste possono essere localizzate all'interno dei blocchi o a cavallo tra questi, in particolare sono presenti:

- **1:** *Ricevimento;*
- **2:** *Sistemazione dei pallet ordinati ai fornitori;*
- **3:** *Sistemazione dei resi ricevuti dai clienti;*
- **4:** *Stoccaggio articoli a pallet interi;*
- **5:** *Gestione dei resi;*
- **6:** *Sistemazione degli articoli alto-rotanti in confezioni singole;*
- **7:** *Stoccaggio degli articoli alto-rotanti in confezioni singole;*
- **8:** *Stoccaggio degli articoli di dimensioni ridotte;*
- **9:** *Rifornimento dell'area di prelievo;*
- **10:** *Preparazione degli ordini;*
- **11:** *Controllo;*
- **12:** *Imballaggio;*
- **13:** *Consolidamento e attesa;*
- **14:** *Spedizione;*
- **15:** *Attività amministrativa.*

Il magazzino risulterà così diviso in blocchi definiti, questa sistemazione permette un'ottimizzazione degli spazi finalizzata a rendere più efficace lo svolgimento delle varie attività.

I blocchi destinati allo stock degli articoli sono tre e hanno finalità diverse, la zona di **stoccaggio dei pallet interi** è finalizzata all'immagazzinamento degli articoli, mantenuti all'interno dei pallet, soggetti ad una rotazione medio-bassa.

La zona dedicata allo **stoccaggio di articoli alto-rotanti** è invece utilizzata per contenere quegli articoli che vengono spediti più frequentemente, in questa zona non vengono immagazzinati dei pallet interi ma le singole confezioni contenenti gli articoli.

Il blocco per lo **stoccaggio di dimensioni limitate** è invece dedicato all'immagazzinamento di articoli molto piccoli, con un'altezza di massimo 10 cm, attraverso l'utilizzo di magazzini verticali.

### 5.3.2 Struttura della Zona di Stoccaggio dei Pallet Interi

In questa sezione verranno definite le principali caratteristiche inerenti alla zona di stoccaggio dei pallet interi, in particolare verranno riportate le informazioni relative al tipo di scaffalatura utilizzata.

Esiste un'ampia gamma di scelta tra le tipologie di scaffalature disponibili, in base a questa scelta è possibile fare una prima distinzione tra magazzini di tipo tradizionale e magazzini automatizzati.

I **magazzini tradizionali** sono caratterizzati da impianti di stoccaggio per le unità di carico pallettizzate prive di automazioni.

Tra le **tipologie di scaffalatura** utilizzate per i magazzini tradizionali troviamo:

- Catasta;
- Scaffalature drive-in (o drive-through);
- Scaffalature convenzionali;
- Magazzini a scaffali mobili;
- Magazzini dinamici (live storage);
- Magazzini dinamici con canali in contropendenza.

Tutte queste categorie di scaffalature, pur essendo differenti tra loro, hanno in comune l'assenza di automazioni.

I **magazzini automatizzati**, a differenza di quelli tradizionali, permettono una maggiore densità di riempimento del locale, una riduzione del personale dedicato, un'ottimizzazione del flusso di merci in entrata e in uscita e una migliore capacità di monitoraggio dello stock.

I **componenti principali** necessari per la costituzione di un magazzino automatico sono:

- Trasloelevatori;
- Scaffalature;
- Sistemi di movimentazione o trasportatori per udc;
- Sistemi di controllo dimensionale;
- Sistemi di trasmissione delle informazioni e dei comandi;
- Sistemi di gestione hw e sw.

I **trasloelevatori** sono macchine progettate per lo stoccaggio automatico delle udc attraverso dei movimenti meccanici automatizzati.

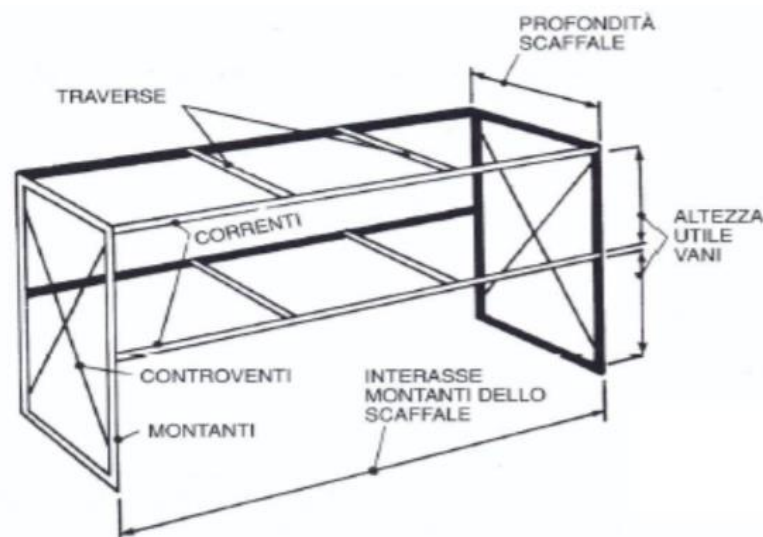
Sia nel caso di costituzione di un magazzino tradizionale, che di uno automatico, sono richiesti dei componenti di supporto alla struttura d'immagazzinamento, tra questi troviamo il **sistema di protezione antincendio**, la **componente civile** (pavimenti, fondazione, copertura, ecc.) e gli **impianti generali**.

Risulta chiaro che le potenzialità associate al magazzino automatico superino quelle relative al magazzino tradizionale, bisogna però considerare che l'investimento associato alla creazione di un magazzino automatico è molto più alto rispetto al corrispettivo tradizionale.

Seguendo le direttive aziendali, l'**analisi preliminare, svolta nelle pagine a seguire, farà riferimento alla creazione di un magazzino tradizionale per la zona di immagazzinamento di pallet interi**.

La possibilità di creare un magazzino automatizzato verrà valutata in seguito dagli operatori competenti.

La tipologia di scaffalatura scelta per la realizzazione di questa zona del magazzino è la **scaffalatura convenzionale**, rappresentata in *figura 5.3*.



*Figura 5.3: Rappresentazione della scaffalatura convenzionale.*

Questo tipo di scaffalatura è caratterizzata da un costo contenuto corrispondente a € 20-30 per posto pallet, la struttura di riferimento è costituita da sbarre e non da piani.

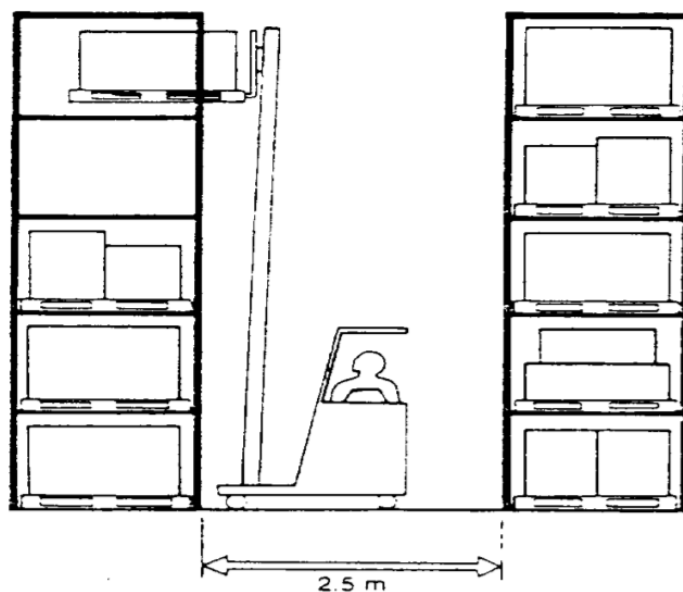
Questo tipo di scaffalatura permette una gestione dello stock sia di tipo **LIFO** (Last-in-Last-out) che di tipo **FIFO** (First-in-First-out).

L'**indice di selettività**, definito dal rapporto tra il numero di voci direttamente accessibili e numero di voci complessive a magazzino, per questa tipologia di scaffalatura è pari ad uno, ogni articolo stoccato risulta quindi direttamente accessibile.

Le caratteristiche relative allo **sfruttamento superficiale** sono inversamente proporzionali alla **larghezza dei corridoi locati tra le scaffalature**, necessarie per le attività di immissione e prelievo dei pallet.

Lo **sfruttamento volumetrico** dipende dall'altezza delle scaffalature utilizzate e dal numero di piani nei quali è possibile allocare i pallet.

In *figura 5.4* è riportata una sezione della scaffalatura che mostra il **numero di piani** in cui allocare i pallet e **larghezza del corridoio locato tra le due scaffalature**, in esempio questo valore è uguale a 2.5 metri.



*Figura 5.4: Sezione della scaffalatura convenzionale con larghezza del corridoio tra le due file di scaffalature.*

Dopo aver definito la struttura a comporre la Zona di Stoccaggio dei Pallet Interi ci soffermeremo sulla definizione del layout di riferimento per l'organizzazione del blocco.



### 5.3.3 Layout e Dimensionamento della Zona di Stoccaggio dei Pallet Interi

Al fine di indicare il reale dimensionamento della zona del magazzino sarebbe stato necessario indicare dati che Prima Power considera sensibili, non potendo riportare questi dati nel seguente elaborato, faremo riferimento a dei valori di input fittizi.

In questa zona del magazzino i pallet vengono stoccati per intero, le dimensioni di riferimento sono quelle dei **pallet euro 6**, caratterizzati da:

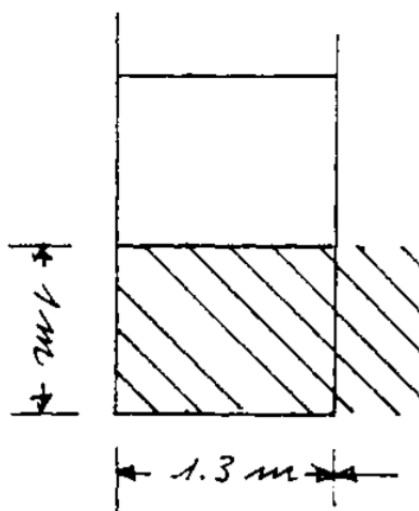
- **Altezza Pallet:** 1.10 m
- **Larghezza Pallet:** 0.80 m
- **Lunghezza Pallet:** 1.20 m

Partendo dalle misure dei pallet verranno identificate le **dimensioni del modulo unitario**, spazio in cui verrà allocato il pallet.

Per ottenere la dimensione del modulo unitario bisogna aggiungere 20 cm di tolleranza in altezza e in larghezza, in lunghezza invece verranno aggiunti soltanto 10 cm in quanto al pallet è data la possibilità di sporgere verso il corridoio ed è dunque possibile trascurare 10 cm di tolleranza.

- **Altezza dmU:** 1.30 m
- **Larghezza dmU:** 1.00 m
- **Lunghezza dmU:** 1.30 m

In *figura 5.5* è riportato il modulo unitario con le sue misure.



*Figura 5.5: Vista dall'alto del modulo unitario con dimensioni.*

I dati inerenti al **funzionamento del magazzino** risultano essere:

- **R, ricettività obiettivo del magazzino:** 10000 pallet.
- **f, pallet movimentati in un anno:** 100000 pallet.
- **y, giorni in un anno:** 360 g.
- **g, secondi di funzionamento al giorno:** 28800 s.
- **$\eta$ , coefficiente di utilizzazione dei carrelli:** 75%.

I carrelli utilizzati per la movimentazione dei pallet saranno **carrelli retrattili**, i valori di riferimento per questa tipologia di carrelli sono:

- **$h_f$ , altezza massima di presa per le forche:** 10.4 m
- **$v_t$ , velocità media di traslazione orizzontale:** 3.12 m/s.
- **$v_s$ , velocità media di sollevamento/discesa:** 0.38 m/s.
- **$t_f$ , somma dei tempi fissi (immissione + prelievo):** 99.5 s

Il primo parametro identificato è il **numero di livelli di stoccaggio**, per questo calcolo vengono utilizzati i valori inerenti all'altezza massima di presa per le forche (che considera l'altezza dello stabile),  $h_f$ , e l'altezza del modulo unitario,  $h_{dmu}$ .

$$J = \text{arr. difetto} \left( \frac{h_f}{h_{dmu}} \right) + 1$$

*Formula 5.1: Definizione del numero di livelli di stoccaggio.*

In *formula 5.1* è mostrata la relazione per il calcolo del numero di livelli di stoccaggio, possiamo notare come al rapporto arrotondato per difetto venga aggiunta un'unità, ciò è fatto per indicare il pallet posto sopra la fine della scaffalatura.

Nel caso in analisi otteniamo un **valore di J pari a 9 livelli**.

Per definire il miglior layout possibile andremo ad introdurre le relazioni atte a misurare i valori relativi a:

- Numero di pallet lungo la scaffalatura, **m**;
- Percorso medio totale per una movimentazione, **r**;
- Durata del ciclo di movimentazione, **d**;
- Numero di carrelli richiesto, **z**.

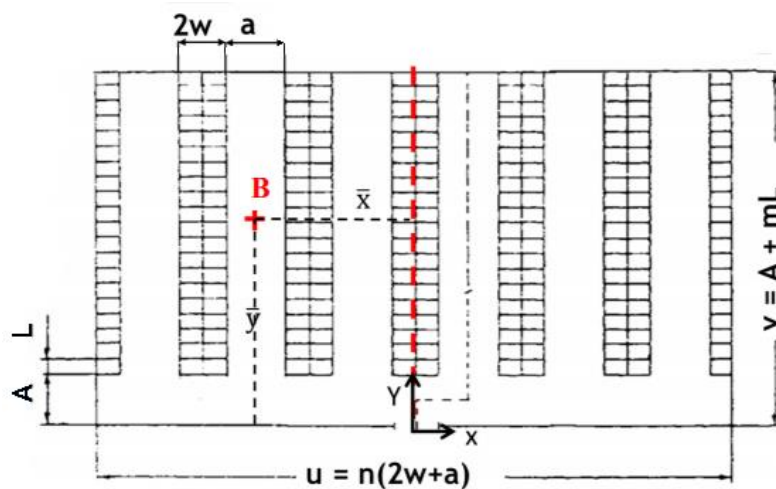
Al fine di trovare il layout ottimale per le caratteristiche del nostro magazzino andremo a definire il numero di corridoi  $n$  che permette la minimizzazione di  $z$ .

La relazione per ottenere il valore del numero di pallet lungo la scaffalatura è riportata in *formula 5.2*.

$$m = \frac{R_s}{2n*j}$$

*Formula 5.2: Definizione del numero di pallet lungo la scaffalatura,  $m$ .*

Per definire  $r$ , ovvero il percorso medio totale per la movimentazione delle unità di carico, faremo riferimento alle coordinate spaziali  $\bar{x}$  e  $\bar{y}$ , come riportato in *figura 5.6*.



*Figura 5.6: Distanze medie magazzino con layout longitudinale.*

La larghezza del corridoio tra le scaffalature  $a$ , dettata dalle necessità di spazio per l'utilizzo dei carrelli, è uguale a 2,5 m; la larghezza del corridoio a fronte del magazzino  $A$ , è invece pari a 7.5 m.

Considerando un viaggio per l'immissione del pallet e un viaggio per il prelievo, entrambi con ritorno/andata a vuoto, il percorso totale medio  $z$  si calcola come riportato in *formula 5.3*.

$$r = 2 * 2(\bar{x} + \bar{y}) = 2 * 2 \left( \frac{n * (2w + a)}{4} + \left( \frac{m * l}{2} + A \right) \right) =>$$

$$=> r = n(2w_{dmu} + a) + 2(2A + m * l_{dmu})$$

*Formula 5.3: Percorso totale medio per la movimentazione delle unità di carico,  $d$ .*

Come mostrato in *formula 5.3*, il valore di **r** varia rispetto al numero di corridoi **n**. Partendo da questo valore verranno definite le relazioni per il calcolo di **d** e **z** per poi procedere con l'identificazione del valore di **n** che minimizzi **z**.

*Formula 5.4* riporta la relazione per calcolare **d**.

$$d = \frac{r}{v_t} + \frac{2 * 2 * h_{dmu} * (j - 1)}{2 * v_s} + t_f = \frac{r}{v_t} + \frac{2h_{dmu} * (j - 1)}{v_s} + t_f$$

*Formula 5.4: Durata media del ciclo di movimentazione completo del pallet, d.*

L'ultimo elemento da definire è il numero di carrelli da adoperare nelle operazioni di immagazzinaggio, definito con **z**.

$$z = \frac{d * f}{g * y * \eta}$$

*Formula 5.5: Numero di carrelli necessari per le operazioni legate al magazzino, z.*

Partendo dalle relazioni definite per i parametri **m**, **r**, **d** e **z**, è stata preparata una tabella che mette questi parametri in relazione ai possibili valori assunti da **n**, il numero di corridoi.

<b>n</b>	<b>m</b>	<b>r</b>	<b>d</b>	<b>z</b>
7	80	225,7	226,6	2,914
8	70	210,8	221,8	2,852
9	62	199,9	218,3	2,807
10	56	193	216,1	2,779
11	51	188,1	214,5	2,759
12	47	185,2	213,6	2,747
13	43	182,3	212,7	2,735
14	40	181,4	212,4	2,731
15	38	182,5	212,7	2,736
16	35	181,6	212,4	2,732
17	33	182,7	212,8	2,737
18	31	183,8	213,1	2,741
19	30	186,9	214,1	2,754
20	28	188	214,5	2,758
21	27	191,1	215,5	2,771

*Tabella 5.1: Variazione dei parametri m, r, d e z al variare di n.*

Il valore assunto dai parametri considerati cambia in relazione al valore del numero di corridoi, volendo minimizzare il numero di carrelli è stata evidenziato, in *tabella 5.1*, lo scenario considerato ottimale.

Il layout ottimale, per i parametri di input selezionati, è stato identificato e riportato in *tabella 5.2*.

Numero di corridoi:	<b>n</b>	14	-
Numero di pallet per scaffalatura:	<b>m</b>	40	-
N di livelli scaffalatura:	<b>j</b>	9	-
Larghezza magazzino:	$n(2w_{dmu} + a)$	71.4	<i>m</i>
Profondità:	$2A + ml$	55	<i>m</i>
Superficie del magazzino:	-	3927	$m^2$

*Tabella 5.2: Dimensionamento ottimale zona di stoccaggio dei pallet interi.*

**Il numero di carrelli utilizzato sarà pari a 3**, la richiesta era pari a 2.713 e per soddisfarla sono necessari almeno 3 carrelli.

Il grado di saturazione,  $s_{dr}$ , associato al numero di carrelli scelto è calcolato in *formula 5.6*.

$$s_{dr} = \frac{z}{n^{\circ} \text{ carrelli}}$$

*Formula 5.6: Numero di carrelli necessari per le operazioni legate al magazzino, z.*

Il grado di saturazione dei carrelli nella simulazione svolta equivale al 90.43%

Come è stato premesso, i parametri utilizzati per svolgere questa simulazione non sono quelli effettivi del magazzino, l'analisi svolta però è analoga a quella effettuata per definire il layout e il dimensionamento della zona di stoccaggio dei pallet interi del nuovo magazzino unico.

### **5.3.4 Struttura della Zona di Stoccaggio di articoli alto-rotanti**

In questa zona vengono immagazzinati gli articoli alto-rotanti.

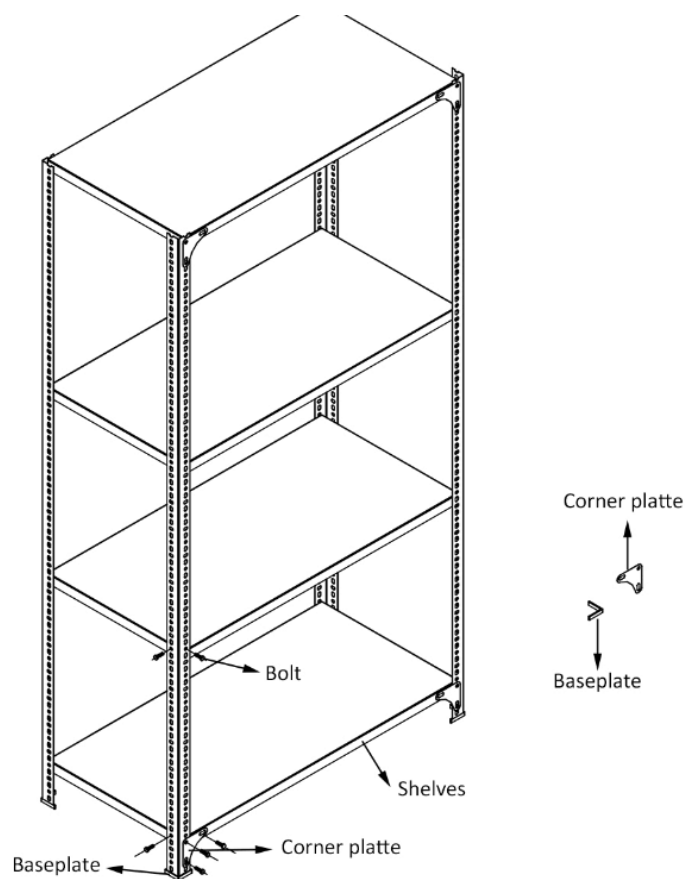
Nella “Zona di Stoccaggio dei Pallet Interi” i pallet ricevuti venivano presi e stoccati per intero, l'immagazzinamento in questa zona segue una strategia molto diversa.

Immagazzinando articoli ad alta rotazione, il fine della creazione di questo blocco è quello di **ridurre i tempi di prelievo necessari per procedere alla spedizione verso il cliente.**

Le scaffalature presentano quindi un numero di slot disponibili pari a un numero fisso di articoli alto-rotanti. Una volta ricevuti dal fornitore, sottoforma di pallet, questi vengono estratti dall'insieme e vengono stoccati singolarmente nei piani della scaffalatura.

La divisione in singole confezioni permette una gestione più rapida delle fasi di preparazione e imballaggio finalizzate alla spedizione dei pezzi.

La scaffalatura utilizzata in questa zona sarà la cosiddetta **scaffalatura da garage**, rappresentata in *figura 5.7*.



*Figura 5.7: Rappresentazione della scaffalatura da garage.*

Questa scaffalatura è caratterizzata dalla presenza di piani, al posto delle sbarre che caratterizzano quella convenzionale. Ciò è dovuto alle dimensioni ridotte e variabili degli articoli che necessitano di piani per essere sorretti.

La movimentazione delle confezioni stoccate in questa zona avviene manualmente, l'operatore preleva direttamente il pezzo, senza dover utilizzare un muletto.

Per il raggiungimento dei pezzi stoccati nei piani più alti verrà utilizzata una scala.

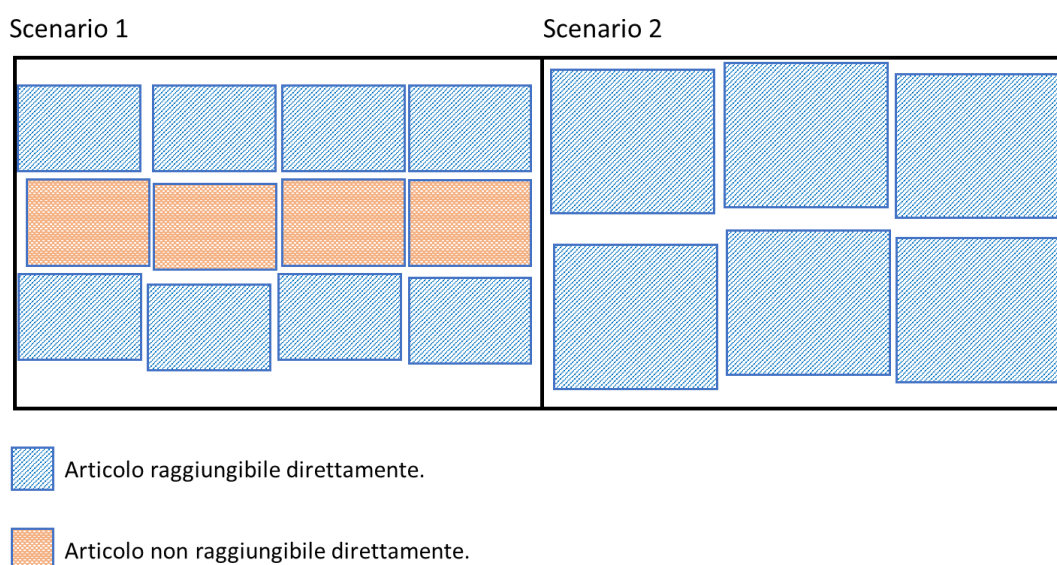
L'indice di **sfruttamento superficiale** ha un valore superiore a quello relativo alla scaffalatura convenzionale in quanto, non essendo necessario l'utilizzo di un muletto, il corridoio tra le file di scaffalature ha una larghezza notevolmente inferiore.

Lo **sfruttamento volumetrico** dipende, anche in questo caso, dall'altezza delle scaffalature utilizzate e dal numero di piani nei quali è possibile allocare i pallet.

La **gestione dello stock** avviene seguendo una politica di tipo **LIFO** (Last-in-Last-Out).

Essendo le dimensioni delle confezioni degli articoli stoccati differenti, l'indice di **selettività** associato a questo tipo di scaffalatura ha un valore che varia rispetto al piano considerato.

Come mostrato in *figura 5.8* il numero di confezioni direttamente raggiungibili, sul numero di confezioni totali, è variabile.



*Figura 5.8: Rappresentazione di due sezioni dall'alto della scaffalatura da garage.*

Lo **scenario 1**, rappresentato in *figura 5.8*, mostra lo stoccaggio su di un piano di un articolo la cui confezione ha dimensioni ridotte, questa caratteristica permette lo stoccaggio su di uno stesso piano di 12 pezzi dell'articolo.

A causa della disposizione dei pezzi non tutti risultano direttamente accessibili, in questo scenario **l'indice di selettività è dunque uguale a 8/12, ovvero 0.667.**

Nello **scenario 2**, la confezione dell'articolo stoccato ha dimensioni superiori, il numero di pezzi riposti su uno stesso piano è dunque inferiore, pari a 6. In questo scenario **l'indice di selettività è pari a 6/6, ovvero 1.**

### **5.3.5 Dimensionamento della Zona di Stoccaggio di articoli alto-rotanti**

Non potendo riportare le misure inerenti all'intera zona di stoccaggio degli articoli alto-rotanti, costituendo questa un'informazione sensibile per l'azienda, verrà invece analizzata la struttura, e il dimensionamento, delle singole campate utilizzate.

La struttura di ogni campata corrisponde a quella rappresentata in *figura 5.7*.

Ogni campata è composta da **cinque piani** utilizzabili per lo stoccaggio, le dimensioni dei moduli per l'allocazione delle confezioni sono uguali per tutte le campate e valgono:

- **Altezza:** 40 cm;
- **Larghezza:** 150 cm;
- **Profondità:** 50 cm.

I valori di **larghezza** e **profondità** di ogni modulo corrispondono a quelli della campata.

L'**altezza** dell'intera campata è invece definita dall'**altezza dei singoli moduli**, moltiplicata per 5, a cui sommare la **distanza tra il pavimento e il primo piano**, pari a 15 cm, e lo **spessore dei piani**, pari a 5 cm, moltiplicato per 5.

L'altezza di ogni campata risulta quindi pari a:  $(200 \times 5 + 15 + 5 * 5)$  cm, ovvero **10.4 metri**.

### **5.3.6 Struttura della Zona di Stoccaggio per Dimensioni Limitate**

Le macchine prodotte da Prima Power, a prescindere dal tipo di tecnologia di riferimento, necessitano di diverse tipologie di ricambi, alcune di queste hanno **dimensioni estremamente ridotte**.

Queste tipologie di ricambi vengono allocate in gruppo all'interno di alcune vaschette di plastica che vengono riempite fino ad un livello definito.

Queste vaschette, rispetto all'articolo contenuto e alla capacità massima indicata, sono caratterizzate da una definita larghezza, altezza e profondità.



**Lo stoccaggio di queste vaschette avverrà attraverso l'utilizzo di magazzini verticali automatizzati a più livelli, strutturati come rappresentato in figura 5.9.**



*Figura 5.9: Magazzino verticale automatizzato a più livelli.*

Questi magazzini sono composti da più livelli la cui altezza è regolabile fino ad un massimo di 10 cm, larghezza e profondità dei livelli sono invece valori fissi.

L'utilizzo di questa tipologia di magazzini prevede diversi vantaggi per la compagnia, in primo luogo permette un **rapido accesso ad articoli di dimensioni ridotte** che vengono spesso utilizzati nelle attività di manutenzione, molto frequenti.

Attraverso la disposizione delle vaschette sui vari livelli è possibile accedere ad un determinato articolo effettuando una richiesta sul computer del magazzino verticale, questo individuerà il piano di riferimento e lo sposterà al livello più basso.

Essendo articoli troppo piccoli per essere numerati, il magazzino automatizzato verticale gioca un ruolo importante anche nel controllo dei livelli di stock, **viene infatti costantemente monitorato il livello degli articoli all'interno delle vaschette**, raggiunta una soglia limite viene recapitata una notifica all'operatore che si dovrà occupare di ripristinarne la scorta.

L'**indice di selettività**, che è definito dal rapporto tra il numero di voci direttamente accessibili e il numero di voci complessive a magazzino, per questa tipologia di scaffalatura, è pari ad uno.

L'**indice di sfruttamento superficiale** ha un valore massimo in quanto tutta l'aria adibita allo stock è occupata da articoli immagazzinati, vista la mancata necessità di corridoi d'accesso.

Lo **sfruttamento volumetrico** dipende dall'altezza delle scaffalature utilizzate e dal numero di piani nei quali è possibile allocare gli articoli, l'utilizzo di magazzini verticali permettono una massimizzazione del valore relativo a quest'indice.

## 6. Rapporti con i Fornitori

*Il terzo, ed ultimo, tema d'analisi trattato è quello inerente ai fornitori, questi giocano un ruolo fondamentale all'interno del sistema logistico, in questa sezione verranno evidenziate le problematiche legate agli accordi esistenti e verranno identificate le opportunità legate ad un maggiore livello d'integrazione.*

### 6.1 Scenario Attuale

Nella rappresentazione della rete logistica, riportata in *figura 2.1*, è stata introdotto il riquadro dei fornitori e sono stati rappresentati i flussi di materiale che li coinvolgono.

Erano stati identificati i flussi relativi alle attività di **inbound** e di **restituzione degli articoli**, ovvero tutte le attività inerenti all'approvvigionamento dei materiali necessari per lo svolgimento delle funzioni della compagnia e la loro restituzione al fornitore in caso di non conformità dell'articolo ricevuto.

I flussi identificati sinora sono quelli derivanti dalla movimentazione del materiale, a questi vanno associati ulteriori flussi di tipo informativo, nel caso di Prima Power ne sono presenti due:

1. **Informazioni sull'ordine:** questo flusso parte dal fornitore e va verso il magazzino.

Le informazioni che vengono riportate sono quelle inerenti alle caratteristiche relative ad un determinato articolo, tra queste troviamo il Lead Time, la quantità minima d'acquistare, il costo unitario e tutte le altre informazioni necessarie al magazzino per riuscire a gestire lo stock dell'articolo in maniera ottimale.

2. **Richieste:** questo flusso parte dal magazzino e va verso il fornitore.

Questo si genera nel momento in cui, secondo la strategia di gestione dello stock adoperata, si pone la necessità di emettere un ordine.

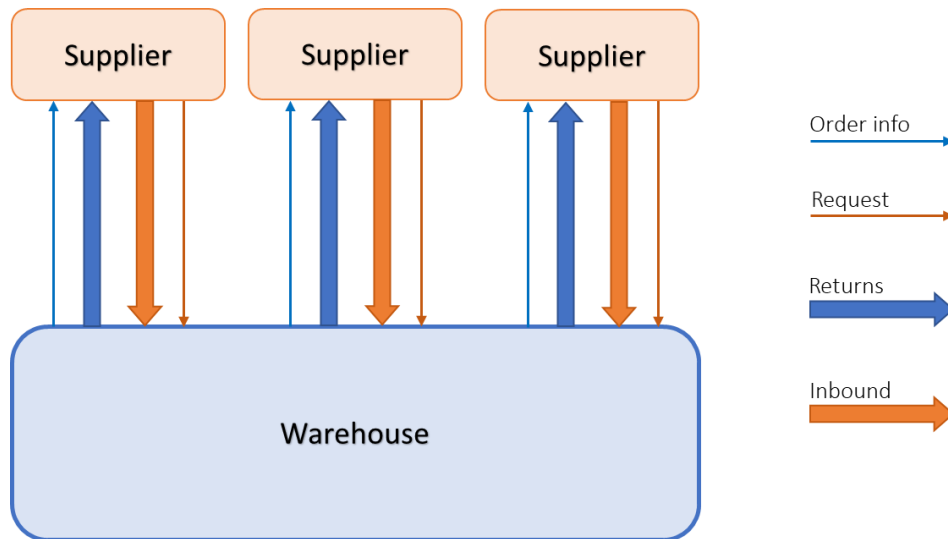
Attraverso questo flusso vengono indicate al fornitore le caratteristiche dell'acquisto effettuato, quali la grandezza del lotto ordinato e le informazioni inerenti al luogo di ricezione dell'ordine.

L'integrazione dei due flussi informativi con quelli relativi ai materiali permettono al magazzino di gestire gli articoli a stock in maniera ottimale.

In *figura 2.1* il magazzino rappresentato si interfaccia con un solo fornitore, ciò è dovuto ad una semplificazione della rappresentazione, il riquadro "supplier" rappresenta in realtà un gruppo

composto da più fornitori con i quali Prima Power comunica per l'approvvigionamento degli articoli necessari, alcuni di questi sono fornitori interni, altri esterni.

In *figura 6.1* viene rappresentato con un maggior livello di dettaglio l'interazione tra il magazzino e i vari fornitori.



*Figura 6.1: Interazioni tra warehouse e fornitori.*

Entrando nel dettaglio del **flusso informativo legato alla richiesta**, la generazione di tale flusso corrisponde ad un dispendio di tempo per l'operatore di Prima Power.

Al fine di limitare l'impatto che l'emissione dell'ordine di ogni articolo ha sulle attività degli operatori è stata seguita una strategia precisa.

Molti articoli, circa l'80% di quelli ad inventario, prevedono un accordo effettuato in precedenza con il fornitore di riferimento, in quest'accordo sono già definiti Lead Time, prezzo di vendita, termini di consegna e altri aspetti inerenti all'ordine.

L'utilizzo di questo genere di accordi risulta molto funzionale nell'ottica dell'ottimizzazione dei processi, attraverso il loro utilizzo è possibile ridurre drasticamente il tempo necessario per emettere un ordine d'acquisto facendo risparmiare tempo agli operatori e, conseguentemente, denaro all'azienda.

I rapporti con i fornitori rappresentano un aspetto focale della rete logistica, nelle sezioni a seguire verranno identificate le criticità e le opportunità ad essi legate.

## 6.2 Analisi

Le analisi inerenti alle criticità e alle opportunità relative ai rapporti con i fornitori sono state svolte dal sottoscritto in collaborazione con le figure di riferimento del service di Prima Power.

Il risultato di queste analisi ha evidenziato la necessità di identificare gli articoli su cui intervenire, attraverso la negoziazione, a causa del Lead Time eccessivamente alto ad essi associato.

Il secondo punto emerso è invece legato all'opportunità di ridurre il rischio di obsolescenza dello stock sfruttando proprio gli accordi con i fornitori, come verrà introdotto nei prossimi paragrafi.

### 6.2.1 Lead time eccessivi

Attraverso il flusso relativo alle informazioni sull'ordine, viene comunicato a Prima Power il Lead Time nominale associato all'acquisto di un determinato articolo.

Partendo dall'analisi dello stock è **emerso come alcuni articoli abbiano un Lead Time associato estremamente alto.**

Prendendo come valore di LT medio di riferimento 30 giorni, attraverso delle analisi svolte sullo stock, è stato possibile individuare come molti articoli abbiano un Lead Time superiore ai 60 giorni.

Altri item presentano una condizione critica, avendo un LT che arriva fino ad un massimo di 360 giorni, questi valori sono estremamente alti e risultano penalizzanti per la gestione del magazzino.

Per compensare il lungo periodo di LT è necessario alzare il livello medio di stock, per poter garantire un adeguato livello di servizio. Una rinegoziazione dei termini di consegna con i fornitori potrebbe permettere un abbassamento del punto di riordino di molti articoli.

L'obiettivo che è stato posto, a valle di quest'analisi, è l'individuazione degli articoli sui quali intervenire per primi con la rinegoziazione dei LT a causa del loro forte impatto.

### 6.2.2 Rischio di obsolescenza

Il tema del rischio di obsolescenza è stato inserito nella sezione dedicata ai rapporti con i fornitori per la possibile soluzione proposta, questa fa riferimento proprio alla possibilità di abbattere tale rischio attraverso la gestione di questi accordi.

L'approccio che è stato utilizzato per trattare il rischio di obsolescenza è quello del "risk management", riportato in *figura 6.2*.

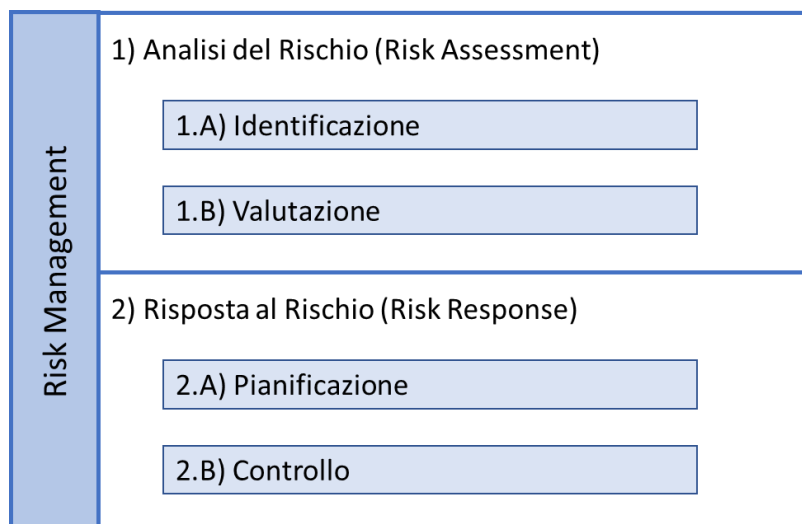


Figura 6.2: Modello di gestione del rischio, "risk management".

In questa sezione tratteremo il primo degli elementi di gestione del rischio, ovvero l'**analisi**, il cui primo passo consiste nell'**identificazione**.

L'**obsolescenza** consiste nel **logorio economico, o nella riduzione del valore, subito da un bene**. Questo può essere causato da diversi fattori quali il progresso tecnologico, che tende a rendere il bene di riferimento superato, e la variazione delle esigenze del cliente, che rende il bene inadatto per il mercato attuale.

Applicando il concetto di obsolescenza alla composizione dello stock del service di Prima Power, notiamo come gli articoli che subiscono maggiormente l'effetto di questo fenomeno siano quelli soggetti a meno uscite.

Facendo riferimento alle categorie riportate in *tabella 4.1*, abbiamo identificato gli articoli più soggetti a svalutazione, legata all'obsolescenza, questi corrispondono alle tre classi con uscite valutate come "fermo", a prescindere dalla classificazione derivante dal valore dello stock.

Al fine di **valutare** l'impatto che il rischio di obsolescenza ha sullo stock prenderemo come riferimento le classi **AC, BC, CC, Fermo-A, Fermo-B e Fermo-C** e ne calcoleremo l'impatto.

Il valore in euro dello stock appartenente a queste classi costituisce un dato sensibile per l'azienda e dunque faremo riferimento a dei valori indicativi.

Verrà considerato un valore dello stock medio del 2019, appartenente alle sei classi identificate in precedenza, pari a **€ 1.000.000,00**.

Conoscendo la svalutazione a cui questa parte di stock è andata incontro, pari a € 200.000,00, possiamo affermare che nel 2019 è stato registrato un **deprezzamento pari al 20% del suo valore a causa dell'obsolescenza**.

Il valore percentuale identificato si riflette nella svalutazione della stessa frazione di stock avvenuta negli anni precedenti, che si assesta intorno al 20%.

Bisogna tenere in considerazione che la classificazione definita in *tabella 4.1* non è rigida e può variare con il tempo, a causa dell'invecchiamento dello stock gli articoli immagazzinati tendono ad essere usati sempre meno spesso e di conseguenza il numero di articoli appartenenti ad una delle categorie "a rischio obsolescenza" tende ad aumentare.

Questo concetto si riflette sulla differenza relativa alla svalutazione della parte di stock considerato tra il 2019 e il 2015, nel primo caso il 20% di svalutazione corrisponde a € 200.000,00 mentre nel secondo caso la stessa percentuale di svalutazione è valsa € 100.000,00 ovvero la metà del valore.

Quest'aumento costante del valore del capitale svalutato ha portato l'azienda verso la definizione di strategie che permettessero una riduzione del rischio di obsolescenza, quella individuata consiste nel "consignment stock" ed è una strategia basata sui rapporti con il fornitore.

## 6.3 Soluzione Proposta

### 6.3.1 Rinegoziazione dei LT

Al fine di identificare gli articoli sui quali è necessario intervenire prima bisogna procedere con una classificazione. Il primo passo è stato definire degli **intervalli di valori di LT a cui assegnare un indice di criticità**, come mostrato in *tabella 6.1*.

<b>Livello di Criticità:</b>	0	1	2	3	4	5
<b>Giorni di LT:</b>	###	###	###	###	###	###

*Tabella 6.1: Intervalli di Lead Time, in giorni, per livello di criticità.*

In tabella non sono riportati i giorni che costituiscono gli intervalli, ciò è dovuto al fatto che questo dato costituisce un'informazione sensibile per l'azienda e non può essere divulgato.

Gli intervalli definiti partono da 0, che identifica un livello di criticità nullo, per arrivare a 5, che identifica il livello di criticità massimo.

Il prossimo passo dell'analisi consiste nel definire a quanti articoli corrisponde lo stesso livello di criticità, il risultato è stato ottenuto partendo dallo stock del 2019 ed è riportato in *tabella 6.2*.

<b>Livello di Criticità:</b>	0	1	2	3	4	5
<b>Numero di pezzi:</b>	14198	4993	507	205	53	44

*Tabella 6.2: Numero di differenti articoli per ogni livello di criticità.*

In tabella è indicato il **numero di pezzi a cui è associato ogni livello di criticità**, questo numero non rappresenta quello reale ma è ottenuto utilizzando le proporzioni reali dello stock applicate ad un numero di pezzi indicativo, pari a 20000.

A primo impatto sembrerebbe sensato andare a rinegoziare i LT degli articoli con un livello di criticità pari a 5, ciò non può essere considerato un approccio corretto in quanto non sono noti le classi degli item che godono di questo livello di criticità.

Per avere un quadro completo della situazione è necessario incrociare la classificazione degli articoli basata sulle uscite e sul valore dello stock, rappresentata in *tabella 4.1*, con quella relativa ai livelli di criticità.

		Uscite										
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	Fermo	
		Valore Stock A			Valore Stock B			Valore Stock C			ABC	
Livello di Criticità	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	22	113	314	10	102	493	7	116	1003	2813	
	2	10	32	106	0	17	75	0	5	43	219	
	3	2	5	60	2	3	38	0	2	14	79	
	4	0	5	19	0	2	9	0	0	2	16	
	5	0	7	12	2	0	5	0	2	0	16	

*Tabella 6.3: Numero di pezzi divisi per livello di criticità e assegnati alle varie classi di articoli come definito in tabella 4.1.*

Il risultato è una matrice riportata in *tabella 6.3* che mostra il **numero di pezzi a cui è associato lo stesso livello di criticità** ed è **diviso rispetto alle classi definite in tabella 4.1** relativa alle uscite e al valore dello stock.

È possibile notare come il conteggio degli item con un livello di criticità pari a 0 non sia presente, questo è dovuto al fatto che, avendo un livello di criticità nullo, non risulta necessario ricontrattare il LT. La definizione del numero di tali pezzi non costituisce quindi un dato utile.



Possiamo quindi eliminare 14198 dei 20000 articoli indicativi, di partenza, dal gruppo di quelli per cui è necessario rinegoziare il LT, questa cifra costituisce più del 70% del totale.

Analizzando la distribuzione dei 5802 differenti item rimasti, è possibile notare come una grossa fetta di questi, circa il 54%, appartenga alla categoria fermo.

A prescindere dal valore dello stock di questi articoli, che genera una classificazione ABC, il livello di uscite riporta la voce “fermo” poiché questi non sono sottoposti a movimentazioni da un cospicuo lasso di tempo.

Nello scenario in cui uno degli articoli di questa categoria venisse nuovamente movimentato, essendo la valutazione dinamica, verrebbe riclassificato come “C” per le uscite e di conseguenza verrebbe considerato in maniera differente dal punto di vista della rinegoziazione dei LT.

Di conseguenza **verranno escluse della rinegoziazione tutti i 3143 articoli appartenenti alla categoria di uscite “fermo”**, a prescindere dal livello di criticità ad essi associato.

Per le categorie di articoli rimaste in analisi è necessario definire su quali intervenire con maggiore priorità, per farlo bisogna indicare, per ognuna di esse, un valore che identifichi la necessità d'intervento.

Tali valori sono stati definiti a partire dalle classi di riferimento, per la classe relativa alle **uscite** dell'item sono stati assegnati da 1 a 4 punti, distribuiti come segue.

1. **Classe A:** 4 punti;
2. **Classe B:** 2 punti;
3. **Classe C:** 1 punto.

A dipendenza della categoria di uscite il LT del fornitore può avere un grosso impatto, è rispetto alle uscite che viene definita la necessità di riordino di un articolo e, ad alti livelli, un eccessivamente alto livello di LT non permette una gestione dello stock ottimale.

Partendo dalla classe definita dal **valore dello stock** sono stati invece assegnati punti da 1 a 5, distribuiti come segue:

1. **Classe A:** 5 punti;
2. **Classe B:** 3 punti;
3. **Classe C:** 1 punto.

Il punteggio massimo assegnabile rispetto al **valore dello stock** è maggiore di quello assegnabile per le **uscite**, ciò è dovuto al fatto che il valore dello stock rappresenti una fotografia effettiva dell'impatto che ha l'elevato LT sulla gestione dell'articolo.

La classificazione delle uscite è un'indicazione piuttosto importante ma il **valore dello stock corrisponde ad una fotografia effettiva di quello che è il risultato di un LT così alto**, ed è da considerare quindi più influente.

Partendo dai valori assegnati ad ogni classe possiamo calcolare, per ognuna di esse, un indice di priorità di rinegoziazione dei LT, chiamato **Lead Time Renegotiation Index** o **LTRI**.

$$LTRI = \frac{C_{lv} + U_p + V_p}{14}$$

Formula 6.1: Definizione del Lead Time Renegotiation Index.

L'indice di rinegoziazione del LT è riportato in *formula 6.1*, i parametri necessari alla sua definizione sono  $C_{lv}$ , ovvero il **livello di criticità legato all'articolo**,  $U_p$  che rappresenta il **punteggio associato alla classe di uscite** e  $V_p$  che riporta il **punteggio associato alla classe del valore dello stock**.

Al numeratore in *formula 6.1* è riportato il numero 14, questo perché il punteggio massimo raggiungibile per ogni articolo è di 14, di conseguenza l'indice assumerà valore compreso tra 0 e 1.

In *tabella 6.4* è stato calcolato l'indice LTRI per ogni categoria di item individuata in *tabella 6.3* al fine di definire gli articoli per i quali bisogna rinegoziare il LT con più urgenza.

		Uscite								
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
		Valore Stock A			Valore Stock B			Valore Stock C		
Livello di Criticità	1	0,714286	0,571429	0,5	0,571429	0,428571	0,357143	0,428571	0,285714	0,214286
	2	0,785714	0,642857	0,571429	0,642857	0,5	0,428571	0,5	0,357143	0,285714
	3	0,857143	0,714286	0,642857	0,714286	0,571429	0,5	0,571429	0,428571	0,357143
	4	0,928571	0,785714	0,714286	0,785714	0,642857	0,571429	0,642857	0,5	0,428571
	5	1	0,857143	0,785714	0,857143	0,714286	0,642857	0,714286	0,571429	0,5

Tabella 6.3: Definizione dell'indice LTRI per ogni livello di criticità combinato alle classi ABC delle uscite e alle classi ABC del valore dello stock.

Come evidenziato in *tabella 6.3*, la necessità di intervenire con un determinato livello di priorità è strettamente legato alla tipologia di articolo, risulta chiaro infatti come le più alte priorità d'intervento

non siano assegnate soltanto ai livelli di criticità massimi ma dipendano dalle caratteristiche dello stock di riferimento.

**Vengono considerati valori di LTRI per cui è necessario intervenire nel breve periodo, tutti quelli compresi tra 1 e 0.71**, partendo da questi valori è stato identificato l'elenco di articoli sui quali effettuare le prime rinegoziazioni dei LT.

Non potendo riportare gli articoli da rinegoziare, costituendo ciò un'informazione sensibile, verrà indicato solamente il numero di rinegoziazioni da effettuare per ogni categoria di articolo.

Di seguito è riportato **l'elenco delle classi di articolo con il numero di item per cui effettuare la rinegoziazione**, le classi sono identificate da due lettere e un numero, la prima fa riferimento alla classe delle uscite, la seconda alla classe del valore dello stock, il numero fa invece riferimento al livello di criticità:

- **A-A-5:** 0 pezzi;
- **A-A-4:** 0 pezzi;
- **A-A-3:** 2 pezzi;
- **B-A-5:** 7 pezzi;
- **A-B-5:** 2 pezzi;
- **A-A-2:** 10 pezzi;
- **B-A-4:** 5 pezzi;
- **A-B-4:** 0 pezzi;
- **A-A-1:** 22 pezzi;
- **B-A-3:** 5 pezzi;
- **C-A-4:** 19 pezzi;
- **A-B-3:** 3 pezzi;
- **B-B-5:** 0 pezzi;
- **A-C-5:** 0 pezzi.

Nell'elenco è riportato il numero di item, estratto da *tabella 6.2*, appartenenti ad una categoria con un LTRI compreso tra 1 e 0.71, identificato attraverso *tabella 6.3*.

Le categorie sono ordinate per il valore corrispondente di LTRI in ordine decrescente.

Considerando l'assenza di articoli in alcune di queste categorie **sono stati identificati i 75 pezzi il cui LT ha l'impatto maggiore tra i 2659 pezzi considerati** (a valle dell'esclusione dei pezzi con livello di criticità nullo e classe di uscite pari a "fermo").

Questi 75 saranno i primi pezzi per i quali verrà rinegoziato il Lead Time.

La matrice riportata in *tabella 6.2* fa riferimento alle informazioni relative allo stock in tempo reale.

Se alcuni articoli dovessero subire una variazione di classe e quindi rientrare in una delle categorie con un LTRI compreso tra 1 e 0.71 l'operatore sarebbe in grado di visualizzarlo e avrebbe la possibilità di intervenire.

### **6.3.2 Stock presso il fornitore**

Nel capitolo 6.2.2 è stata svolta l'analisi relativa al rischio di obsolescenza la quale costituiva la prima parte del "risk management", riportato in *figura 6.2*.

In questa sezione verrà trattata la **risposta al rischio**, seconda parte di "risk management" composta dalle fasi di pianificazione e controllo.

La strategia **pianificata** per la riduzione del rischio di obsolescenza dello stock appartenente alle classi AC, BC, CC, Fermo-A, Fermo-B e Fermo-C è il **consignment stock**.

Il concetto di **consignment stock** si basa sul principio di spostare parte del proprio stock verso il fornitore, in particolare viene tenuta dal fornitore una parte dello stock presso il proprio magazzino, in modo da tenere il proprio livello di stock medio più basso.

La merce, trovandosi a stock presso il fornitore, non diventa di possesso del cliente fino al momento in cui questa viene ritirata, ciò si verifica in seguito alla necessità di ripristinare le scorte ma, essendo già pronta per essere consegnata, il LT corrispondente è nullo.

Attraverso questa strategia **lo stock medio immagazzinato dall'azienda risulta più basso e la svalutazione, legata al rischio di obsolescenza, ha un valore inferiore** rispetto alla condizione di partenza.

In *figura 6.3* è riportato l'andamento del livello delle scorte presso fornitore e acquirente, come definito dal **modello di Hill** che descrive l'applicazione del consignment stock in uno scenario composto da due soli attori.

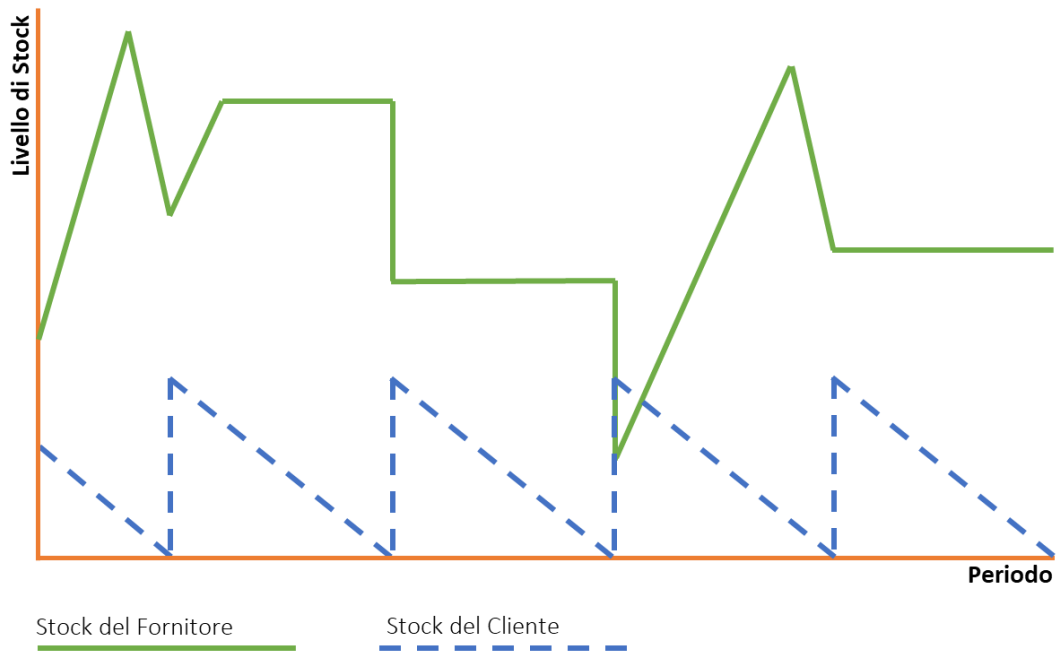


Figura 6.3: Andamento delle scorte a magazzino del fornitore e del cliente secondo il modello di Hill.

Come mostrato dal modello di Hill, rappresentato in *figura 6.3*, lo stock del cliente è mantenuto ad un livello mediamente basso.

**L'emissione di un ordine al fornitore è gestita in maniera fissa:** al raggiungimento di un determinato livello di stock del cliente, idealmente zero, viene emesso un ordine di dimensioni definite.

Il livello di stock del fornitore è legato alla produzione e agli ordini emessi dal cliente e la riduzione dello stock avviene in quantità fissa.

Per rispondere alla domanda del cliente viene fatto affidamento sulla produzione interna per mantenere un livello di stock ottimale.

In questo scenario Prima Power vestirebbe i panni del cliente.

Per pianificare al meglio l'adozione di questa strategia verrà introdotta la funzione, facente riferimento al modello di Hill, che rappresenta il **costo medio totale del sistema**.

$$C = (A_1 + nA_2) \frac{D}{nq} + h_1 \left( \frac{Dq}{P} + \frac{(P-D)nq}{2P} \right) + (h_2 - h_1) \frac{q}{2}$$

*Formula 6.2: Definizione dei costi totali in riferimento al modello di Hill.*

In *formula 6.2* è riportata la definizione dei costi totali in riferimento al modello di Hill, i parametri utilizzati per definire questo valore sono i seguenti:

- $A_1$  → costo di set-up per il fornitore;
- $A_2$  → costo di emissione dell'ordine per il cliente;
- $h_1$  → costo di giacenza annuo dell'articolo per il fornitore;
- $h_2$  → costo di giacenza annuo dell'articolo per il cliente;
- $P$  → tasso di produzione del fornitore;
- $D$  → tasso di domanda per il cliente;
- $n$  → numero di spedizioni per un lotto di prodotto;
- $q$  → quantità trasportata per singola spedizione;
- $C$  → costo medio totale del sistema per periodo di tempo unitario.

Al fine di minimizzare il parametro  $C$ , corrispondente al costo medio totale del sistema, possiamo derivare la funzione di partenza rispetto a  $q$ , in questo modo andremo ad ottenere la funzione  $C'(q)$ .

Ponendo  $C'(q)$  uguale a zero, è possibile definire il valore di quantità trasportata per singola spedizione, chiamata  $q^*$ , che permette una minimizzazione del valore di  $C$  e si calcola come riportato in *formula 6.3*.

$$q^* = \sqrt{\left( (A_1 + nA_2) \frac{D}{n} \right) / \left( h_1 \left( \frac{D}{P} + \frac{(P-D)n}{2P} \right) + \frac{h_2 - h_1}{2} \right)}$$

*Formula 6.3: Definizione della quantità trasportata per spedizione atta a minimizzare il parametro C.*

Il valore del costo minimo,  $C(q^*)$  viene calcolato come riportato in *formula 6.4*.

$$C(q^*) = 2 * \sqrt{\left( (A_1 + nA_2) \frac{D}{n} \right) \left( h_1 \left( \frac{D}{P} + \frac{(P-D)n}{2P} \right) + \frac{h_2 - h_1}{2} \right)}$$

*Formula 6.4: Definizione costo minimo.*

Nell'applicazione della strategia di **consignment stock**, Prima Power farà riferimento a questo modello il quale verrà compilato a partire dai valori relativi ai singoli articoli e ai differenti fornitori con i quali verrà applicata tale strategia.

Avendo concluso la fase di **pianificazione inerente alla risposta al rischio**, come indicato in *figura 6.2*, **il prossimo ed ultimo step previsto dal modello di "risk management" è la fase di controllo.**

Al fine di quantificare e valutare gli effetti ottenuti dall'applicazione di questa strategia, verrà fatto riferimento ad alcuni **KPI strategici** che, dopo aver registrato gli effetti ottenuti, permetteranno agli operatori di conoscere l'efficacia della strada scelta.

Di seguito verranno riportati i **KPI** identificati e le rispettive **condizioni ottimali**:

- **KPI 1:** Valore svalutato annualmente (euro).
  - **Condizione ottimale:** Valore annuo costante.
  
- **KPI 2:** Percentuale del valore dello stock a bassa movimentazione svalutato annualmente (%).
  - **Condizione ottimale:** Valore percentuale in diminuzione.
  
- **KPI 3:** Costo totale annuo per la gestione di ogni articolo soggetto a consignment stock.
  - **Condizione ottimale:** Diminuzione del costo totale.
  
- **KPI 4:** Livello di servizio effettivo relativo ad ogni articolo soggetto a consignment stock.
  - **Condizione ottimale:** Livello di servizio effettivo costante.
  
- **KPI 5:** Stock medio annuo di ogni articolo soggetto a consignment stock.
  - **Condizione ottimale:** Stock medio dimezzato.

Attraverso l'utilizzo di questi KPI verrà monitorato e valutato l'impatto che il consignment stock avrà sugli articoli soggetti a rischio di obsolescenza, ovvero quelli presenti nelle classi **AC, BC, CC, Fermo-A, Fermo-B e Fermo-C.**

## 7. Considerazioni Finali

*Questa sezione finale è dedicata alle considerazioni del sottoscritto in merito al lavoro svolto e riportato in queste pagine di elaborato.*

Il punto di partenza da cui è stata sviluppata l'analisi presenta molte problematiche.

A causa di una crescita rapida e molto ampia, caratterizzata da una serie di acquisizioni e fusioni, Prima Industrie SPA si è ritrovata con un sistema logistico caratterizzato da una forte disconnessione dei suoi componenti.

Potremmo dire che, pur rispondendo allo stesso nome, i membri del gruppo abbiano continuato a svolgere le proprie funzioni logistiche in maniera piuttosto individualistica.

All'arrivo del sottoscritto nel Service di Prima Power, Divisione Machinery di Prima Industrie, la volontà generale era quella di intervenire su questo sistema logistico, in quanto considerato inadeguato rispetto allo spessore della compagnia.

Durante lo svolgimento delle attività inerenti al tirocinio curriculare sono stati definiti i primi passi da compiere per intervenire sul problema, il progetto era stato affidato al service di cui il sottoscritto faceva parte.

L'inizio delle attività era stato fissato per marzo 2020, l'emergenza sanitaria dovuta all'epidemia causata dal virus **SARS-CoV-2** ha però impedito l'avvio di tali attività, considerate secondarie in uno scenario del genere.

L'avvio è stato quindi posticipato a fine maggio 2020, è stato proposto al sottoscritto di sfruttare questo progetto come lavoro di tesi a conclusione del percorso **di Laurea Magistrale in Ingegneria della Produzione Industriale e Innovazione Tecnologica**.

Le attività hanno così avuto inizio, le analisi sono state avviate e sono stati definiti gli obiettivi da raggiungere e le scadenze da rispettare.

La prospettiva è subito cambiata, la struttura logistica attuale non era più una problematica per il gruppo di analisi ma una grossa opportunità, doversi interfacciare ad un sistema del genere permetteva ampi margini di manovra e di miglioramento.

Le analisi sono state svolte a 360° e quelle riportate in questa tesi ne rappresentano solo una parte.



Rileggendo i risultati ottenuti, i modelli sviluppati e le strategie delineate, nelle pagine che compongono questa tesi, risulta chiaro che le analisi svolte siano andate a buon fine.

Tutti i modelli sviluppati sono stati testati, i risultati ottenuti sono tutti positivi e le strategie delineate risultano avere un grosso potenziale.

L'ottima natura dei risultati ottenuti può essere sintomo soltanto di un lavoro preciso e rigoroso da parte del gruppo che ha contribuito alle analisi trattate.

Questo lavoro di tesi è un conseguimento tanto del sottoscritto quanto di chi ha preso parte a questo progetto negli ultimi giorni, nelle ultime settimane e negli ultimi mesi.



# Bibliografia

**Materiale didattico di Programmazione della Produzione e della Logistica.** (2019-2020)

[internal material]

Available at:

Risorse del Politecnico di Torino [May. 2020].

**Materiale analitico e statistico di Prima Industrie.** (2020) [internal material]

Available at:

Risorse appartenenti a Prima Industrie [May. 2020].

**Utilizzazione superficiale.** (2009-2010) [online]

Available at:

<https://docplayer.it/16719990-Utilizzazione-superficiale.html> [May. 2020]

**Gestione delle scorte Magazzini 2.** (2005) [online]

Available at:

[http://corsiadistanza.polito.it/on-line/imp\\_industriali/pdf/U3\\_2.pdf](http://corsiadistanza.polito.it/on-line/imp_industriali/pdf/U3_2.pdf) [May. 2020].

**L'incertezza nella gestione delle scorte.** (n.d.) [online]

Available at:

<https://www.logisticaefficiente.it/qantica/supplychain/scorte/l-incertezza-nella-gestione-delle-scorte.html#:~:text=Punto%20di%20riordino%20%3D%20Ta%20> [May. 2020].

**La storia di Prima Power.** (n.d.) [online]

Available at:

<https://www.primapower.com/it/our-history> [June. 2020].

**La presenza nel mondo di Prima Power.** (n.d.) [online]

Available at:

<https://www.primapower.com/global-local> [June. 2020].

**Il service di Prima Power.** (n.d.) [online]

Available at:

<https://www.primapower.com/it/services/> [June. 2020].

**The EOQ Model with Shortages | Introduction to Management Science (10th Edition).** (2006)

[online] Available at:

<https://flylib.com/books/en/3.287.1.220/1/> [June. 2020].

**40anni di attività per Prima Industrie, storia di un'eccellenza italiana.** (2017) [online]

Available at:

<https://www.automazione.it/40anni-di-attivita-per-prima-industrie-storia-di-uneccellenza-italiana/#:~:text=Prima%20Industrie%20%C3%A8%20nata%20nel> [June. 2020].

**Il sito web di Prima Power.** (n.d.) [online]

Available at:

<https://www.primaindustrie.com/it/> [June. 2020].

**Relazione Finanziaria 2018 di Prima Industrie.** (2019) [online]

Available at:

<https://www.primaindustrie.com/wp-content/uploads/2019/03/Relazione-finanziaria-2018.pdf>  
[June. 2020].

**Logistica inbound e outbound.** (2020) [online]

Available at:

<https://www.bucap.it/news/approfondimenti-tematici/gestione-del-magazzino/logistica-inbound-outbound.htm> [June. 2020].

**Corso di Logistica e di Distribuzione II.** (2008) [online]

Available at:

[http://corsiadistanza.polito.it/corsi/pdf/01GWHDK/Log2\\_parte2\\_ver3.pdf](http://corsiadistanza.polito.it/corsi/pdf/01GWHDK/Log2_parte2_ver3.pdf) [June. 2020].

**Gestione Inventario (Stocast).** (n.d.) [online]

Available at:

[http://people.uniroma2.it/stefano.giordani/didattica/logistica/Dispense/GestioneInventario\(Stocast\).pdf](http://people.uniroma2.it/stefano.giordani/didattica/logistica/Dispense/GestioneInventario(Stocast).pdf) [June. 2020].

**La Distribuzione Normale.** (n.d.) [online]

Available at:

[http://www.biostatistica.unich.it/mat\\_didattica/medicina/La\\_distribuzione\\_normale.pdf](http://www.biostatistica.unich.it/mat_didattica/medicina/La_distribuzione_normale.pdf) [July. 2020].

**Il Consignment Stock.** (2010-2011) [online]

Available at:

<https://docplayer.it/1015337-II-consignment-stock.html> [July. 2020].

**Modelling an industrial strategy for inventory management in supply chains: the ‘Consignment Stock’ case.** (2003) [online]

Available at:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.555.8849&rep=rep1&type=pdf> [July. 2020].

