



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Gestionale

**La gestione degli approvvigionamenti nelle filiere logistiche
tramite DRP**

The management of supplyings in the logistic supply chains using DRP

Relatore: Chiar.mo

Prof. Maurizio Bevilacqua

Tesi di Laurea di:

Sara Chafir

A.A. 2019 / 2020

*A te che non ci sei più,
ma continui ad esserci.*

A te papà.

INDICE

SOMMARIO	V
INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1.....	5
GESTIONE DEGLI APPROVVIGIONAMENTI	5
1.1 DEFINIZIONE ED OBIETTIVI DELLA GESTIONE DELLE SCORTE	5
1.1.1 Cosa sono le scorte	6
1.1.2 Classificazione.....	8
1.2 I COSTI DELLE SCORTE	12
1.2.1 Costo di mantenimento	12
1.2.2 Costo di Emissione dell'ordine.....	14
1.2.3 Costo di penuria.....	15
1.2.4 Altre fonti di costo	16
1.3 I MODELLI PER LA GESTIONE DELLE SCORTE	17
1.4 LE POLITICHE DI GESTIONE A SCORTA (<i>PULL</i>)	19
1.4.1 Il modello del lotto economico d'acquisto	20
1.4.2 Il modello EOQ con ritardo di consegna (<i>back order</i>).....	26
1.4.3 Il modello del lotto economico a valore EOQ_v	28
1.4.4 Lotto economico di produzione EPQ	28
1.4.5 Il lotto economico di produzione multiprodotto.....	30
1.5 LE POLITICHE DI GESTIONE A FABBISOGNO (<i>PUSH</i>)	30
1.5.1 Il MRP (<i>Materials Requirements Planning</i>)	31
1.5.2 Aspetti generali dei sistemi MRP	32
1.5.3 Parametri di Input del sistema MRP	37
1.5.4 L'aggiornamento dei piani MRP	39
CAPITOLO 2.....	43
STRUMENTI DI VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI DEI SISTEMI DI GESTIONE DELLE SCORTE....	43
2.1 INDICI DI PRESTAZIONE NEL CONTROLLO DELLE SCORTE	43
2.2 IL CONTROLLO E LA GESTIONE DELLE SCORTE	48
2.2.1 Analisi ABC.....	48
2.2.2 Procedimento di analisi ABC	52

2.3	LA MATRICE ABC INCROCIATA	57
2.4	LA MATRICE ABC/XYZ.....	59
CAPITOLO 3		63
IL MAGAZZINO		63
3.1	PREMESSA	63
3.2	BENEFICI E COSTI DEL MAGAZZINO	63
3.3	TIPOLOGIE DI MAGAZZINO	65
3.3.1	<i>Sistemi manuali di immagazzinamento</i>	68
3.3.2	<i>Magazzini intensivi automatizzati</i>	80
3.4	GLI INDICI DI PERFORMANCE DEL MAGAZZINO	87
3.5	LA PROGETTAZIONE DEL MAGAZZINO: LO STOCCAGGIO.....	89
3.6	LA PROGETTAZIONE DEL MAGAZZINO: ALLOCAZIONE E MAPPATURA DELLA MERCE.....	90
3.7	MODELLI DI PICKING E OTTIMIZZAZIONE DELLE RELATIVE AREE	94
3.8	LA SPEDIZIONE	97
CAPITOLO 4		99
LEAN PRODUCTION		99
4.1	IL CONTESTO STORICO E LE ORIGINI	99
4.2	I PRINCIPI DEL LEAN THINKING	101
4.3	TOYOTA PRODUCTION SYSTEM.....	105
4.3.1	<i>Le tre tipologie di spreco</i>	106
4.3.2	<i>Just in Time</i>	110
4.3.3	<i>Jidoka</i>	111
4.3.4	<i>Heijunka</i>	111
4.3.5	<i>Standardizzazione</i>	113
4.3.6	<i>Kaizen</i>	113
4.4	STRUMENTI DEL TPS.....	115
4.4.1	<i>Le 5 S</i>	115
4.4.2	<i>Single Minute Exchange of Die – SMED</i>	118
4.4.3	<i>Supermarket</i>	118
4.4.4	<i>Kanban</i>	119
4.5	CRITICHE AL TPS	119
CAPITOLO 5		121
KANBAN		121

5.1	COS'È IL KANBAN	121
5.2	CLASSIFICAZIONE KANBAN	123
5.3	DIMENSIONAMENTO	125
5.4	KANBAN ELETTRONICO	127
5.5	PROBLEMATICHE	128
	CONCLUSIONE	130
	SITOGRAFIA.....	133
	RINGRAZIAMENTI.....	136

Sommario

Questa tesi di laurea ha lo scopo di affrontare il tema della gestione degli approvvigionamenti nelle filiere logistiche.

L'obiettivo di questo progetto è quello di introdurre una serie di strumenti per la gestione della produzione ai fini di ridurre le dimensioni ed i costi dei magazzini, allineare la produzione alle richieste del mercato e servire il cliente nel miglior modo possibile.

La prima parte dell'elaborato definisce il concetto di scorta di magazzino chiarendo il loro peso nel sistema logistico produttivo dal punto di vista economico. Vengono quindi mostrati i tradizionali metodi di gestione delle scorte. Inoltre, l'elaborato tratta le metodologie e gli aspetti da considerare che stanno alla base della scelta, della progettazione e della realizzazione di un magazzino, evidenziando tutti i fattori che concorrono al dimensionamento dello stesso. Successivamente viene spiegata la filosofia della *Lean Production*, con i relativi principi e strumenti, e verrà evidenziato come questa si differenzi dalle tradizionali tecniche di gestione della produzione in quanto permette di avere un flusso tirato riducendo al minimo le scorte. Si concentrerà in particolare l'attenzione sul *Kanban*, descrivendone le tipologie ed il funzionamento.

Introduzione

Le aziende, per affrontare la crescente competitività del mercato, devono confrontarsi non solo sul rapporto qualità-prezzo del prodotto ma anche su livello di servizio che consiste nella puntualità delle consegne di materie prime ai reparti di produzione e di prodotti finiti al cliente, riduzione del ciclo temporale di rifornimento con lo scopo di ridurre le giacenze, in altre parole: sicurezza di avere il prodotto giusto al posto giusto, nel momento giusto ed al costo proporzionato.

Dal primo dopoguerra sino ad oggi l'attenzione delle imprese è stata rivolta ad una ricerca di sempre maggior efficienza che ha comportato sostanziali cambiamenti nell'organizzazione del sistema logistico, che comprenda tutte le attività dall'approvvigionamento di materiali fino alla distribuzione di prodotti finiti (*supply chain*), andando conseguentemente ad incidere in maniera profonda anche sulla struttura stessa del canale distributivo.

All'interno del canale distributivo, un ruolo centrale è ricoperto da quelle strutture a cui è deputato lo stoccaggio delle merci e la riconfigurazione dei flussi logistici: i magazzini. È in quest'area che i materiali vengono ricevuti, posizionati, custoditi, prelevati per la loro destinazione finale.

Il magazzino è, quindi, il vero centro operativo, in cui si realizza tutta l'attività logistica dell'azienda. Lungi dall'essere solamente un luogo destinato al contenimento delle merci in attesa di spedizione, all'interno di un moderno canale distributivo, i magazzini risultano uno spazio indispensabile per la corretta gestione dei processi produttivi o dei processi di vendita, incidendo sulla quantità e la qualità dei flussi in transito attraverso il magazzino stesso.

Uno dei ruoli più importanti della logistica industriale all'interno di una realtà aziendale è quello di definire i livelli di materiale a magazzino in modo da soddisfare la domanda prevista utilizzando nel miglior modo possibile le risorse a disposizione.

Le scorte di magazzino hanno un'importanza fondamentale per la sopravvivenza stessa dell'azienda, non tanto in regime deterministico, quanto nei casi in cui è incerta la quantità di materiale richiesta dalla utenza durante il periodo di approvvigionamento. Infatti, in caso di emergenza si attingerà dalle scorte di magazzino, evitando così il rischio di perdere una parte del mercato per inadempienza, di registrare un mancato guadagno e di pagare delle penali ai clienti.

Le aziende, negli ultimi anni, affrontano sempre con più attenzione le problematiche che riguardano le quantità di materiali costituenti gli approvvigionamenti, non solo perché esse danno luogo a problemi di gestione operativa, ma soprattutto perché rappresentano una parte consistente del capitale circolante. Le crescenti difficoltà incontrate nella conduzione degli impianti industriali rendono ogni giorno più impellente il ricorso a metodi analitici in grado di assicurare una razionale pianificazione ed un efficace controllo della gestione dei materiali.

Se per un verso, le metodologie di controllo degli inventari sviluppate in occidente sono state orientate ad elaborazioni via via più sofisticate e complesse, basate sull'impiego di moduli integrati in sistemi informativi di produzione, in Giappone, per contro, si è messa in discussione l'opportunità stessa dell'investimento in scorte, in un più ampio sforzo rivolto al contenimento degli sprechi.

Il corpo di questo scritto è suddiviso in cinque capitoli.

Il primo capitolo è fondamentale per effettuare una corretta analisi logistica dell'impresa. Infatti, è dedicato alle definizioni teoriche dei tipi, dei costi e delle funzioni delle scorte. Nella seconda parte del capitolo sono poi introdotti i sistemi per la gestione delle scorte: il modello base è caratterizzato dall'andamento della domanda noto e costante ed è chiamato modello di Wilson. Quando, invece, la domanda o il tempo di riordino sono considerati aleatori, i modelli possono essere di due tipi: sistemi di gestione a punto d'ordine (dove vengono ordinate quantità costanti ogni qualvolta la scorta raggiunge un certo livello) oppure a riordino

periodico (nei quali gli intervalli fra due ordini sono costanti e varia l'entità dei lotti acquistati).

Il secondo capitolo tratta gli strumenti più utilizzati per monitorare efficacemente i sistemi di gestione le scorte, ovvero: gli indici di prestazione, l'analisi ABC, la matrice ABC incrociata e la matrice ABC/XYZ.

Il terzo capitolo tratta la gestione vera e propria del magazzino. Dopo aver introdotto le diverse tipologie a seconda della modalità di classificazione, e spiegato l'utilità che riveste all'interno di ciascuna impresa, vengono descritte le principali attività di magazzino: ricevimento della merce, stoccaggio, preparazione dell'ordine e spedizione.

Il quarto capitolo inizierà presentando la storia della *Lean Production*, dalla sua nascita in Toyota al suo sviluppo in Occidente; a seguire, si descriveranno nel dettaglio i concetti base di questa metodologia, pertanto, si metteranno in evidenza i cinque principi di Womack e Jones e i sette sprechi definiti da Taiichi Ohno, per poi introdurre la *House of Lean*, che riassume in un semplice schema le principali tecniche sviluppate in Toyota.

Nel quinto ed ultimo capitolo si focalizza su uno degli strumenti di cui si avvale la *Lean Production*: il *Kanban* chiarendone il funzionamento, le tipologie, i pregi e i difetti.

CAPITOLO 1

GESTIONE DEGLI APPROVVIGIONAMENTI

Per poter agire in modo efficace sull'amministrazione delle giacenze, al fine di ottimizzarne la gestione, è necessario conoscere a fondo le variabili sulle quali si sta intervenendo. Questo primo capitolo serve appunto a fare chiarezza sui concetti basilari, trattando non solo i tipi, i costi e le funzioni delle scorte, ma introducendo anche i più importanti approcci e modelli che studiano come renderne più efficiente la gestione.

1.1 Definizione ed obiettivi della gestione delle scorte

La gestione delle scorte mira a definire la migliore modalità per ordinare e conservare le merci in magazzino ed è un'esigenza sentita dalle aziende di ogni tipo, siano esse commerciali, di produzione o di erogazione.

Un'amministrazione ottima delle scorte punta a garantire un migliore funzionamento dell'organizzazione aziendale e, se possibile, ad un aumento dei profitti. Per raggiungere questi obiettivi di lungo termine, però, è necessario tradurli in risultati operativi e finanziari che trovino riscontro nel lavoro quotidiano. I tre campi in cui promuovere miglioramenti sono:

- livello di servizio (*customer service*);
- costi di stoccaggio (*inventory costs*);
- costi operativi (*operating costs*).

La politica migliore non consiste nel perfezionamento di uno di questi punti a discapito degli altri: se manca il profitto, l'azienda fallisce nel breve termine, se manca un livello di servizio adeguato, il cliente sparisce e l'azienda fallisce nel lungo termine.

È, quindi, compito del responsabile dell'*inventory management* procedere ad una valutazione completa trovando il giusto equilibrio fra obiettivi finanziari e di *marketing*.

1.1.1 Cosa sono le scorte

Con il termine scorta, chiamata anche giacenza o stock, si indica qualsiasi prodotto che un'impresa conserva a magazzino per un impiego futuro.

Questo *surplus* di merci è motivato dalla necessità di contrastare la variabilità che può esserci nelle attività dell'azienda:

- **Variabilità della domanda:** l'azienda ha a che fare con condizioni sempre mutevoli a cui si deve adeguare rapidamente. Per limitare il rischio di *stock-out* le aziende mantengono delle scorte che permettono di far fronte ad aumenti della domanda nel breve periodo senza modificare la capacità produttiva.
- **Stagionalità:** l'azienda non potendo soddisfare la domanda tutta in una volta è costretta ad iniziare la produzione molto prima di quanto avrebbe potuto se la capacità produttiva fosse uguale o maggiore alla domanda.
- Il **lead time di fornitura** è intrinsecamente portatore di scorta in quanto l'azienda che esaurisce un componente dovrà aspettare il tempo necessario al fornitore per realizzarlo. Questo non è accettabile e quindi si ricorre alle scorte per continuare a produrre.
- Sempre legati alla fornitura sono i **ritardi** nelle consegne rispetto a quanto concordato. L'azienda per non rischiare di non poter soddisfare le richieste del cliente preferisce mantenere in scorta una parte di componenti per poter coprire la domanda anche nel periodo non previsto. Questo viene fatto con la scorta di sicurezza.
- **Problemi tecnici**, rotture e malfunzionamenti dei macchinari sono avvenimenti reali che l'azienda deve cercare di superare indenne.

La variabilità è quindi legata a fattori interni all'azienda come logistica, colli di bottiglia, guasti ecc. e a fattori esterni come l'affidabilità dei fornitori e l'imprevedibilità dei mercati. Nel primo caso la variabilità è detta endogena, nel secondo è chiamata esogena.

Oltre a queste vi sono anche **motivazioni economiche**:

- In presenza di macchinari con alti costi di attrezzaggio si richiedono **economie di scala** di produzione.
- Nel caso in cui vi siano **sconti** legati alla **quantità** di prodotti acquistati si preferiscono realizzare economie di scala d'acquisto.
- Qualora vi fossero costi fissi di trasporto si vogliono realizzare **economie di scala** nel trasporto.
- Infine, quando vi sono condizioni economiche vantaggiose come **cambi** favorevoli o **abbassamento dei costi delle materie prime** l'azienda potrebbe approfittarne acquistandone ben più del necessario.

Il modo di concepire le scorte è profondamente cambiato a partire dalla seconda metà del '900. Si pensi che meno di quarant'anni fa le scorte erano viste come un sostituto delle previsioni, come un rimedio all'incertezza del mercato, come una tattica concorrenziale, in breve, come una panacea di tutti i mali dell'impresa. Al giorno d'oggi, invece, è molto più facile che il magazzino sia abbinato all'idea di "male necessario", senza il quale non è possibile garantire il funzionamento della *supply chain*. In ogni caso, le scorte assumono un significato ed un valore diverso in base al contesto in cui vengono analizzate. In ottica finanziaria, le giacenze rappresentano il capitale investito dall'azienda nell'acquisto di merci che si intendono vendere in futuro. Da un punto di vista macroeconomico, esse sono considerate degli importanti riferimenti riguardo il ciclo economico che si sta attraversando. Nello specifico, il tasso di entrata ed uscita di merci nelle società di produzione è spesso usato come indicatore della relazione fra domanda ed offerta di mercato. Nei mercati dove le aziende tendono ad avere i magazzini pieni si parla di una situazione di *oversupply* (offerta eccessiva) e si assiste, di solito, ad un elevato potere contrattuale degli

acquirenti; nel caso contrario, invece, quando il livello di scorte è basso, è facile vendere ma difficile comprare, il che può generare la paura di non riuscire ad acquistare determinati beni quando se ne ha bisogno.

1.1.2 Classificazione

Per capire il ruolo delle scorte di magazzino è necessario precisare il contesto a cui si fa riferimento, in quanto la loro funzione cambia in base al tipo di azienda e in base al diverso stadio del ciclo di produzione. La letteratura è ricca di suddivisioni che rispondono a criteri e modalità diverse; una prima scomposizione è quella che osserva le scorte a seconda del processo di trasformazione economica nel quale intervengono:

- **Prodotti Finiti:** cioè scorte di materiali che hanno finito il loro ciclo di lavorazione e sono pronti per essere venduti o spediti.
- **Materiali d'acquisto:** si tratta di tutti quei componenti che l'impresa ordina da fornitori esterni e che andranno a formare un prodotto finito.
- **Componenti realizzati internamente o sotto-assemblati:** derivano da qualche tipo di processo interno all'azienda, vengono accumulati per essere poi trasformati in prodotti finiti.
- **Materiali in fase di lavorazione:** anche detti *Work in Progress* (WIP). Comprendono anche i materiali di proprietà dell'azienda che vengono mandati a fornitori esterni per delle lavorazioni.
- **Ricambi.**
- **Materiali di manutenzione.**

Oltre a questa ripartizione, ce ne sono molte altre che si basano più sulla funzione ricoperta dalle scorte che non sul loro stato di trasformazione. Si riassumono di seguito le principali suddivisioni, in funzione delle caratteristiche più importanti:

- una tra le più importanti categorie di rimanenze è quella delle **Scorte di sicurezza** (*safety stock*).

Nella maggior parte dei casi, i clienti non informano l'azienda con sufficiente anticipo per quanto riguarda i volumi dei loro acquisti. È l'impresa, quindi, che deve essere capace a stimare la domanda futura e ridurre al massimo i *lead time*¹, per fare in modo di avere sempre a disposizione tutti gli articoli chiesti dai clienti. Anche la più accurata previsione, tuttavia, può sbagliare; le scorte di sicurezza nascono appunto per neutralizzare queste imprecisioni. Un'altra importante funzione delle *safety stock* è quella di compensare i fallimenti da parte dei fornitori, come ad esempio mancate spedizioni, spedizioni di merci errate, guasti nell'impianto di produzione, ritardi, ecc.; la presenza di un livello di sicurezza nella gestione delle scorte si rivela, inoltre, particolarmente utile per la determinazione delle quantità e dei tempi di riordino. Le scorte di sicurezza sono definite dalla seguente formula:

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

Dove:

- σ è la deviazione standard della domanda dell'articolo considerato durante il *Lead Time*.
 - LT è il *Lead Time* ossia il tempo necessario affinché le scorte vengano ripristinate.
 - z è un numero ricavato statisticamente attraverso una distribuzione normale al variare del livello di servizio che l'azienda si propone di dare al cliente, cioè la probabilità di riuscire a soddisfare un suo ordine.
- Anche le **scorte stagionali** hanno la funzione di assorbire le fluttuazioni negli acquisti e/o nelle vendite. In questo caso, però, le oscillazioni sono

¹ Per *lead time* si intende il tempo che intercorre fra il momento in cui l'ordine viene formalizzato (o la produzione viene autorizzata) ed il momento in cui la merce arriva in azienda (o completa una specifica fase di produzione)

relativamente prevedibili in quanto si registrano con una certa costanza e ad intervalli solitamente regolari.

- Si hanno **scorte di ciclo** nel momento in cui uno o più stadi del processo produttivo non riescono a fornire contemporaneamente tutti gli articoli che devono essere prodotti.
- Un altro tipo di rimanenze che possiamo trovare nelle aziende di produzione sono quelle che potremmo chiamare **scorte di processo**. Esse si creano nel momento in cui i materiali devono spostarsi fra diverse aree o dipartimenti specializzati in fasi diverse del ciclo produttivo; in ognuna di queste aree il lavoro è pianificato in modo relativamente indipendente dalle altre, così da massimizzare l'utilizzazione e l'efficienza a livello locale. Può, quindi, succedere che due stadi adiacenti operino con capacità, velocità o produttività differenti; in questi casi si ha che, da un lato, le scorte di processo si formano inevitabilmente a causa dei diversi tassi di produzione mentre, dall'altro lato, esse sono la ragione stessa per cui i vari processi possono permettersi di programmare il lavoro in maniera autonoma ed indipendente.
- L'accumularsi di scorte può derivare da un espediente studiato per raggiungere economie di scala. Il costo medio ed unitario per l'acquisto o la produzione di un articolo decresce all'aumentare della dimensione del lotto, poiché è possibile ripartire i costi fissi di ordinazione o di *set-up* per una quantità maggiore; molti fornitori offrono poi sconti sulla merce in caso si acquistino grossi quantitativi. Si consideri, inoltre, che la produzione in larga scala consente di migliorare la qualità dei prodotti e di diminuire quelli difettati, grazie ad un ininterrotto processo di apprendimento. Ordinando quantità più grandi consente di ripartire meglio i costi di trasporto ed aumentare il potere contrattuale dell'azienda nei confronti del fornitore. È necessario, però, ricordare che tutte le considerazioni fatte finora, naturalmente, sono valide solamente fino a

quando i maggiori costi di stoccaggio non vanno ad annullare i vantaggi derivanti dalle economie di scala.

- Un altro tipo di scorta che può venirsi a creare dipende dal fatto che i materiali non possono essere trasportati istantaneamente dal punto di fornitura al punto di domanda. Prendiamo una situazione che si verifica molto comunemente: nel momento in cui il produttore o distributore riceve l'ordine, colloca il prodotto nel magazzino adibito alle spedizioni, lo imballa, lo carica nel camion, lo trasporta e lo scarica nel magazzino del destinatario. Nell'istante in cui il fornitore riceve l'ordine dal cliente gli riserva il prodotto che, di conseguenza, non è più disponibile ad altri clienti; da quel momento fino a quando la merce raggiunge il magazzino dell'acquirente, si dice che essa costituisce *pipeline inventory* (**scorta di convoglio** o di distribuzione).
- Un'ultima particolare categoria è quella delle **scorte detenute a fini speculativi**. Nel momento in cui ci si aspettano aumenti di prezzo o diminuzioni nell'offerta, l'azienda può ritenere conveniente investire in ordini di quantità rilevanti, nonostante ciò comporti l'aumento dei costi di stoccaggio; lo stesso ragionamento può essere fatto anche nel caso in cui l'azienda sia a conoscenza di una possibilità di scioperi da parte dei dipendenti dei fornitori o dei trasportatori. In tutte le occasioni appena citate, l'aumento del livello di scorte ha l'obiettivo di tutelare l'azienda e garantire la sua normale attività; può però succedere che, in vista di aumenti di prezzo, l'azienda decida di acquistare maggiori quantitativi di merce con l'intenzione di vendere solo nel momento in cui si registra l'effettivo aumento di prezzo. In questo caso l'azione non è volta a proteggere l'azienda, ma ha fini deliberatamente speculativi, volti ad aumentare i profitti senza realmente creare valore aggiunto.

1.2 I costi delle Scorte

Nei precedenti paragrafi si è spiegato come un elevato livello di scorte fornisca maggiori garanzie circa la soddisfazione dei clienti; maggiori sono le rimanenze, minore è il rischio che l'azienda si trovi senza merci da processare o da vendere e, di conseguenza, maggiore è la probabilità di riuscire ad evadere tutti gli ordini, incassandone i relativi pagamenti. Il rovescio della medaglia è dato dal fatto che scorte maggiori comportano spese maggiori che le imprese devono inevitabilmente sostenere. Quello che l'azienda si trova a valutare, sostanzialmente, è la scelta fra acquistare o produrre un bene nel momento futuro in cui si riceve l'ordine, piuttosto che acquistarlo o produrlo oggi e mantenerlo in magazzino fino a quando sarà richiesto. Questo dipenderà, fra le altre cose, dai costi di stoccaggio e dalla funzione di produzione dell'impresa: se con l'aumento della produzione si generano diseconomie di scala e si stima una domanda crescente in futuro, allora può essere conveniente produrre oggi una quantità maggiore e tenerla in deposito fino a domani; nel caso contrario, se un lotto di dimensioni maggiori genera economie di scala, oggi può essere più conveniente aspettare per produrre di più domani. Si capisce che l'obiettivo primario è, quindi, trovare il giusto *trade-off* tra tutti questi fattori, e per fare questo è fondamentale avere chiaro in mente come tutti questi costi interagiscano fra loro.

1.2.1 Costo di mantenimento

È legato alla conservazione della merce a magazzino ed è formato da diverse voci di costo:

- I **costi di stoccaggio** (o di magazzinaggio) sono quelli legati al fatto che l'azienda stia fisicamente mantenendo dei prodotti all'interno dei suoi depositi. Le spese, generalmente, sono per lo più dovute ad affitti, riscaldamento ed illuminazione dei locali; possono, tuttavia, rivelarsi particolarmente elevate nel caso in cui il magazzino debba soddisfare dei particolari requisiti in termini di temperatura, come ad esempio le celle

frigorifere, o di sicurezza se la merce conservata ha un elevato valore intrinseco. A questo proposito possono assumere un peso consistente anche i premi annui da pagare per assicurare i locali e le merci in essi contenute. Per quanto riguarda l'incidenza di questi costi, difficilmente la loro entità può essere influenzata dalla politica di gestione delle scorte; in effetti, fintanto che le rimanenze non superano la capacità del deposito, non vi sono particolari ragioni per cui dovrebbero emergere delle spese straordinarie. La questione sorge, piuttosto, quando il magazzino non è più in grado di contenere tutti i prodotti che l'impresa desidera conservare. In questi casi, infatti, è necessario affittare degli ulteriori depositi, oppure utilizzare a tale scopo degli spazi che potrebbero altrimenti essere sfruttati per fini più redditizi.

- **Costi di deprezzamento delle scorte.** Quando si ordinano grossi quantitativi, è probabile che una parte della merce rimanga in magazzino per un arco di tempo abbastanza lungo. Il rischio che si corre in questi casi è legato al fatto che gli articoli possano diventare obsoleti o possano rovinarsi col trascorrere del tempo. Nello specifico il deprezzamento può manifestarsi in diverse forme:

- c'è deterioramento totale se il prodotto non può più ritenersi idoneo ad essere venduto;
- si corre il rischio che un articolo possa divenire tecnologicamente superato, con una conseguente commercializzazione solamente al netto di uno sconto rilevante o come parte di ricambio;
- si possono verificare furti, rotture, evaporazioni, ecc..

Questa serie di rischi ha assunto, negli anni, un peso sempre maggiore; con l'accorciamento del ciclo di vita dei prodotti e la continua innovazione ed introduzione di nuove versioni, questo aspetto è diventato di assoluta importanza nella definizione delle politiche di magazzino e nell'analisi dei relativi costi.

- **Costo del capitale:** questa voce di costo, nella valutazione di un magazzino, non può certamente essere trascurata; la permanenza prolungata delle merci nei depositi aziendali può, per certi versi, essere paragonata all'investimento in un capitale che non sta generando nessuna entrata in cassa. L'azienda, dopo aver ricevuto la merce dal fornitore, deve procedere al pagamento della stessa entro un termine relativamente breve. Allo stesso modo, l'azienda aumenta le sue disponibilità liquide solo nel momento in cui i clienti pagano per la merce che acquistano. Tuttavia, il tempo che intercorre fra l'uscita e l'entrata di denaro può essere anche piuttosto lungo, a seconda dell'attività condotta dall'azienda e dal tipo di accordi stipulati con gli altri componenti della *supply chain*. In questo periodo, è l'impresa stessa a dover finanziare le sue scorte; il costo del capitale, quindi, è dato dagli interessi passivi pagati per contrarre un prestito o dal costo opportunità che si sostiene per non averli investiti altrove.

1.2.2 Costo di Emissione dell'ordine

Comprende tutte quelle spese che l'azienda dovrà affrontare per effettuare il ripristino delle scorte. Il ripristino può avvenire in due modi:

- **ordine d'acquisto** cioè quando si ordina ad un fornitore un componente. In questo caso i costi d'ordinazione dovranno comprendere tutti i costi amministrativi legati alla sua emissione di cui fanno parte: costo del personale che prepara l'ordine, costo documentazione, costo per il reperimento dei dati del magazzino, costo di ricerca del fornitore e valutazione del fornitore. Questi costi rappresentano la parte fissa del costo di emissione dell'ordine d'acquisto. La parte variabile invece è data dai costi di trasporto che variano in funzione del volume e della distanza.

Costo ordine d'acquisto = costo amministrativo + costo trasporto

- **ordine di produzione** è invece rivolto ai reparti produttivi interni all'azienda in questo caso il costo di emissione dell'ordine è legato alle fasi di verifica della capacità produttiva e alla preparazione della documentazione relativa alla produzione. Il costo più rilevante è però rappresentato dal fermo impianto dovuto all'attrezzaggio dei macchinari.

Costo ordine di produzione = costo preparazione + costo setup

Qualunque sia il caso in questione, la funzione di costo può mostrare una costruzione diversa a seconda della circostanza. Il caso più semplice è quello in cui i costi di ordinazione siano direttamente proporzionali alla quantità prodotta. Un'altra situazione è quando i costi e le quantità siano legati da una funzione concava, ossia ogni unità aggiuntiva ordinata o prodotta costi meno della precedente. Un caso particolare è quello in cui la funzione di costo sia costituita da una quota proporzionale, che aumenta con l'aumentare della quantità, e da una quota fissa, che rimane costante indipendentemente dalle dimensioni dell'ordine e che ha, dunque, un'incidenza sempre minore con l'ingrandirsi del lotto. Si può avere una funzione di costo concava anche nel caso in cui l'azienda possa raggiungere delle economie di scala con l'aumento della produzione, per esempio sfruttando il più possibile quei macchinari che sono stati acquistati ad un prezzo più alto. Allo stesso modo, se l'azienda compra anziché produrre, si possono realizzare economie di scala nel momento in cui i fornitori siano disposti ad offrire degli sconti quantità sul prezzo di listino per ordinativi di grosse dimensioni.

1.2.3 Costo di penuria

Il costo di penuria (chiamato anche *stock-out cost* o *penalty cost*) ha origine in una situazione in cui la domanda eccede l'offerta, determinata considerando sia la produzione corrente che le scorte accumulate in passato. Per la maggior parte delle aziende, infatti, è praticamente impossibile garantire che la domanda sia sempre soddisfatta in ogni circostanza, soprattutto quando le vendite future sono fortemente incerte. Nel momento in cui alcuni ordini non vengono evasi si generano

dei costi, che si manifestano in modo diverso nelle varie aziende: se la domanda arriva da clienti esterni, c'è la probabilità che essi decidano di fare affari con qualcun altro; se, invece, la domanda giunge internamente da uno dei processi successivi, lo *stock-out* può provocare lunghi tempi di attesa, macchinari inattivi, inefficienze e, possibilmente, la delusione del cliente esterno che subisce gli effetti di questi ritardi. Il costo di penuria, dunque, si sostiene quando non si può soddisfare con prontezza la domanda per mancanza di merce. Se il cliente attende, generalmente, si hanno penalità per consegne ritardate, danni per fermate, costi maggiori perché si deve ricorrere ad acquisti urgenti, ecc.. Se, invece, non indugia, si perde la vendita ed il relativo guadagno. In entrambi i casi occorre tener conto, inoltre, dei futuri possibili mancati profitti, dei danni d'immagine, della perdita di competitività e della promozione della concorrenza.

1.2.4 Altre fonti di costo

Oltre alle tipologie di spesa esposte fino ad ora si possono manifestare degli altri costi, generalmente di entità minore che, però, a seconda dell'attività svolta dall'azienda, possono assumere un peso significativo. Un esempio può essere quello dei costi di trasporto, intesi come gli oneri da sostenere per movimentare gli articoli dentro e fuori ai magazzini aziendali. Solitamente, questi sono semplicemente computati ai costi delle giacenze come avviene per tutte le normali spese di manodopera diretta. Può, tuttavia, succedere che il costo unitario di trasporto dipenda dall'ammontare delle scorte: rimanenze particolarmente voluminose; altre volte, può accadere che delle rimanenze eccessive richiedano lo sfruttamento di spazi normalmente non utilizzati, con dei costi di movimentazione più alti degli standard. Come risultato si ha che, quando le scorte superano una determinata soglia, i costi di carico, trasporto e scarico assumano una certa importanza. Un altro onere che viene spesso ignorato quando si studia l'amministrazione delle scorte è quello relativo ai carichi fiscali. Le tasse, infatti, possono rappresentare un elemento di costo rilevante e, talvolta, riescono ad influenzare le politiche di gestione delle rimanenze.

1.3 I modelli per la gestione delle scorte

Si è capito come le scorte siano necessarie al funzionamento dell'azienda ma allo stesso tempo rappresentino degli impegni finanziari ingenti e dei costi collegati che non possano essere sottovalutati. La gestione delle scorte si prefigge, in buona sostanza, di risolvere le problematiche relative a qualità, quantità, tempo e luogo associati alle giacenze di magazzino.

Gli obiettivi sono essenzialmente tre interconnessi tra loro:

- **Efficacia Economica** e quindi ridurre i costi legati alla gestione delle scorte.
- **Efficacia Finanziaria** cioè avere un numero di scorte che sia sufficiente per il ciclo di lavorazione ma che non sia eccessivamente elevato da rappresentare un immobilizzo finanziario che invece potrebbe essere destinato ad altri investimenti.
- **Efficacia Gestionale**, garantendo la disponibilità del materiale utili per eseguire i processi aziendali nella giusta quantità, nell'adeguata varietà, rispettando le tempistiche richieste.

Gestire ottimamente le scorte di magazzino significa essere in grado di rispondere adeguatamente a due problematiche:

- **quanta** scorta ordinare e conservare in magazzino, considerando gli obiettivi di costo e livello di servizio;
- **quando** emettere un ordine di approvvigionamento, per assicurare la puntuale alimentazione dei processi produttivi e distributivi ed eludere ogni rischio di insoddisfazione della domanda interna o esterna.

Le tecniche di gestione delle scorte si dividono essenzialmente in due tipi di logica gestionale che si differenziano per l'orizzonte temporale a cui si riferiscono:

- **Gestione a ricostituzione della scorta** anche detta **Look Back**.

È la tipologia più semplice da utilizzare in quanto l'unico parametro da tenere sotto controllo è la quantità presente in magazzino. Qualora questa

dovesse scendere sotto un determinato livello essa viene riordinata andando per ripristinare la giacenza originaria, coprendo il bisogno di materiale. I parametri considerati sono i consumi ed i tempi di approvvigionamento passati. L'utilizzo di questa logica di gestione comporta una quantità di scorte piuttosto elevata rispetto a quella ottenibile mediante la gestione a fabbisogno. La logica Look Back viene utilizzato su prodotti a domanda indipendente come prodotti finiti o pezzi di ricambio.

- **Gestione a fabbisogno o *Look Ahead***, in questo caso il materiale viene ordinato in base al fabbisogno futuro basandosi sulle quantità e le tempistiche presenti nei piani di produzione. In questo secondo caso il livello delle scorte è più basso ma la programmazione è molto più complessa. I prodotti gestiti così sono solitamente quelli a domanda dipendente ossia assieme, componenti e materie prime. Il loro fabbisogno è legato ai consumi del prodotto finito che andranno a formare e lo si può ricavare attraverso il Piano Principale di Produzione o *Master Production Plan* (MPS).

Per entrambi gli approcci è ormai consolidata la tendenza a “sostituire le scorte con le informazioni”. Si investe in tecnologie informatiche per ridurre, a valori minimi accettabili, i livelli delle scorte.

A fronte di tali approcci ci sono due famiglie di politica di gestione delle scorte:

- a **scorta** (politiche dette anche *pull-tirare*). Si basano sul principio di ricostituire le scorte quando esse risultano insufficienti rispetto alla domanda prevista. Le politiche più note sono quelle a quantità o a tempo fisso. I principali elementi critici connessi a tali politiche sono la determinazione del livello di riordino, del lotto economico, dell'intervallo di rintegro.

Il tempo di produzione, P-time (*Production time*), è maggiore del tempo di consegna, D-time (*Delivery time*), quindi

$$\frac{P}{D} > 1$$

Una derivazione della politica pull è quella detta “a ripristino” o “snella”: quando la scorta viene adoperata dall’utente/cliente interno, la stazione a monte o il fornitore provvederanno a ripristinare il livello di magazzino preesistente.

- a **fabbisogno** (politiche dette anche *push*-spinta). Sono quelle basate sulla pianificazione della produzione. Se il lavoro si sviluppa come programmato, esso procede da un centro di lavorazione a quello successivo previsto dal programma. Tale politica si basa sul presupposto di fabbricare le parti e mandarle dove esse occorreranno o in magazzino, spingendo in questo modo il materiale lungo la produzione, secondo il programma. Il tempo di consegna, D-time, è maggiore o al limite uguale al P-time, quindi

$$\frac{P}{D} \leq 1$$

La politica a fabbisogno più nota è il *Material Requirement Planning* (MRP) e gli elementi critici di tale politica sono il Piano di Produzione, la Distinta Base, i *Lead time* di consegna e movimentazione.

1.4 Le politiche di gestione a scorta (*Pull*)

Nei casi in cui si adotti una politica “a spinta”, la dimensione delle scorte può essere definita sulla base non del piano di produzione quanto, piuttosto, alla luce dell’esigenza di garantire un adeguato livello di servizio al cliente, in termini di *lead time* di consegna adeguati.

1.4.1 Il modello del lotto economico d'acquisto

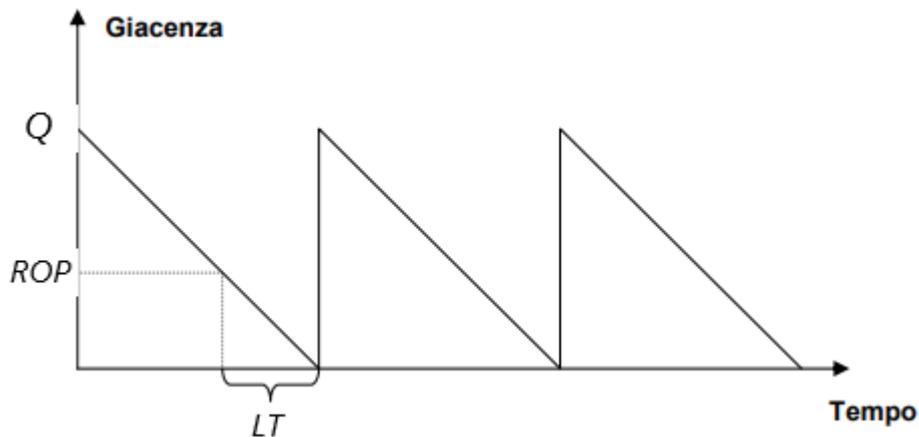
Nel definire le proprie politiche di approvvigionamento le imprese si trovano ad affrontare un vero proprio dilemma economico, dove la riduzione dei costi di mantenimento conseguente alla riduzione del livello delle scorte implica un lotto d'acquisto molto basso, con conseguente aumento dei costi di ordinazione e trasporto. Dall'altro canto, la minimizzazione dei costi di ordinazione e trasporto richiede un rifornimento in unica soluzione, con gravose conseguenze sul livello del capitale investito nelle scorte.

A tale fine, un utile strumento utilizzato è il **Modello di Wilson** o del **Lotto Economico di Acquisto** (detto EOQ dall'inglese *Economic Order Quantity*). Secondo tale modello, il problema della gestione delle scorte è connesso alle componenti del costo di mantenimento e del costo di ordinazione. Le quantità da ordinare dipendono esclusivamente da questi componenti di costo, nella misura in cui all'aumentare dei costi di mantenimento verrà privilegiato l'acquisto di lotti più piccoli, per cui il quantitativo di scorta magazzino sarà esiguo, mentre all'aumentare dei costi sarà privilegiato l'acquisto più grandi, essendo questi costi direttamente connessi al numero delle ordinazioni. Si profila, così, un **trade-off** tra l'andamento dei due componenti di costi, in quanto i costi di mantenimento sono direttamente proporzionali alla quantità di scorta presente in magazzino e indipendente dal numero di ordinazione effettuate, mentre i costi di ordinazione, al contrario, dipendono dal numero di ordini ma non dalla quantità acquistata². Più in particolare, il modello del lotto economico ipotizza i costi di mantenimento direttamente proporzionale alla **giacenza media** di periodo: acquistando maggiori quantitativi, la consistenza media delle merci aumenta proporzionalmente, e appaiono più elevati i costi di mantenimento.

² Brandolese A., Pozzetti A., Sianesi A., Gestione della produzione industriale, Hoepli, Milano, 1991

Il modello EOQ prevede l'esistenza di un livello di riordino ROP, detto anche *Order Point*, in corrispondenza del quale si dà luogo al riordino di un lotto, in quanto il tempo di approvvigionamento LT è generalmente diverso da zero (Figura 1.1).

Figura 1.1 - Andamento delle scorte a magazzino nel tempo



Fonte: Brandolese A., Pozzetti A., Sianesi A., Gestione della produzione industriale, Hoepli, Milano, 1991

Il LT definisce dunque il livello di giacenza in corrispondenza del quale emettere un'ordinazione di entità pari a Q, in modo da premunirsi da rotture di stock nel tempo di approvvigionamento.

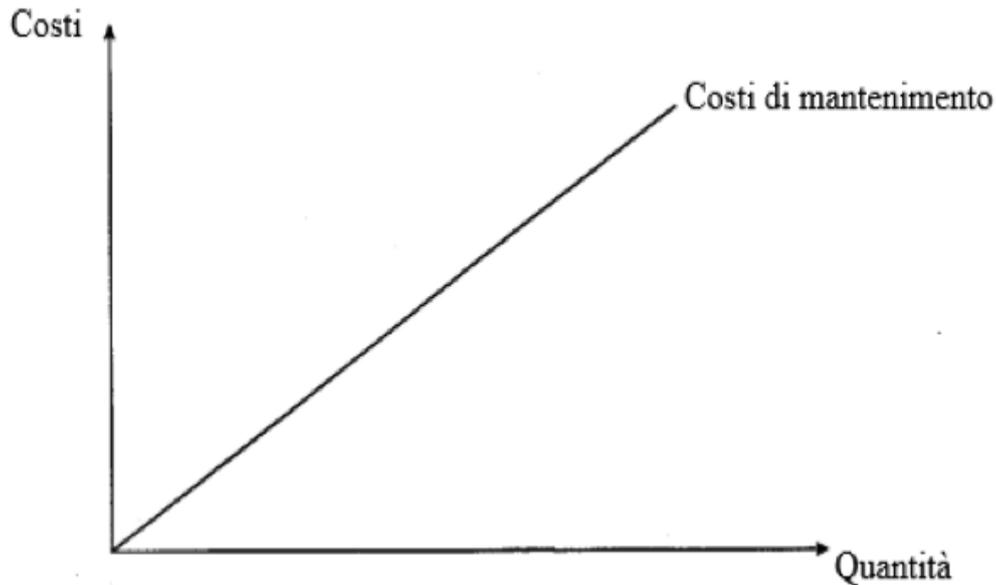
I dati e le ipotesi del modello EOQ sono:

- P: prezzo unitario degli articoli che andremo ad ordinare;
- D: domanda annuale del prodotto, costante nel tempo;
- Q: quantità da ordinare;
- C: costo emissione ordine;
- $H = P \cdot F$: costo di giacenza.

Il modello del lotto economico ipotizza i costi di mantenimento direttamente proporzionali alla **giacenza media** di periodo: acquistando maggiori quantitativi, la consistenza media delle merci aumenta proporzionalmente, e risultano più elevati i

costi di mantenimento. Ponendo sull'asse delle ascisse le quantità e sull'asse delle ordinate i costi, la curva del costo di mantenimento è espressa da una retta passante per l'origine con un andamento crescente come quello descritto dalla Figura 1.2.

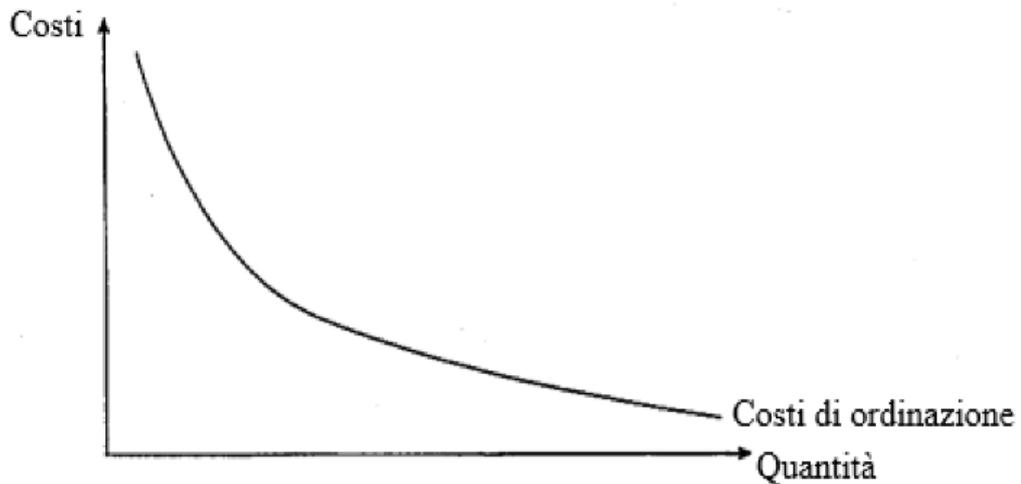
Figura 1.2 - Rappresentazione grafica del costo di mantenimento



Fonte: Brandolese A., Pozzetti A., Sianesi A., Gestione della produzione industriale, Hoepli, Milano, 1991

I costi di ordinazione, invece, non dipendono dalla quantità presente in magazzino, ma sono legati al numero delle ordinazioni effettuate. Il costo di ordinazione è dunque da considerarsi fisso, perché non dipende dalle quantità acquistate, ma legato esclusivamente al numero delle ordinazioni. Il costo unitario di ordinazione è decrescente, perché all'aumentare delle quantità acquistate il costo fisso verrà "spalmato" sul numero superiore di unità con l'effetto di ridursi. Graficamente il costo di ordinazione è rappresentato da un'iperbole equilatera, come riportato nella Figura 1.3.

Figura 1.3 - Rappresentazione grafica del costo di ordinazione

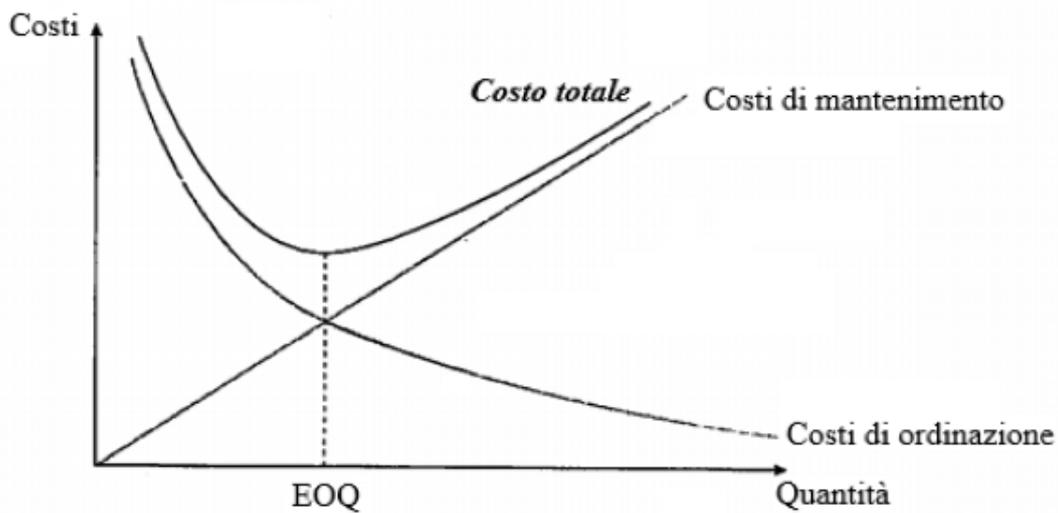


Fonte: Brandolese A., Pozzetti A., Sianesi A., Gestione della produzione industriale, Hoepli, Milano, 1991

Dalla somma dei costi di mantenimento e di ordinazione otteniamo il costo totale di gestione delle scorte. Questa curva ha un andamento iperbolico, e presenta un punto di minimo in corrispondenza del **lotto economico di acquisto**; esso rappresenta la quantità che ordinata di volta in volta consente di ottimizzare la gestione delle giacenze, perché il costo totale raggiunge il suo punto di minimo e si trova una risoluzione al *trade-off* tra i due costi parziali: il punto di incontro tra le due curve dei costi parziali coincide con il punto di minimo della funzione dei costi totali e, dunque, con il lotto economico di acquisto. Il grafico nella Figura 1.4 riporta le curve dei costi parziali, di mantenimento e di ordinazione e del costo totale.

Nella Figura 1.4 si evidenziano gli andamenti delle curve dei costi in funzione delle quantità. Il costo di mantenimento cresce in modo proporzionale al crescere delle quantità, il costo di ordinazione decresce al crescere delle quantità, mentre il costo totale decresce fino alla quantità EOQ, poi continua a crescere. EOQ rappresenta il lotto economico di acquisto, in corrispondenza del quale il costo di ordinazione e di mantenimento si eguagliano. Si tratta ora di determinare la quantità EOQ che rende minimo il costo totale di gestione delle scorte. Introduciamo per questo il modello matematico del modello Wilson.

Figura 1.4 - Rappresentazione grafica del costo totale di gestione delle scorte



Fonte: Brandolese A., Pozzetti A., Sianesi A., Gestione della produzione industriale, Hoepli, Milano, 1991

Per stabilire la quantità economica EOQ è sufficiente scrivere la funzione di costo totale (C_{tot}), pari alla somma

- del costo totale d'acquisto (C_a) che, per le ipotesi viste, è semplicemente pari al prodotto di P per la quantità acquistata D (uguale alla domanda), e non dipende quindi dalla dimensione del lotto:

$$C_a = P \cdot D;$$

- del costo di emissione ordini (C_L), per cui bisogna calcolare dapprima il numero di lotti ordinati, corrispondenti al numero di ordini emessi; se la grandezza del lotto è pari a Q e se ordino D unità allora avrò ordinato $\frac{D}{Q}$ lotti; indicando con C il costo unitario di ordinazione, il costo totale di ordinazione sarà:

$$C_L = C \cdot \frac{D}{Q};$$

Dalla formula si evince semplicemente che CL è inversamente proporzionale alla grandezza Q del lotto;

- e del costo di mantenimento (Cm), che può essere scritto come:

$$Cm = P \cdot F \cdot \frac{Q}{2};$$

e quindi proporzionale a Q.

Sommando i tre termini si ha:

$$C_{tot} = P \cdot D + C \cdot \frac{D}{Q} + P \cdot F \cdot \frac{Q}{2}$$

Per determinare la dimensione ottimale del lotto di ordinazione è ora sufficiente uguagliare a zero la derivata della precedente espressione rispetto a Q:

$$\frac{dC_{tot}}{dQ} = -\frac{CD}{Q^2} + \frac{PF}{2} = 0 \Rightarrow EOQ = \sqrt{\frac{2CD}{PF}}$$

A questo punto sono, però, utili alcune precisazioni.

Anzitutto, nel calcolo del costo totale non abbiamo tenuto conto dei costi di acquisto, nell'ipotesi di un'influenza nulla di questi ultimi sulla determinazione dei costi totali. I costi d'acquisto nella maggior parte dei casi, dipendono, infatti, dalle quantità acquistate, e all'aumentare di queste ultime il prezzo richiesto dai fornitori tende a diminuire. Nel calcolo del lotto economico di acquisto abbiamo considerato la domanda stabile non esposta a variazioni per circostanze occasionali o stagionali: si è ipotizzato la perfetta conoscenza delle realtà aziendali e delle tendenze future.

Il modello EOQ prevede che il prezzo d'acquisto P, oltre ad essere noto, sia indipendente dalla quantità acquistata. Nel caso in cui tale condizione non si verifichi, il prezzo diviene funzione del lotto d'acquisto e ciò comporta, da un lato, variazione sul costo di mantenimento a scorta, dall'altro discontinuità sulla curva dei costi totali.

Quindi in presenza di prezzo che diminuisce all'aumentare del volume acquistato, va individuata la quantità che è conveniente acquistare.

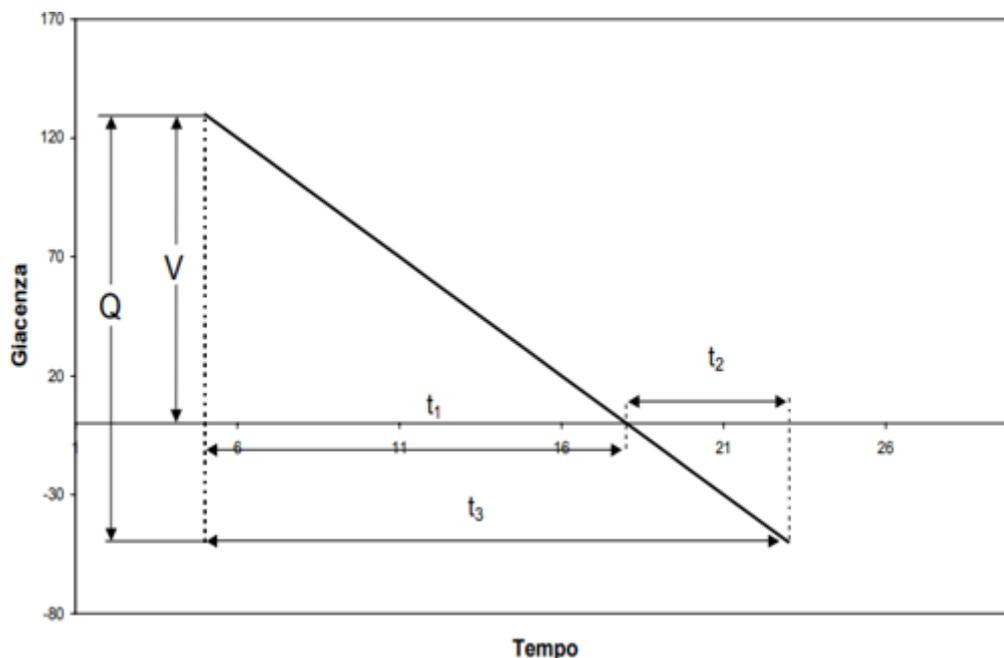
Procedimento:

- Si valutano i valori di EOQ per tutti i prezzi praticabili;
- Per il valore valido di EOQ (quello che ricade all'interno del campo di praticabilità del prezzo) e per tutti i valori di quantità ad esso superiori in corrispondenza dei quali si ha variazione di prezzo si calcola il costo totale della gestione;
- Si sceglie di ordinare la quantità a cui corrisponde il valore minimo del costo totale.

1.4.2 Il modello EOQ con ritardo di consegna (*back order*)

In presenza della possibilità di effettuare la consegna di parte del prodotto richiesto con ritardo, il modello più idoneo a descrivere la situazione è EOQ con *back-order*.

Figura 1.5 - Modello EOQ con *back order*



Fonte: Bevilacqua M., Slide del corso di Logistica Industriale, UNIVPM, a.a. 2019/2020

Il modello valuta il costo di gestione durante il periodo t_3 , pari alla somma dei tempi durante cui si ha consegna senza ritardo t_1 e con ritardo t_2 .

Si valuta in seguito il costo totale su base annua moltiplicando il costo di periodo t_3 per il numero di periodi di lunghezza t_3 presenti in un anno.

Costo della giacenza durante t_1 :

$$C + P \cdot F \cdot \frac{V^2}{2D}$$

Costo del ritardo di consegna durante t_2 :

$$K \frac{(Q - V)^2}{2D}$$

Costo della gestione durante t_3 :

$$P \cdot Q + C + P \cdot F \cdot \frac{V^2}{2D} + K \frac{(Q - V)^2}{2D}$$

Essendo il numero di periodi di tipo lunghezza t_3 presenti in un anno pari a $\frac{D}{Q}$, si ricava il costo annuo come:

$$TC = P \cdot D + C \cdot \frac{D}{Q} + P \cdot F \cdot \frac{V^2}{2Q} + K \frac{(Q - V)^2}{2Q}$$

Calcolando e ponendo pari a zero le espressioni delle derivate parziali del costo totale TC rispetto alla quantità ordinata Q ed alla quantità consegnata senza ritardo V, si ottiene

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2CD}{PF}} \cdot \sqrt{\frac{PF + K}{K}} \qquad V_0 = \sqrt{\frac{2CD}{PF}} \cdot \sqrt{\frac{K}{PF + K}}$$

Il punto di riordino risulta pari a: $ROP = D \cdot LT / N - (Q_0 - V_0)$.

Il massimo ritardo di consegna è: $T_{\text{delay}} = (Q_0 - V_0) / D$.

1.4.3 Il modello del lotto economico a valore EOQ_v

A causa della difficoltà di stimare in maniera corretta il costo di emissione dell'ordine ed il costo unitario di giacenza, si può ricorrere al concetto di lotto economico a valore EOQ_v .

Tale approccio rende non necessaria la stima dei parametri sopra elencati e consente di passare ad una gestione più efficiente.

L'espressione del lotto economico a valore è la seguente:

$$Q_0 = P \cdot EOQ = P \cdot \sqrt{\frac{2CD}{PF}} = \sqrt{\frac{2C}{F}} \cdot \sqrt{PD} = k \cdot \sqrt{V}$$

Volendo mantenere costante il numero di ordini, la costante k dovrà soddisfare le seguenti condizioni per ogni articolo:

$$k_i = \frac{Q_{v,i}}{\sqrt{V_i}}$$

Indicando con m_i il numero di ordini con cui è gestito l'acquisto di ogni articolo si avrà:

$$m_i = \frac{V_i}{Q_{v,i}} = \frac{V_i}{k_i \cdot \sqrt{V_i}} = \frac{\sqrt{V_i}}{k_i}$$

Il valore della costante k da utilizzare per tutti gli articoli al fine di determinare il lotto economico a valore EOQ_v si ricava dalla:

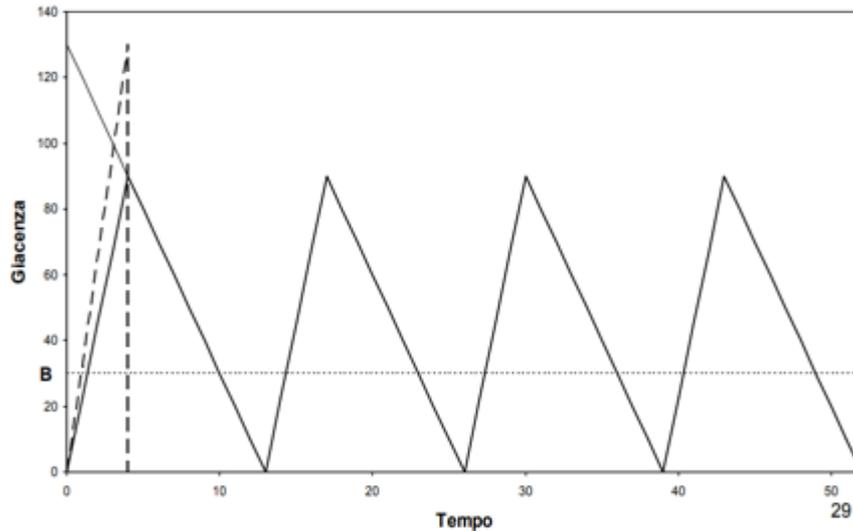
$$k = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{V_i}}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

1.4.4 Lotto economico di produzione EPQ

Il modello del lotto economico di produzione rappresenta una variante del modello EOQ adatta ai processi di produzione, che prevedono l'attività produttiva estesa per un periodo di tempo limitato. Nel modello EPQ, a differenza del modello

EOQ, il costo C va più correttamente interpretato come costo di *set-up*. Esso, inoltre, prevede un riempimento graduale del magazzino. La decisione fornita dalla applicazione del modello permette di stabilire il valore della quantità ottima da produrre.

Figura 1.5 - Modello EPQ



Fonte: Bevilacqua M., Slide del corso di Logistica Industriale, UNIVPM, a.a. 2019/2020

L'espressione del costo totale a valore è la seguente:

$$TC = P \cdot D + C \cdot \frac{D}{Q} + P \cdot F \cdot \frac{Q(p-d)}{2p}$$

dove:

p: è la velocità con cui i prodotti vengono inseriti in magazzino,

d: è la domanda per unità di tempo.

Derivando l'espressione del costo totale rispetto alla quantità da produrre si ottiene:

$$EPQ = \sqrt{\frac{2CD}{PF \cdot \frac{p-d}{p}}} \quad B = \frac{D \cdot LT}{N}$$

1.4.5 Il lotto economico di produzione multiprodotto

Il lotto economico di produzione multiprodotto determina il numero ottimo m di lanci di produzione minimizzando il costo totale.

Per il singolo articolo si avrà:

$$\bar{G}_i = \frac{(p_i - d_i) \cdot t_p}{2} = \frac{(p_i - d_i) \cdot D_i}{2 \cdot m \cdot p_i} \quad Q_i = p_i \cdot t_p = \frac{D_i}{m}$$

L'espressione del costo totale sarà:

$$TC = \sum_i P_i \cdot D_i + m \cdot \sum_i C_i + \frac{1}{2 \cdot m} \cdot \sum_i P_i \cdot D_i \cdot F_i \cdot \frac{p_i - d_i}{p_i}$$

Derivando l'espressione del costo totale rispetto ad m si ottiene:

$$m_0 = \sqrt{\frac{\sum_i P_i \cdot D_i \cdot F_i \cdot \frac{p_i - d_i}{p_i}}{2 \cdot \sum_i C_i}}$$

Dove m_0 rappresenta il numero ottimo di lanci di produzione che non tiene in considerazione dei vincoli di capacità produttiva.

Nel modello la capacità produttiva viene espressa in funzione del numero dei giorni lavorativi disponibili per effettuare m_0 ripetizioni della produzione degli n prodotti.

Indicando con N il numero di giorni lavorativi annui la condizione di vincolo sulla massima capacità produttiva diventa:

$$N \geq \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{p_i} \quad \frac{N}{m_0} \geq \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{p_i}$$

1.5 Le politiche di gestione a fabbisogno (*Push*)

Le politiche di gestione delle scorte a fabbisogno sono le più diffuse, specialmente presso le aziende occidentali. Tali politiche si basano sostanzialmente da un lato sulle

previsioni di vendita, quindi sui materiali essenziali per effettuare la produzione necessaria a soddisfare tale previsione, dall'altro sulla presenza di una "scorta di sicurezza" più ridotto possibile, finalizzata a compensare variazione non previste dalla domanda sia dei prodotti finiti che semilavorati e materie prime per il ciclo produttivo.

1.5.1 Il MRP (*Materials Requirements Planning*)

La più nota tra tali politiche è quella detta MRP (*Materials Requirements Planning*), proposta sul finire degli anni '60, che ha come obiettivo quello di minimizzare le scorte facendo coincidere la disponibilità dei materiali con il momento della loro utilizzazione.

La tecnica di elaborazione MRP è stata usata, sin dai suoi inizi, per le sue capacità più elementari; fondamentalmente è una tecnica che, per determinare i fabbisogni dei componenti, lavora all'indietro partendo dalle quantità schedate e dalle date specificate nel piano principale di produzione. Essa consente di determinare **quali** componenti sono richiesti, **quando** sono richiesti e **quando** devono essere ordinati affinché siano disponibili quando occorrono. Il sistema MRP è in genere un sistema computerizzato che pianifica le date per le quali i materiali diventano pronti. Inizialmente, era stato adottato come sistema di controllo del magazzino che forniva i report con le date in cui i materiali dovevano essere ordinati. Nell'uso odierno che in genere si fa del termine MRP, si intende la tecnica per calcolare i componenti di un componente genitore senza alcuna considerazione sulla capacità produttiva (MRP a capacità infinita).

La logica della tecnica MRP ha portato, in fase successiva, a sistemi computerizzati che forniscono informazioni per la pianificazione e il controllo dei fabbisogni tenendo conto della capacità produttiva non infinita (MRP a capacità finita). I sistemi si sono evoluti e ora costituiscono un elemento chiave in un sistema informatico per programmare e controllare le operazioni di produzione e gli acquisti. I sistemi MRP sono molto utili poiché consentono di schedare le operazioni fornendo le

precedenze negli acquisti e negli ordini di reparto. Il sistema MRP può essere, quindi, considerato la base del controllo delle attività di controllo di reparto, dei venditori e per la pianificazione dettagliata della capacità; quando include anche la controeazione e il controllo degli ordini dei venditori si parla di sistema MRP ad anello chiuso.

Quando le capacità di un sistema MRP ad anello chiuso sono estese alle risorse finanziarie, si parla di MRP II o di programmazione delle risorse per la produzione. Esso costituisce un mezzo di simulazione che fornisce anche le informazioni sull'uso di risorse nei vari piani che sono stati ipotizzati. Le informazioni sui livelli di magazzino, sulla necessità di espansione, e sulla forza lavoro richiesta sono utili per coordinare il mercato, la finanza ecc..

1.5.2 Aspetti generali dei sistemi MRP

I sistemi MRP si possono ritenere sistemi informativi computerizzati progettati per gestire l'ordinazione e la schedulazione di articoli a domanda dipendente. I programmi MRP vengono aggiornati periodicamente, di solito una volta alla settimana, per incorporare le ultime modifiche nei dati di input relativi alla produzione, le informazioni e le schedulazioni più recenti; sostanzialmente essi forniscono una programmazione temporale dei materiali molto precisa con un piano di precedenza assegnate alle varie ordinazioni, un efficiente controllo dei materiali nel magazzino ed una immediata rischedulazione qualora si verificassero cambiamenti nei piani. In aggiunta, un sistema MRP tende a mantenere i livelli di magazzino al minimo e assicura che i materiali richiesti siano disponibili quando c'è effettivamente bisogno di essi.

Le funzioni basilari che lo rendono molto utile e prezioso sono quindi:

- 1) programmazione e controllo degli ordini: quanto e quando ordinare;
- 2) pianificazione delle priorità: le date attese devono essere in accordo con le necessità aziendali;

- 3) definizione di una base per pianificare i fabbisogni di capacità e sviluppo dei piani commerciali estesi.

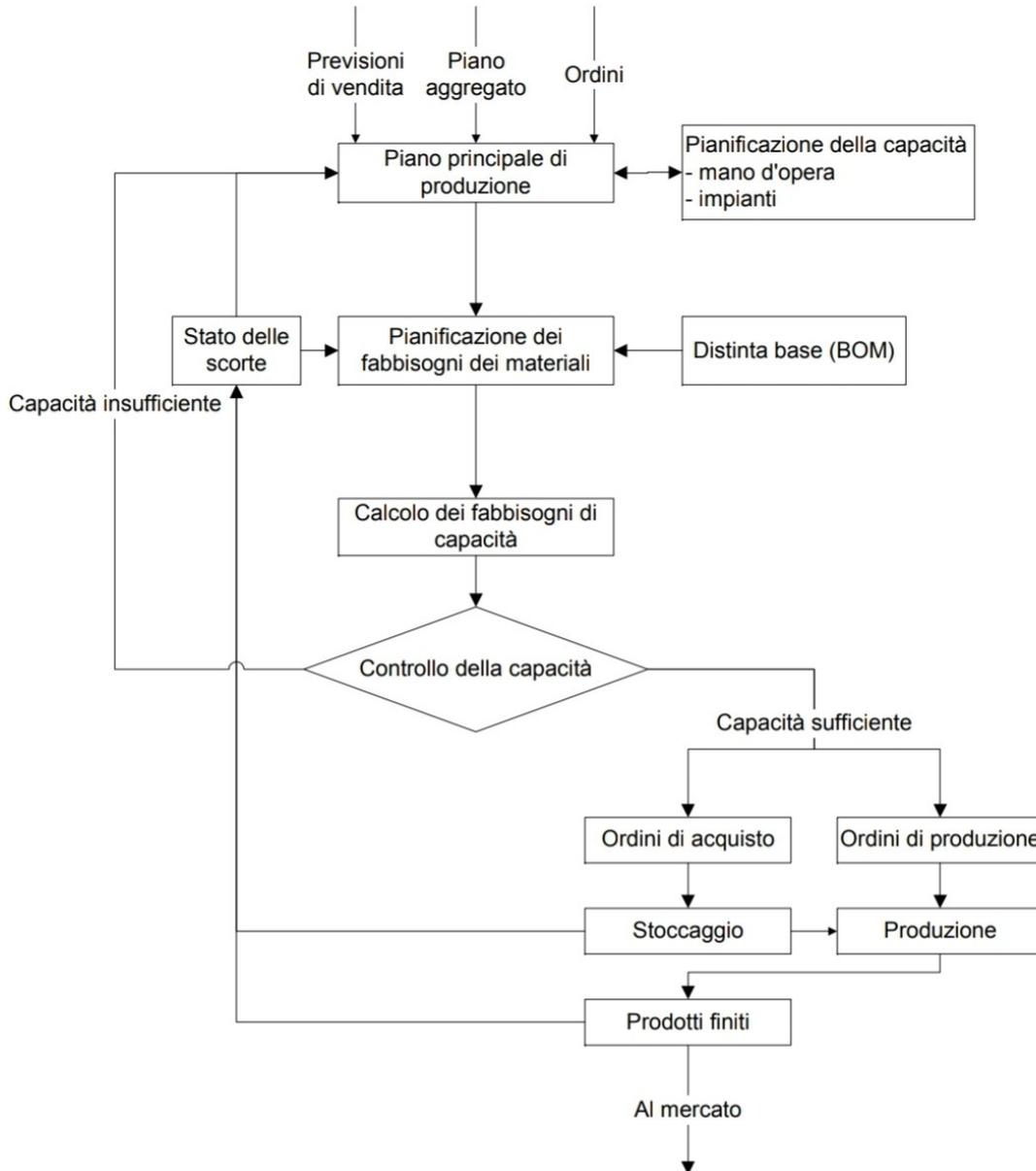
In altre parole, la programmazione MRP definisce il periodo di tempo nel quale il lavoro deve essere eseguito e quindi il materiale reso disponibile per poter produrre i vari componenti e sottoassiemi per realizzare nei tempi dovuti i prodotti finiti rispettando così la data di consegna prevista dal piano principale di produzione (MPS); è proprio partendo dal prodotto finito che il sistema MRP genera la schedulazione necessaria per tutte le richieste di più basso livello (assiemi, sottoassiemi, componenti).

Il processo di programmazione MRP comincia con una schedulazione di prodotto finito che è convertito in una schedulazione di sottoassiemi, componenti e materie prime, necessarie per produrre quei prodotti finiti, in quello specifico riferimento.

Il sistema MRP consente, quindi, di rispondere a tre domande: cosa è necessario, quanto e quando è necessario. Le informazioni primarie per un sistema MRP sono costituite dal documento di progettazione noto come distinta base che non è altro che l'elenco degli ingredienti che vanno nel prodotto finale, dalla schedulazione MPS che ci definisce il tipo di articolo, il numero di articoli e il periodo in cui deve essere pronto, le registrazioni di magazzino che dicono quanti articoli sono in giacenza e quanti in ordinazione. Queste informazioni sono elaborate dal sistema al fine di determinare i fabbisogni per ogni periodo dell'orizzonte di programmazione.

Nel diagramma di flusso di Figura 1.6 è mostrato un sistema MRP come strumento per coordinare le attività per supportare la produzione definendo i fabbisogni di materiali e di capacità nella produzione stessa. Il programma MRP, che realizza i calcoli dei fabbisogni secondo la tecnica MRP, è il cuore del sistema costituito dai dati iniziali di input e dall'anello chiuso di *feedback*. Il diagramma mostra i tipi di informazione sviluppati dai calcoli MRP e quelle che devono essere mantenute per far lavorare bene il sistema.

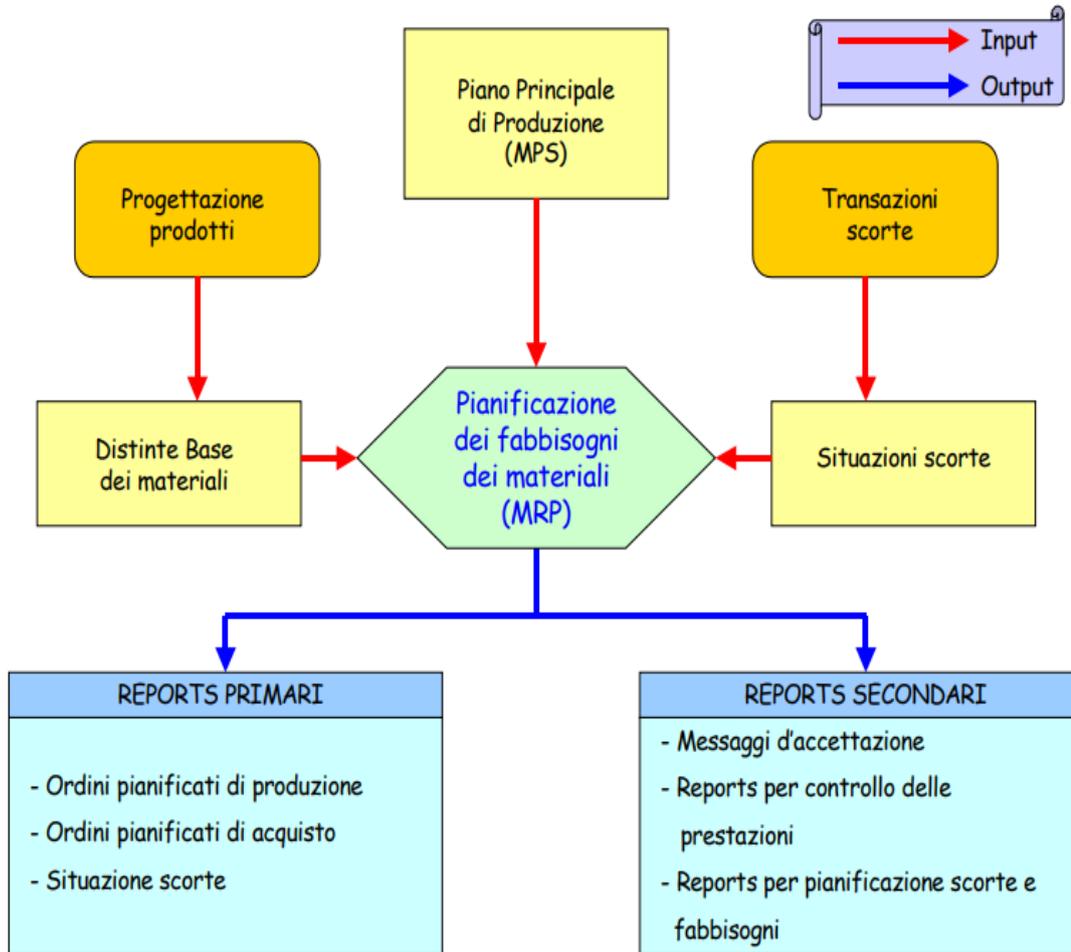
Figura 1.6 - Il sistema informativo di produzione



Fonte: Bevilacqua M., Slide del corso di Logistica Industriale, UNIVPM, a.a. 2019/2020

Il sistema, alla fine dell'elaborazione, produce: programmi temporali per l'emissione degli ordini, variazione sugli ordini, rapporti di programmazione, rapporti di eccezioni, rapporti di controllo delle prestazioni, e variazioni di magazzino.

Figura 1.7 - Input ed Output di un sistema MRP



Fonte: < www.infologis.biz >

Il sistema MRP fornisce i piani dettagliati dei fabbisogni di materiali, componenti e assiemi, che devono essere acquistati o prodotti e le date in cui gli ordini devono essere rilasciati.

La pianificazione dei fabbisogni segue la logica illustrata in Tabella 1.1

Domanda	Risposta
<i>Cosa si deve produrre?</i>	<i>Ciò che sta nel MPS</i>
<i>Quali e quanti componenti occorrono?</i>	<i>Quelli forniti dalla distinta base</i>
<i>Quanti sono già stati programmati e sono disponibili in futuro</i>	<i>Quelli forniti dalle registrazioni di magazzino</i>
<i>Quanti altri ne servono?</i>	<i>Quelli necessari meno quelli in magazzino</i>
<i>Quando devono essere ordinati?</i>	<i>In un periodo anticipato dei lead time</i>

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

Quando gli ordini di acquisto vengono rilasciati ai fornitori viene pattuita una data di consegna. Con queste informazioni e con quelle che pervengono in seguito dai venditori si tiene aggiornata la proiezione di magazzino. Si può assumere che i dati dell'ultima settimana sono quelli di input per il programma che viene fatto girare settimanalmente. Allo stesso modo sono usate le informazioni sugli stati correnti degli ordini di produzione interni.

Informazioni in retroazione come le precedenti permettono di migliorare i piani consentendo l'aggiornamento degli stessi e sono quelle che chiudono il *loop*. Nel sistema MRP ad anello chiuso i piani sono più aggiornati perché sono basati su informazioni aggiornate delle condizioni attuali e future. Le informazioni che si ottengono dal sistema MRP sono relative anche a:

- quali ordini devono essere emessi,
- quali ordini devono essere accelerati e ritardati,
- quali ordini devono essere cancellati e sospesi,
- quali ordini sono pianificati per il futuro.

1.5.3 Parametri di Input del sistema MRP

I sistemi MRP, per realizzare in maniera corretta i loro compiti, richiedono tre tipi di informazione che sono relative:

1. al piano MPS dei prodotti finiti;
2. alla distinta dei materiali (*BOM, Bill of Material*) che contiene dettagli su quale materiale componente e sottoassiemi costituiscono il prodotto finito;
3. alla registrazione dello stato di magazzino.

Il piano MPS traccia i contorni del piano di produzione per tutti i prodotti finiti; la distinta base dei materiali contiene informazioni su tutti i materiali, componenti o sottoassiemi necessari per produrre ogni prodotto finito: sono disponibili le informazioni su ogni prodotto, come il codice dell'articolo, la descrizione, la quantità di componenti per assieme, il prossimo e più grande assieme e la quantità di materiali necessaria per ogni prodotto finito. La registrazione dello stato di magazzino invece mantiene informazioni sullo stato di tutti gli articoli in magazzino utilizzabili e disponibili di cui si deve tenere conto nella programmazione MRP.

Sarà il sistema MRP a determinare, successivamente, partendo dal piano MPS e dalla distinta base, la maggior parte delle richieste dei componenti.

- **Il piano MPS**

Una schedulazione MPS è un elenco che stabilisce:

- i. il tipo di articolo da produrre tra quelli del piano aggregato che possono provenire da domanda esterna, da previsioni, da domanda interna, da richieste dei magazzini per costruire scorte periodiche,
- ii. la quantità che deve essere prodotta e
- iii. le scadenze, vale a dire i periodi per cui devono essere pronte tali quantità.

I piani MPS suddividono l'orizzonte di pianificazione in una serie di periodi (*time buckets*), in genere settimane. Non è necessario che la durata dei periodi sia la stessa: infatti, i periodi del futuro più immediato possono essere in settimane mentre quelli relativi a un futuro più distante possono essere in mesi, trimestri o più, in quanto questi ultimi sono relativi più a una schedulazione di tentativo che ad esigenze come quelle a brevissimo termine.

- **La distinta dei materiali**

Nella programmazione con tecniche MRP, la distinta base gioca un ruolo molto importante. Essa è una serie di "file" che contiene la "ricetta" per ogni prodotto finito.

Ogni ricetta contiene le informazioni su quali materiali, componenti, sottoassiemi entrano nel prodotto finale, informazioni contenute in quello che è spesso noto con il nome di "file" della struttura del prodotto. Nel "master file" della parte sono contenute, inoltre, tutte le informazioni standard su ogni articolo come il numero di identificazione delle parti, la descrizione, l'unità di misura, il lead time di produzione o di approvvigionamento, ecc..

Va ricordato che la distinta deve essere tale che definisca non solo la struttura del prodotto facendo una lista di tutti i componenti necessari per realizzarlo, ma anche le varie fasi nel processo di produzione; per questo motivo, l'elencazione nella distinta base è fatta in maniera gerarchica e definisce la struttura del prodotto in termini di livelli di produzione, ognuno dei quali rappresenta uno stato già eseguito nella sua costruzione.

- **Registrazioni dello stato di magazzino**

Il "file" dello stato di magazzino tiene una registrazione ed una contabilizzazione di tutte le scorte dell'azienda. Le transazioni sono principalmente le entrate e le uscite, cioè si parte da ciò che è ordinato e

si termina con l'uscita del prodotto fuori dalla fabbrica. Vengono considerati anche gli articoli respinti dall'ispezione e gli aggiustamenti delle scorte che si hanno dopo i controlli. Molte aziende, per descrivere lo stadio raggiunto dal materiale, usano il concetto di "condizione di magazzino". Per esempio, dopo che il materiale per una certa parte è stato ispezionato diventa materia prima, pronta ad uscire come "*work in progress*".

Le registrazioni, quindi, contengono informazioni sullo stato di tutti gli articoli: tutti gli articoli in giacenza devono essere identificati univocamente e le informazioni relative devono essere completate dai nomi dei fornitori, dalle date di ricevimento precedenti della merce, dalle date di pagamento, degli arrivi non puntuali, ordini modificati, cancellati, ecc. Lo stato di magazzino deve, inoltre, avere anche informazioni sui *lead time*, sulla dimensione dei lotti e su altre particolarità degli articoli.

1.5.4 L'aggiornamento dei piani MRP

Basilarmente, dal punto di vista dell'aggiornamento dei piani dei fabbisogni, i sistemi di pianificazione MRP si possono raggruppare in due classi:

- sistemi rigenerativi che aggiornano periodicamente i piani,
- sistemi MRP a variazione netta che ripianificano i fabbisogni in maniera continua.

Con i sistemi rigenerativi, l'intero piano MRP, ossia la totalità delle "esplosioni" di tutti i componenti, viene ricalcolato di solito una volta alla settimana basandosi sulle richieste dell'ultimo piano MPS; l'approccio rigenerativo è un sistema tipo a lotti che compila tutte le variazioni che avvengono in un intervallo di tempo, per esempio una settimana, e riaggiorna i piani. Esso è indicato per ripianificazioni che devono essere eseguite con una frequenza piuttosto bassa cioè per situazioni abbastanza stabili, al

contrario dei sistemi a variazione netta che sono preferibili quando le variazioni sono molto frequenti.

I due sistemi presentano vantaggi e svantaggi. Per quanto riguarda il sistema rigenerativo, uno svantaggio sta nel potenziale ritardo tra il momento in cui arriva l'informazione e il momento in cui essa viene incorporata nel piano dei materiali. D'altra parte, con un uso efficiente del sistema di elaborazione dei dati, si possono ottenere costi di calcolo molto bassi e si ha la possibilità che variazioni che si verificano in un intervallo di tempo possano annullarsi evitando, quindi, la modifica del piano; inoltre, nel tempo, si mescolano meno errori sui dati poiché il sistema rigenerativo viene controllato e corretto su base regolare.

Lo svantaggio dei sistemi a variazione netta è costituito dagli elevati costi per aggiornare i piani continuamente e dal fatto che piccole variazioni possono tenere in agitazione continua il sistema. Un modo per evitare questa situazione è immettere periodicamente le piccole variazioni e immediatamente quelle grandi. Il vantaggio principale, invece, è avere informazioni aggiornate ai fini della programmazione e il controllo della produzione.

Concludendo, il sistema MRP rigenerativo funziona bene in un ambiente stabile; per un ambiente mutevole con frequenti cambiamenti, invece, risulta più indicato il sistema MRP a variazione netta.

CAPITOLO 2

STRUMENTI DI VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI DEI SISTEMI DI GESTIONE DELLE SCORTE

Da quanto asserito nel capitolo precedente risulta chiaro che per una corretta gestione delle scorte è necessario garantire un adeguato e periodico controllo al fine di far fronte tempestivamente ad eventuali anomalie gestionali. Gli strumenti più utilizzati per monitorare efficacemente i sistemi di gestione le scorte sono:

- gli Indici di prestazione;
- l'Analisi ABC;
- la Matrice ABC Incrociata;
- la Matrice ABC/XYZ.

2.1 Indici di prestazione nel controllo delle scorte

Possiamo pensare che un magazzino sia, per le scorte, quello che una sala d'attesa è per i viaggiatori: un punto di transito, di sosta, non certo una destinazione. La destinazione ultima dei prodotti non è mai il magazzino. Sia che si tratti di materie prime, semilavorati o prodotti finiti essi stanno in magazzino in attesa di uscirne verso la loro meta che è, alternativamente, la produzione o la vendita. Se vi si fermano troppo a lungo certamente nel sistema qualcosa non va, perché ogni giorno che la merce trascorre in magazzino costa in quanto essa occupa spazio, richiede manutenzione, invecchia, ma soprattutto perché immobilizza il capitale in essa investito. D'altra parte, si potrebbe obiettare che anche se la scorta è troppo breve forse c'è qualcosa che non va: è probabile che ciò comporti una super attività di movimentazione (*Material Handling*) per le troppo frequenti entrate ed uscite del prodotto e un eccessivo dei relativi costi. Da queste considerazioni risalta l'utilità, per

chi controlla le giacenze, di disporre di uno strumento che fornisca una misura della velocità con il quale le merci transitano nei magazzini.

Questo strumento viene detto generalmente **indice di rotazione (IR)**.

Esso esprime il grado di mobilità delle scorte e quindi anche dei capitali investiti a scorta; più precisamente l'indice di rotazione può essere indicato come "il numero di volte che la scorta media ruota nel periodo" e può essere espresso come il rapporto tra le uscite di fatturato in un periodo e la giacenza media dello stesso periodo:

$$IR = \frac{\text{Uscite nel periodo}}{\text{Giacenza media nel periodo}}$$

L'ampiezza del periodo può essere scelta a piacere: normalmente è compresa tra uno e dodici mesi. Può essere calcolato per un singolo prodotto, per gruppi di prodotti merceologicamente affini o per un intero magazzino; può intendersi come un rapporto tra quantità:

$$IR_1 = \frac{\text{Quantità uscite nel periodo}}{\text{Quantità mediamente giacenti nel periodo}}$$

oppure tra valori:

$$IR_2 = \frac{\text{Valori delle uscite nel periodo}}{\text{Valori della giacenza media nel periodo}}$$

Quando si usa **IR₂**, le valutazioni sia delle uscite sia delle giacenze vanno fatte con i medesimi criteri.

L'indice di rotazione può essere considerato un indicatore di performance per confronto con attività analoghe ma non in assoluto. Valori elevati dell'indice di rotazione corrispondono ad alte redditività, viceversa nel caso contrario. A parità di

costo del denaro e di valore netto degli utili attesi, un investimento è tanto più redditizio quanto più prossimi sono i suoi frutti.

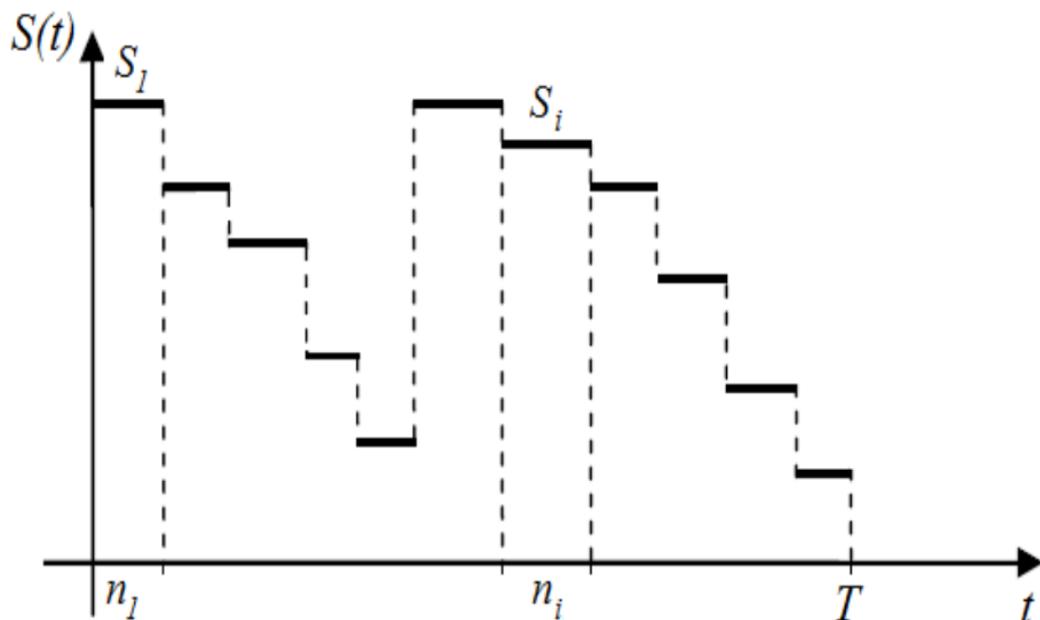
L'inverso dell'indice di rotazione viene comunemente indicato come **indice di durata** ed indica il tempo medio di presenza delle merci in magazzino.

Giacenza media

Per il calcolo dell'indice di rotazione è necessario conoscere anche la **giacenza media (GM)** che possiamo definire come "la quantità (o il valore) di merce mediamente presente in ogni istante a magazzino". La scorta di ogni prodotto non è costante nel tempo: aumenta ad ogni entrata e diminuisce ad ogni uscita.

Un possibile andamento della scorta è indicato in Figura 2.1.

Figura 2.1 - Andamento delle scorte



Fonte: Urgeletti Tinarelli G., La gestione delle scorte: organizzazione, contabilità e automazione. Etas Libri, Milano, 1981

In un periodo di T giorni, la scorta di un certo articolo può raggiungere n livelli diversi. Se ogni livello s_i ($i = 1, \dots, n$) è rimasto in magazzino per n_i giorni ($i = 1, \dots, n$), la giacenza media nell'intervallo **(0, T)** che indichiamo con **GM** è:

$$GM = \frac{s_1 n_1 + s_2 n_2 + \dots + s_n n_n}{T}$$

I valori s_i possono essere calcolati ipotizzando un andamento lineare delle uscite tra due successivi arrivi, come valore medio tra la giacenza subito dopo l'arrivo di un ordine e la giacenza subito come l'arrivo del successivo. Il valore n_i sarà quindi l'intervallo che intercorre tra l'arrivo di un ordine i-esimo e il successivo.

Dunque, la scorta media è definita come "la media aritmetica dei vari livelli di scorte ponderati con le rispettive durate".

Oltre al metodo appena esposto, per determinare la giacenza media esistono altri due procedimenti, meno accurati ma comunque accettabili. Il primo consiste nel calcolare la media aritmetica semplice tra i valori massimi e minimi delle scorte, ipotizzando però un andamento lineare delle uscite. Successivamente, si calcola la media aritmetica ponderata fra questi valori. Il secondo metodo consiste nel determinare la media aritmetica semplice tra i valori delle giacenze, all'inizio dell'anno e al termine di ogni mese. Una volta calcolate tali medie (dette s_i , con $i = 1, 2, \dots, n$), si definisce la giacenza iniziale come s_0 e si calcola la scorta media come:

$$GM = \frac{s_0 + s_1 + \dots + s_{12}}{13}$$

Questi due metodi, nonostante diano risultati piuttosto grossolani, vengono spesso impiegati dalle aziende che, ad esempio, non dispongono di software per la contabilità di magazzino.

Livello di servizio

Il livello di servizio rappresenta un parametro di riferimento fondamentale per la misura dell'efficienza nella gestione delle scorte, soprattutto in un ambiente produttivo sempre più orientato al cliente ed alla sua soddisfazione (*Customer Service Level*). Per questo motivo il livello di servizio viene concepito come "la probabilità che i prodotti saranno finiti e disponibili, nelle loro locazioni attese, per soddisfare la domanda dei consumatori". Tale probabilità è misurata molto spesso con la seguente percentuale:

$$LS = \frac{\text{Ordini evasi}}{\text{Ordini pervenuti}} \times 100$$

In altri casi si possono utilizzare equivalentemente le seguenti formule:

(a) frequenza di *stockout*

$$LS = 100 \times \frac{\text{Numero di periodi con stockout}}{\text{Numero totale di periodi}}$$

(b) incidenza degli *stockout*

$$LS = 100 \times \frac{\text{Numero di periodi con stockout} - \text{out dell'articolo}}{\text{Numero totale di giorni}}$$

(c) percentuale di domanda media inevasa

$$LS = 100 \times \frac{\text{Numero di unità inevasa}}{\text{Numero totale di unità}}$$

(d) ritardo medio di consegna

$$LS = 100 \times \frac{\text{Giorni di ritardo accumulati al mese}}{\text{Numero di ordini evasi al mese}}$$

(e) percentuale di ordini in ritardo

$$LS = 100 \times \frac{\text{Numero di ordini evasi in ritardo}}{\text{Numero totale di ordini}}$$

2.2 Il controllo e la gestione delle scorte

La gestione dei materiali, ed in particolare delle scorte a magazzino, è un'attività assai complessa e strutturata, come si evince da quanto esposto sinora. Inoltre, tale attività può differire di molto a seconda della realtà aziendale in cui essa è collocata e degli obiettivi prioritari che per essa sono stati definiti dal *Management*. Molto spesso, a causa dell'elevata numerosità dei codici presenti a magazzino, il personale addetto alla gestione delle scorte è costretto a gestire i materiali non singolarmente ma raggruppandoli in famiglie; tali raggruppamenti, ovviamente, vengono realizzati in conformità con gli obiettivi di prestazione prefissati. Se, per esempio, l'azienda ha come obiettivo la riduzione al minimo del capitale circolante imputabile alle scorte, allora le famiglie di materiali saranno formate in base al valore unitario di questi, e le più onerose tra di esse (perché costituite da materiali molto costosi) saranno gestite in modo da ridurre la numerosità il più possibile. Quindi, si intuisce facilmente che una volta scelto il criterio di ordinazione più opportuno e conseguentemente il lotto ottimo da ordinare, bisogna comunque effettuare successive analisi volte ad evidenziare altri aspetti critici per l'azienda come quelli appena accennati.

2.2.1 Analisi ABC

Alcune attività, quali ad esempio la previsione delle vendite o il controllo delle scorte, possono risultare estremamente costose quando un'impresa distribuisce (o

produce) un numero elevato di articoli. Spesso, quindi, è necessario modificare l'accuratezza con la quale si gestiscono gli articoli trattati. Secondo il principio di Pareto "una piccola frazione di un determinato universo è sempre quella che ha l'impatto maggiore sugli effetti da questa provocati". Questa affermazione è sostenuta per esempio dal fatto che, in molte imprese: la maggior parte del fatturato derivi dalla vendita di pochi articoli o, una piccola percentuale di prodotti generi un alto numero di reclami³ o, un 20% di clienti realizzi l'80% del fatturato, ecc. Di conseguenza, se un'azienda riesce ad individuare quali sono i prodotti più profittevoli, i clienti più importanti, le lamentele più frequenti, ecc., può dedicare a questi maggiore attenzione e distribuire così più efficientemente le proprie risorse (tempo, denaro, lavoro, ecc.).

L'analisi ABC pone le sue fondamenta proprio sul principio di Pareto e, serve per conoscere la concentrazione di determinati fenomeni. In particolare, "in presenza di un universo composto da più elementi, l'analisi suddetta permette di individuare se un dato carattere è concentrato su pochi di essi o si distribuisce uniformemente su tutti". Dato che è uno strumento di tipo generale, esso può venire applicato a qualunque aspetto aziendale, a condizione che sia ordinabile. Se viene utilizzata nella gestione delle scorte, l'analisi ABC consente di osservare come il fatturato si distribuisce tra i vari articoli in magazzino. In questo modo, si individuano quali sono i prodotti che hanno una incidenza maggiore su costi e ricavi. Dividendo i prodotti in tre classi, si possono determinare:

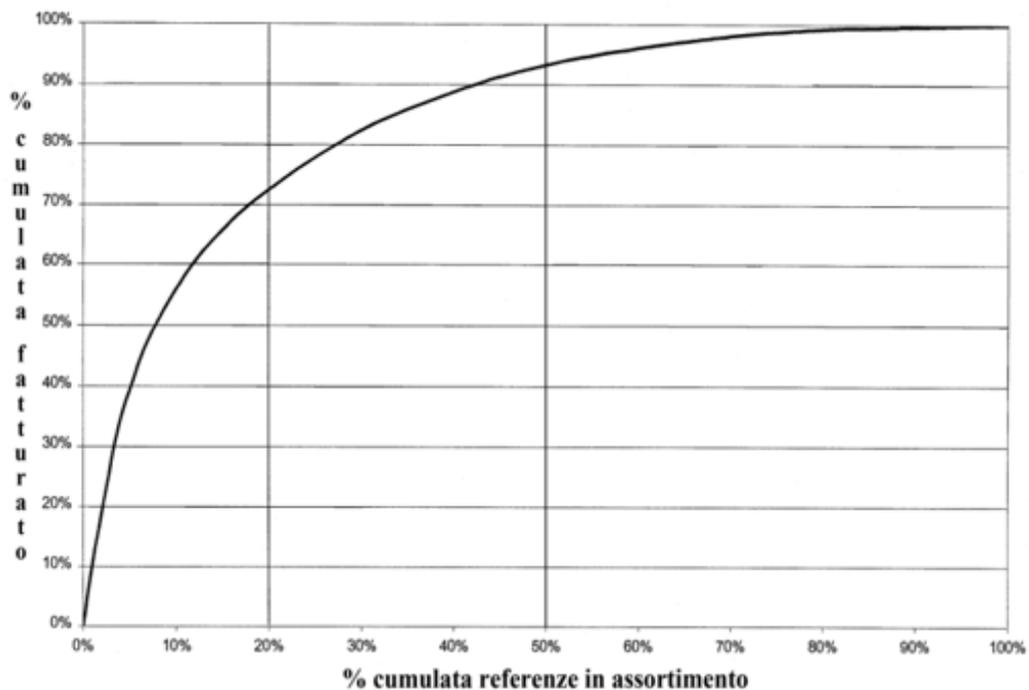
- a) articoli di **classe A**: generano i volumi di vendita più alti e contribuiscono per una percentuale molto elevata (circa l'80%) ai costi di immobilizzo dei capitali; questa classe include generalmente il 20% degli articoli trattati.
- b) articoli di **classe B**: sono prodotti di valore intermedio; indicativamente, comprendono il 30% dello stock e valgono circa il 15% del fatturato totale.

³ In alcuni casi vengono immessi nel mercato dei prodotti non testati accuratamente, con lo scopo di contenere i costi di progettazione e sviluppo. Tali articoli potrebbero poi presentare vari difetti di fabbrica, generando – ovviamente – reclami da parte dei clienti e costringendo l'azienda a porvi rimedio.

- c) articoli di **classe C**: sono tutte le voci di magazzino rimanenti (all'incirca il 50% dello stock) e, complessivamente, coprono un valore vicino al 5% del fatturato.

Il diagramma di Pareto, rappresentato nella Figura 2.2, illustra la curva ABC. In questo esempio, si nota come il 20% degli articoli (classe A) contribuisca a circa il 75% del fatturato, mentre una percentuale del 70% (classe B e C) ne genera solamente il 25%.

Figura 2.2 - La curva ABC



Fonte: Urgeletti Tinarelli G., La gestione delle scorte: organizzazione, contabilità e automazione. Etas Libri, Milano, 1981

L'analisi ABC serve, come detto, per attuare una gestione differenziata delle scorte. Ciò non significa, però, che ci sia bisogno di ingenti scorte di prodotti di classe A e basse di articoli di classe C. Il gruppo A, infatti, a fronte di una contribuzione maggiore al fatturato, genera solitamente anche i costi di immobilizzazione più importanti. Ciò significa che le scorte degli articoli di classe A devono essere

mantenute al punto giusto, senza eccedere. I prodotti appartenenti al gruppo C, invece, spesso sono gestiti approssimativamente e hanno perciò una scorta di sicurezza più consistente.

In base alla classe di fatturato nella quale ricadono i vari prodotti, la seguente tabella riassume alcune indicazioni gestionali.

Tabella 2.1 - Regole di gestione in funzione della classe di fatturato

CLASSE A	CLASSE B	CLASSE C
<ul style="list-style-type: none"> - Registrazione accurata di ogni movimento di magazzino - Compilazione di report periodici (mensili) dell'andamento delle giacenze - Stima della domanda e orientamento, se possibile, della stessa attraverso promozioni, pubblicità, eventi, ecc.. - Utilizzo di tecniche previsionali per la stima dei possibili <i>trend</i> futuri - Revisione frequente dei parametri decisionali 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizzo di metodi più semplici rispetto a quelli utilizzati per i codici di classe A - Revisione periodica con frequenza inferiore rispetto ai codici di classe A 	<ul style="list-style-type: none"> - Non è necessario registrare ogni singola transazione, perché sarebbe troppo costoso - Revisione periodica dell'inventario con un intervallo relativamente lungo (3 o 6 mesi), o revisione continua cercando di ridurre i costi di controllo - Non è consigliabile l'adozione di modelli di gestione complessa

Fonte: Maraschi, E., 2012, Gestione dei materiali. Pianificazione e gestione scorte, Torino, E-formazione by Consulman S.p.A.

Consultando la tabella viene confermata l'ipotesi secondo la quale gli articoli appartenenti al gruppo A debbano essere gestiti con particolare attenzione. Nel

periodo precedente all'adozione degli elaboratori nelle attività aziendali, la politica utilizzata per i prodotti di classe A è del tipo "a punto d'ordine variabile o a brevissimo intervallo di riordino"⁴; per quanto riguarda le merci del gruppo C, al contrario, le revisioni erano programmate ad intervalli molto estesi. Recentemente, l'adozione dei software gestionali ha invece permesso di gestire individualmente ogni singola voce di magazzino, annullando le differenze di costo.

L'analisi ABC una classificazione. Dunque, ogni classificazione è altamente soggettiva: non è escluso, ad esempio, che le classi individuabili siano due, quattro, o più.

In secondo luogo, la criticità di alcuni prodotti di classe B o C potrebbe essere maggiore della criticità di vari articoli del gruppo A. Questo accade, ad esempio, quando un prodotto di categoria B o C viene mantenuto attivo solo per attrarre una nicchia di mercato o perché è complementare ad altri articoli più profittevoli. La gestione delle scorte di tali articoli critici ha dunque una valenza strategica e va diretta con cura.

In terzo luogo, può capitare che un prodotto appena immesso sul mercato ricada erroneamente nella classe C a causa della sua maturità relativa (per esempio, se l'analisi ABC viene effettuata subito dopo l'introduzione del nuovo articolo). Dato che alcuni prodotti nuovi potrebbero anche determinare il futuro di un'impresa, questi devono essere gestiti sempre con particolare attenzione, soprattutto se ricadono nel gruppo C.

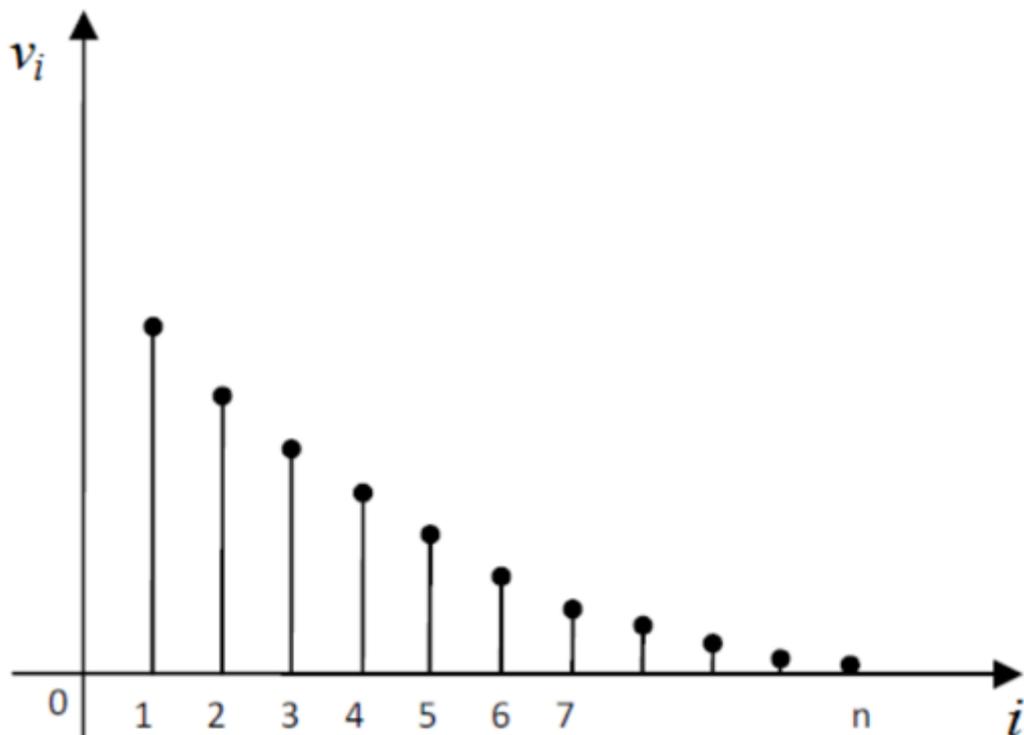
2.2.2 Procedimento di analisi ABC

Per eseguire l'analisi ABC di un'azienda, rispetto al fatturato, è necessario seguire un procedimento che consiste in cinque fasi:

⁴ Maraschi, E., 2012, Gestione dei materiali. Pianificazione e gestione scorte, Torino, E-formazione by Consulman S.p.A.

- 1) una volta raccolti i dati relativi al fatturato⁵ di ciascuna referenza, con n articoli da studiare e v_i fatturato dell'articolo i-esimo ($i = 1, \dots, n$), si ordinano poi gli articoli in ordine decrescente rispetto a v_i stesso;
- 2) dopo aver calcolato il fatturato totale $V = \sum_1^n(v_i)$ si determina il rapporto tra il fatturato di ogni articolo e il fatturato totale, cioè $b_i = \frac{v_i}{V}$. Questo rapporto percentuale ha la medesima distribuzione dei v_i ;

Figura 2.3 - Distribuzione v_i

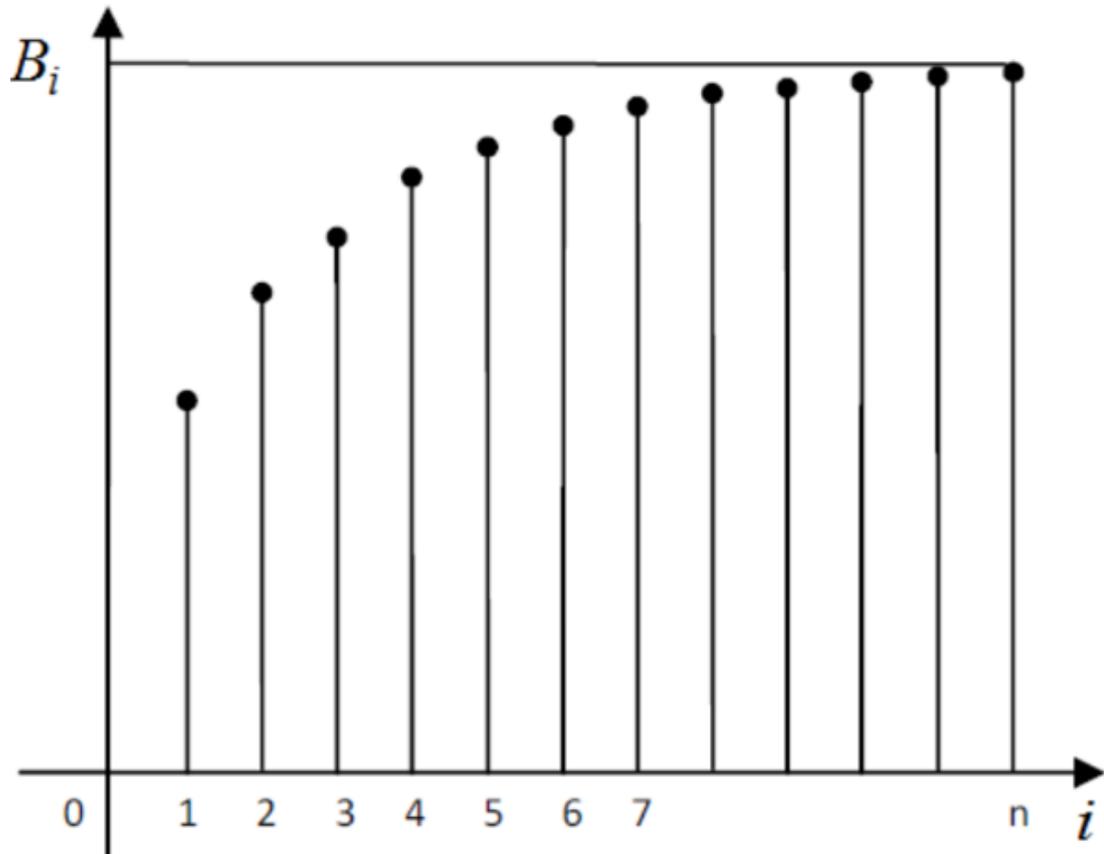


Fonte: Urgeletti Tinarelli, G., 1981, La gestione delle scorte: organizzazione, contabilità e automazione, Milano, Etas Libri.

- 3) il prossimo passo è calcolare la somma cumulata dei b_i che, per i primi i elementi, risulta $B_i = \sum_1^i(b_s)$, con $i = 1, \dots, n$, e rappresentare la loro distribuzione cumulata;

⁵ Per eseguire un'analisi ABC delle referenze, è necessario conoscere il fatturato di ogni singolo articolo. Ciò permette innanzitutto di elencarli in ordine decrescente rispetto a v_i e, poi, di proseguire con le operazioni spiegate nei successivi punti del procedimento.

Figura 2.4 - Distribuzione B_i



Fonte: Urgeletti Tinarelli, G., 1981, La gestione delle scorte: organizzazione, contabilità e automazione, Milano, Etas Libri.

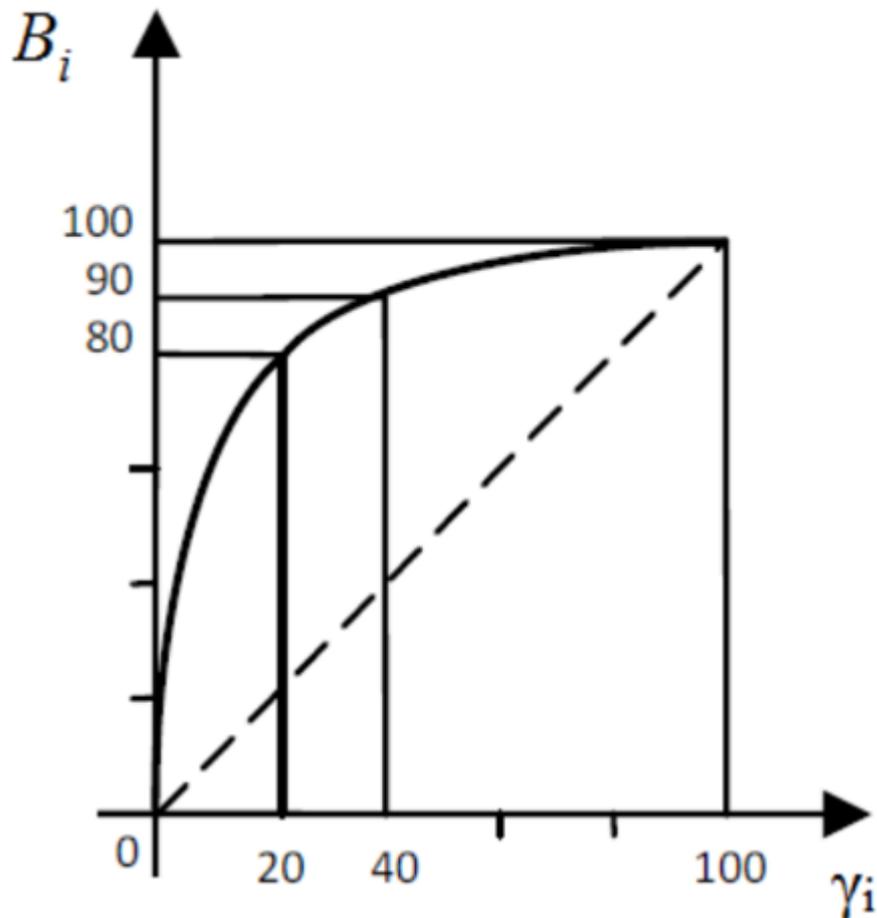
- 4) Ora, non resta che assegnare ogni articolo alla relativa classe di appartenenza in funzione dei limiti prefissati (L_1, L_2, L_3 indicano le percentuali cumulate di fatturato utili a definire le tre classi), cioè:
 - Classe A se $B_i \leq L_1$;
 - Classe B se $L_1 < B_i \leq L_2$;
 - Classe C se $L_2 < B_i \leq L_3$.
- 5) A questo punto, si determina la concentrazione del fatturato sulle voci di magazzino:
 - a. calcolare il peso che ciascun prodotto ha sul totale delle referenze, in termini percentuali. Dato che il numero di articoli

è n , ognuno di essi è $\frac{1}{n}$ delle voci. La somma cumulata di tali percentuali è: $\gamma_i = \frac{i}{n}$, con $i = 1, \dots, n$.

b. associare ogni B_i al relativo γ_i .

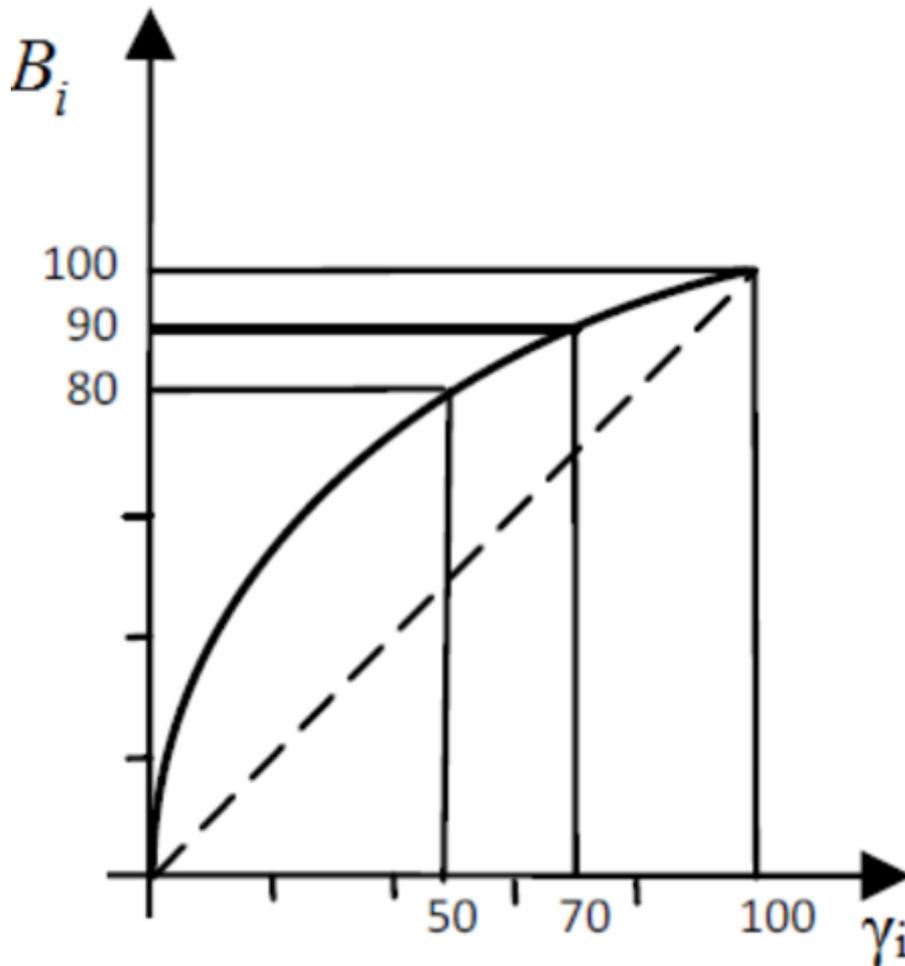
La relazione tra B_i e γ_i rappresenta la concentrazione del fatturato e può venire illustrata in un sistema cartesiano, con una curva che sarà tanto più lontana dalla bisettrice del piano quanto più elevata è la concentrazione del fenomeno studiato. Nelle due figure seguenti sono riportati due esempi, il primo ad alta concentrazione, il secondo a bassa concentrazione.

Figura 2.5 - Relazione tra B_i e γ_i caratterizzata da alta concentrazione



Fonte: Urgeletti Tinarelli, G., 1981, La gestione delle scorte: organizzazione, contabilità e automazione, Milano, Etas Libri.

Figura 2.5 - Relazione tra B_i e γ_i caratterizzata da bassa concentrazione



Fonte: Urgeletti Tinarelli, G., 1981, La gestione delle scorte: organizzazione, contabilità e automazione, Milano, Etas Libri.

Come si nota dalla Figura 2.4, quando c'è elevata concentrazione la pendenza della curva è molto ripida nel primo tratto (perché pochi prodotti generano un alto valore) e quasi nulla nel secondo, dove una bassa percentuale di fatturato è distribuita su un numero consistente di articoli.

Nella Figura 2.5, invece, la concentrazione è minore e la pendenza della curva cresce più lentamente (a un fatturato dell'80% contribuisce infatti il 50% dei prodotti anziché il solo 20%); di conseguenza, anche le referenze di classe C sono meno numerose.

2.3 La Matrice ABC Incrociata

Nel caso in cui si abbia a che fare con un numero di codici molto elevato la gestione delle scorte aumenta di complessità. Le scorte non possono essere trattate tutte allo stesso modo, vi saranno componenti importanti che richiedono una gestione complessa altri poco rilevanti che richiedono una gestione efficiente ma semplificata.

La matrice ABC incrociata anche chiamata *Cross Analysis* è lo strumento più utilizzato per identificare la tipologia di gestione più adatta per ogni articolo. Si tratta generalmente di una matrice 3x3, nelle cui righe si hanno tre classi di consumo e nelle cui colonne tre classi di giacenza. Questa matrice si fonda sulla legge di Pareto secondo cui la maggior parte degli effetti dipende da un numero limitato di cause. Successivamente questa idea è stata riformulata da J. Juran nella legge (empirica) dell'80/20 secondo cui l'80% degli effetti dipende dal 20% delle cause.

I prodotti a magazzino sono dunque divisi in nove categorie ed appartengono contemporaneamente ad una delle tre classi di consumo e ad una delle tre di giacenza:

- **A.** prodotti che costituiscono l'80% dei consumi;
- **B.** prodotti cui consumi vanno dall'81% al 95% del totale;
- **C.** prodotti che vanno dal 96% al 100% dei consumi;
- **a.** prodotti che costituiscono l'80% delle giacenze;
- **b.** prodotti le cui giacenze vanno dall'81% al 95% del totale;
- **c.** prodotti che vanno dal 96% al 100% delle giacenze.

In genere vengono utilizzati dati valorizzati al costo del prodotto. Il risultato è mostrato in Tabella 2.2. All'occorrenza è possibile introdurre un'ulteriore classe, la D/d in cui sono presenti tutti i codici con consumi/giacenze nulli/e.

Tabella 2.2 - Matrice ABC Incrociata

		Consumo		
		A (0% – 80%)	B (81% - 95%)	C (96% - 100%)
Giacenza	a (0% – 80%)	Gestione equilibrata	Sovra scorta	Sovra scorta
	b (81% - 95%)	Rischio rottura di stock	Gestione equilibrata	Sovra scorta
	c (96% - 100%)	Rischio rottura di stock	Rischio rottura di stock	Gestione equilibrata

Dalla tabella è possibile individuare quali articoli rappresentino le principali fonti di costo e di ricavo. Ogni zona della tabella ha delle caratteristiche diverse e dei metodi gestionali differenti. Gli articoli nella diagonale sono quelli che hanno una gestione adeguata (verdi). Quelli al di sotto della diagonale sono articoli in cui si rischia di andare in rottura di stock (magenta). I codici al di sopra della diagonale invece sono quelli a bassa rotazione (arancio).

- I componenti nella zona Aa hanno elevati consumi e generano elevata giacenza, sono gli articoli che potrebbero essere gestiti più attentamente con metodi MRP o *Just In Time* (JIT), questo però dovrebbe essere deciso attraverso una seconda analisi fatta attraverso la matrice ABC/XYZ.
- I materiali nella classe Cc hanno una bassa rilevanza sia sui consumi che sulle giacenze, e vanno gestiti con metodi di riordino semplici come l'ordine periodico o il punto di riordino.
- Le zone Ab, Ac, Bc, sono occupate da prodotti con consumi elevati ma con basse giacenze. Teoricamente questa sembra essere l'area di maggior efficienza; occorre però verificare se non vi sia il rischio di ridurre il livello di servizio e quindi non sia il caso di incrementare le giacenze.

- Classi Ba, Ca, Cb, sono prodotti che giacciono in magazzino senza essere consumati; in questo caso occorre analizzare se è possibile ridurre il numero delle scorte, anche andando a ridiscutere la grandezza dei lotti o il livello di servizio. Spesso gli articoli che fanno parte di queste classi sono stati sostituiti da nuovi codici; l'unico modo per smaltirli è realizzare promozioni.

2.4 La Matrice ABC/XYZ

Questa matrice, mostrata in Tabella 2.3, permette di completare l'analisi sui codici iniziata con la *Cross Analysis*, consentendo di valutare il miglior metodo di approvvigionamento.

Le colonne della matrice sono le stesse della *Cross Analysis*; nelle righe invece si distinguono tre nuove categorie di prodotti che si differenziano tra loro in base al tipo di consumo:

- X: articoli con consumi costanti;
- Y: codici con consumi volatili;
- Z: prodotti con consumi sporadici.

Tabella 2.3 - Matrice ABC/XYZ

		Consumo		
		A (0% - 80%)	B (81% - 95%)	C (96% - 100%)
Tipo di Consumo	X (consumi costanti)	Adatto per il JIT		Previsione sullo storico
	Y (consumi volatili)			
	Z (consumi sporadici)	Su fabbisogni reali		Eliminazione articoli

L'appartenenza di un codice articolo a una classe di consumo viene ricavata calcolando il **coefficiente di variazione** definito dalla formula:

$$v_D = \frac{\sigma_D}{D}$$

Dove:

➤ σ_D è la deviazione standard definita come:

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{(D - D_1)^2 + (D - D_2)^2 + \dots + (D - D_n)^2}{(n - 1)}}$$

➤ D è la domanda media definita come:

$$D = \frac{D_1 + D_2 + \dots + D_n}{n}$$

Per

- $v_D \leq 0,2$ inseriamo l'articolo nella classe **X**;
- con $0,2 < v_D \leq 0,6$ invece esso fa parte della tipologia **Y**;
- infine, se $v_D > 0,6$ appartiene al tipo **Z**.

Esistono in letteratura altre possibili varianti:

- Secondo B. Scholz-Reiter, J. Heger, C. Meinecke⁶, un codice è di tipologia X per $v_D < 0,5$; Y per $0,5 \leq v_D \leq 1$; Z per $v_D > 1$
- Diversa l'opinione della Cattedra di Logistica del politecnico di Monaco⁷ secondo cui un articolo appartiene alla classe X se $v_D < 0,25$; alla tipologia Y se $0,25 \leq v_D < 0,5$; alla Z se $v_D \geq 0,5$

⁶ Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: practical investigation at an industrial Company, B. Scholz-Reiter, J. Heger, C. Meinecke, International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 61 No. 4, 2012.

⁷ Lehrstuhl für Fordertechnik Materialfluss Logistik (fml), Technische Universität München: xyz-Analyse Abgerufen am 18. Juni 2010.

Una volta inseriti gli articoli nella matrice abbiamo nove diverse tipologie di articoli possibili:

- AX: sono articoli caratterizzati da consumi costanti, di elevato valore e prevedibili in maniera affidabile. Sono articoli particolarmente adatti al JIT.
- AY: hanno consumi meno costanti, di valore elevato prevedibilità inferiore con possibilità di compiere importanti errori di previsione. In questo caso occorre fare un'attenta valutazione su quali siano gli articoli adatti al JIT e quali invece non lo siano; i secondi dovranno basarsi sui fabbisogni reali.
- AZ: consumi elevati in termini di valore, sporadici e quindi imprevedibili. L'impossibilità di fare previsioni rende necessaria una logica che si basi sui fabbisogni reali.
- BX: sono articoli i cui consumi sono modesti ma costanti e quindi prevedibili. In questi casi occorre valutare se sia conveniente usare il JIT o se il basso valore in termini economici faccia preferire un metodo di rifornimento basato su previsioni fondate su dati storici.
- BY: questi codici sono caratterizzati da consumi modesti e sporadici con prevedibilità inferiore. Questo fa sì che non vi sia una tecnica di gestione univoca ma che debba essere valutata caso per caso.
- BZ: sono caratterizzati da consumi modesti in termini di valore e sporadici, la prevedibilità è bassa. Questi articoli dovrebbero essere valutati rispetto alla loro importanza e se possibile dovrebbero essere sostituiti, altrimenti dovrebbero essere gestiti sui fabbisogni reali.
- CX: sono di basso valore con consumi costanti e quindi facilmente prevedibili che vanno gestiti basandosi su previsioni derivate da dati storici.
- CY: questi componenti hanno basso valore economico e consumi volatili con previsioni meno affidabili che potrebbero portare a errori significanti. In questo caso si valuta se eliminarli o se affidarsi a previsioni basate su dati storici.

- CZ: sono codici di basso valore e consumi sporadici che rendono impossibili le previsioni. Dovrebbero essere eliminati.

CAPITOLO 3

IL MAGAZZINO

3.1 Premessa

Ogni realtà industriale e commerciale dedica un apposito spazio destinato al contenimento di materie prime, semilavorati e prodotti finiti: il magazzino. È il luogo dove si gestiscono gli ordini e le spedizioni, strettamente connesso alle attività di produzione e alla ricezione dei prodotti stessi; è una delle fonti primarie di flussi fisici e informativi. Il magazzino non dev'essere però visto univocamente come un luogo dove conservare la merce, bensì come un sistema ben equilibrato di persone, infrastrutture, tecnologie e mezzi. Per queste ragioni i magazzini meritano un approfondimento che permetta di indagare sull'organizzazione, la gestione e l'elaborazione dei dati e delle informazioni che vengono generate e che fluiscono in questo luogo.

È importante tener presente che i magazzini possono presentare diverse dimensioni, a seconda delle attività aziendali, dei volumi prodotti e movimentati, delle giacenze di merce e quindi della strategia aziendale adottata (le più diffuse sono *Make to Stock*, *Make to Order*, *Assembly to Order*).

Di seguito verranno esaminati aspetti importanti che riguardano i magazzini: benefici e costi, le diverse tipologie a seconda della modalità di classificazione, il modo con cui vi si stocca la merce, i criteri di progettazione, gli indici di valutazione e i modelli di prelievo dei prodotti.

3.2 Benefici e costi del magazzino

L'attività di immagazzinaggio ha come obiettivo principale quello di soddisfare il cliente minimizzando i costi per l'azienda, conservando le giuste quantità di prodotti

(per rispondere prontamente alle richieste della clientela), nel luogo più adeguato sia per la gestione che per le dimensioni.

Secondo il *Toyota Production System* l'azienda virtuosa è quella che è in grado di gestire il proprio business azzerando le scorte; questa considerazione, puramente teorica, indica come sia necessario tenere sotto controllo il livello di scorte e ridurlo al minimo. Nonostante ciò vi sono diverse ragioni per le quali l'azienda riscontra benefici nell'avere un magazzino: prima di tutto permette di gestire l'imprevedibilità degli eventi che spesso è causa di blocchi della produzione o di insoddisfazione del cliente per ritardi nella consegna; in secondo luogo consente di gestire le fluttuazioni della domanda dovute alla stagionalità, ai *trend* o a cause poco identificabili e quindi poco gestibili, permettendo di far fronte a richieste improvvise, pertanto smorzano le irregolarità; protegge l'azienda da fornitori che non rispettano le date di consegna e permette di gestire l'approvvigionamento di quelle materie prime/prodotti rari o difficilmente reperibili; protegge dalle fluttuazioni del prezzo dei prodotti; infine permette di acquistare maggiori quantitativi di merce e sfruttare quindi gli sconti quantità.

L'obiettivo di ridurre al minimo i costi operativi comporta che si attui una gestione accurata e sempre attenta delle seguenti voci di costo:

- **Costi economici:** sono quelli che nascono dall'immobilizzo del capitale;
- **Attività di ricevimento:** gli operatori addetti alle mansioni di immagazzinaggio si occupano della messa a stock, del *picking*, dell'imballaggio, della spedizione;
- **Superficie:** ogni metro quadro di superficie occupata rappresenta un costo in termini di mantenimento e di infrastrutture (ammortamenti, energia, tasse, ecc);
- **Perdita di valore:** il valore della merce a magazzino può variare nel tempo, perché soggetta a deterioramento, obsolescenza, danneggiamenti, furti.

Per determinare il valore dell'immobilizzazione della merce la letteratura propone diverse modalità di calcolo:

- **Metodo FIFO** (*First In First Out*): il primo prodotto che arriva in magazzino è il primo ad essere venduto. L'azienda che adotta questa logica produce e vende prodotti deperibili o soggetti ad obsolescenza;
- **Metodo LIFO** (*Last In First Out*): l'ultimo prodotto che arriva in magazzino è il primo ad essere venduto. I prodotti per i quali si adotta questa seconda alternativa non sono obsolescenti e pertanto non risentono eccessivamente del passare del tempo;
- **A valore medio**: in questo caso si calcola il valore medio degli articoli rimanenti, considerando la giacenza a magazzino;
- **A valore attuale**: si ipotizza che alla data del rilievo il valore commerciale dell'articolo è cresciuto rispetto alla data di immagazzinaggio.

3.3 Tipologie di magazzino

Ci sono diversi criteri che permettono di classificare le differenti tipologie di magazzino:

1. Categorie di unità da immagazzinare: unità di carico (UdC), colli, materiali speciali;
2. Livello di automazione: manuale, semiautomatico, totalmente automatico;
3. Stato del materiale: materia prima, semilavorato o semi-assemblato, prodotto finito.

Con il termine unità di carico (detto anche imballaggio terziario) si indicano i contenitori di varia forma e materiale, carichi di prodotti destinati al magazzino, alla movimentazione e alla spedizione. Questi possono essere pallet di legno o di plastica, gabbie metalliche con o senza ruote, cassoni in plastica o in metallo, ceste metalliche. Caratteristica comune è la collassabilità, ossia la capacità di occupare uno spazio ridotto quando l'unità di carico è vuota, grazie alla geometria pensata per renderla smontabile o impilabile.

L'immagazzinamento delle unità di carico può prevedere la sovrapposizione delle stesse per i materiali leggeri che non rischiano di essere danneggiati, oppure la presenza di scaffalature nel caso in cui forma, peso o strategie di prelievo lo richiedano. Gli articoli che non possono essere raggruppati in unità di carico a causa della varietà o della natura, della modalità o della frequenza di movimentazione, vengono posti a magazzino all'interno di colli, ossia *box* in cartone o termoplastici; questi possono essere disposti in pile senza la necessità di strutture portanti o in scaffali serviti dall'uomo o da mezzi di trasporto quali ad esempio convogliatori.

Infine i materiali speciali hanno peso, forma o dimensioni che causano particolari problemi di immagazzinamento; tali materiali sono ad esempio tubi, profilati, barre, rotoli, bobine, ecc.. Spesso conviene ricorrere allo stoccaggio all'esterno oppure a sistemi legati alla forma geometrica dell'articolo, come i cantilever.

Figura 3.1 - UdC: pallet di diverse tipologie, cassoni metallici e termoplastici



Fonte: < www.mecalux.it >

Figura 3.2 - Colli per lo stoccaggio in varie dimensioni



Fonte: < www.logisticaefficiente.it >

Figura 3.3 - Stoccaggio di materiali speciali su scaffalatura cantilever



Fonte: < www.ohra.it >

La differenziazione rispetto all'automazione prevede la valutazione del livello di supporto alle attività manuali da parte di sistemi autonomi controllabili tramite circuiti logici o elaboratori, riducendo così la necessità di intervento umano. Si parte da un grado di automazione nulla con il magazzino **manuale** che può presentare degli

strumenti meccanizzati; quando solo alcune attività sono svolte in modo automatico da macchine controllate da elaboratori si parla di magazzino **semi-automatico**, perciò uomo e macchina lavorano in parallelo all'interno dello stesso spazio. Si definisce, infine, magazzino **completamente automatico** quello che non implica l'intervento umano in nessuna attività svolta all'interno del magazzino: *picking*, *refilling*, stoccaggio, pallettizzazione, ecc. non richiedono la presenza dell'operatore.

Un ulteriore criterio che permette di classificare il magazzino è lo stato del materiale; ci sono pertanto depositi per lo stoccaggio di **materie prime** o parti per realizzare semilavorati o prodotti finiti, magazzini per i **semilavorati** che si trovano temporaneamente fermi in attesa della lavorazione successiva, magazzini per i **prodotti finiti** pronti per essere venduti al cliente.

3.3.1 Sistemi manuali di immagazzinamento

I magazzini manuali per unità di carico presentano una suddivisione ben distinta di diverse aree funzionali:

- Area di ricevimento e accettazione della merce, in cui vengono scaricate le materie prime e i prodotti in arrivo, accompagnati dal Documento di Trasporto (DDT) che contiene il dettaglio del materiale trasportato. In fase di scarico avviene un primo rapido controllo che permette di verificare che la consegna sia corretta;
- Area di controllo qualità, in cui un campione rappresentativo della merce viene verificato con maggiore accuratezza: se i prodotti rispettano le specifiche vengono stoccati ed entreranno in produzione, in caso contrario vengono posizionati in un'apposita scaffalatura per essere rispediti al fornitore attivando la procedura di non conformità della merce;
- Area di stoccaggio, ossia l'area principale in cui il materiale viene posizionato, con o senza scaffalatura, dove si fa l'inventario e la verifica della giacenza della merce, confrontandola con i dati informatici presenti in azienda. Da

quest'area possono partire le spedizioni di intere unità di carico dello stesso codice e lotto;

- Area di *picking*, è il termine con cui si indica la zona destinata al prelievo frazionato dei singoli colli. Quest'area è alimentata da quella di stoccaggio con le unità di carico intere; quando viene confermato l'ordine del cliente, il magazziniere, dotato della lista di prelievo corrispondente, avvia la sua missione di prelevamento dalle diverse unità di carico mono-prodotto. L'attività di *picking* è sempre associata a quella di *refilling*, ossia il ripristino/rifornimento delle unità di carico ove si è verificato il prelievo;
- Area di imballo e spedizione: è lo spazio dedicato alle attività di pesatura, filmatura ed etichettatura del pallet. Una volta che il pallet è pronto qui si redige la documentazione per il trasporto e tramite le baie di carico si spedisce la merce al destinatario della merce.

Come si evince dalla descrizione dei diversi spazi che lo costituiscono, il magazzino non è unicamente un insieme di infrastrutture, è altresì un bilanciamento di attività, operatori, flussi fisici e informativi, strumenti e mezzi. Vi sono diverse tipologie di magazzini per unità di carico che possono essere suddivise in due macrocategorie:

- a. **Senza scaffalature:** si ha quando le unità di carico sono sovrapponibili. Un magazzino di questo tipo è nominato "a catasta";
- b. **Con scaffalature:** necessarie nei casi in cui le unità di carico non consentono l'impilamento. In questa categoria ricadono diverse strutture: scaffali a ripiani a semplice o a doppia profondità, scaffali a gravità, scaffali passanti, scaffali ad elementi mobili trasversalmente, scaffali per magazzini intensivi.

Il **magazzino a catasta** prevede, appunto, l'accatastamento della merce, posizionando i prodotti uno sopra l'altro. Questo sistema risulta il più flessibile ed il meno costoso in quanto non presuppone l'acquisto di nessuna attrezzatura e la superficie dedicata alla catasta può velocemente essere resa disponibile. Lo sviluppo

in altezza della catasta richiede la sovrapposizione dei pallet si possono ottenere in tal caso buoni coefficienti di utilizzazione superficiale.

Figura 3.4 - Magazzino a Catasta



Fonte: < www.mecalux.it >

La catasta può essere organizzata sia al centro del magazzino, offrendo al magazziniere quattro lati possibili di prelievo, oppure posata ad una parete con accesso a tre lati. Il limite principale di questo metodo di immagazzinaggio è chiaro: la merce stoccata non può diversificarsi in molti codici e non dev'essere soggetta ad obsolescenza o essere deperibile.

Gli **scaffali a ripiani** a semplice o doppia profondità sono dei modelli di stoccaggio di tipo statico, l'unità di carico collocata in una determinata posizione vi rimane fino al momento della spedizione. La scaffalatura può essere tubolare, in profilati di acciaio, in angolari forati o in cemento armato; dev'essere incombustibile, in grado di sopportare carichi senza deformarsi e resistere ad eventuali urti. La distribuzione normalmente si effettua con scaffalature laterali ad accesso mono fronte e scaffalature centrali ad accesso bifronte. La larghezza delle corsie e l'altezza dell'ultimo livello di carico dipendono dalle caratteristiche dei carrelli o mezzi di sollevamento, e dalle dimensioni del magazzino.

Figura 3.4 - Scaffalatura a ripiani



I vantaggi più evidenti di un magazzino convenzionale sono:

- favorire la movimentazione delle merci, poiché si può accedere direttamente a ciascun pallet senza dover muovere o spostare gli altri;
- perfetto controllo degli stock; ogni vano vuoto è un pallet;
- massima adattabilità a qualsiasi tipo di carico, sia per peso che per volume.

Per poter stoccare un numero maggiore di pallet e in base al peso e al numero dei pallet per tipo, si possono montare scaffalature con profondità doppia che permettono di stoccare un pallet davanti all'altro in ciascun lato della corsia.

L'accesso diretto si ha solo ai primi pallet, per cui questo sistema è consigliato solo per prodotti con elevati quantitativi di pallet per tipologia in modo da evitare di raddoppiare in numero le movimentazioni e quindi i tempi.

Il sistema convenzionale più comune è formato da una scaffalatura mono fronte appoggiata alla parete e da scaffalature bifronti centrali (Figura 3.5).

Figura 3.5 - Sistema convenzionale più comune

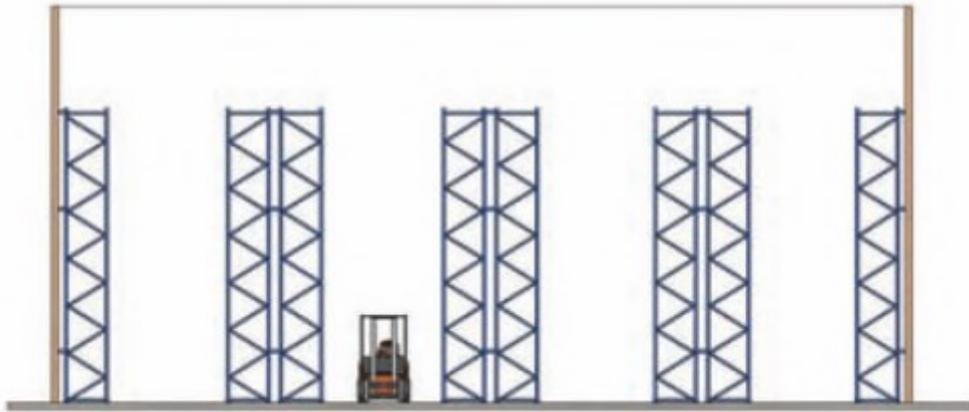
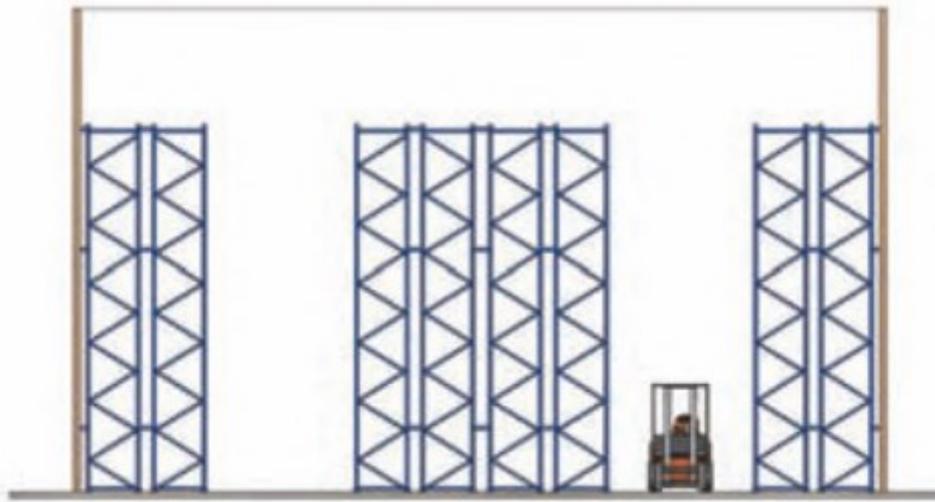


Figura 3.6 - Sistema convenzionale a doppia profondità



Il **magazzino a gravità** è di tipo dinamico. Diversamente da quello statico le unità di carico non hanno postazione fissa bensì, essendo posate su corsie dotate di convogliatori a rulli in leggera pendenza, variabile nel tempo. L'operatore posiziona all'inizio del canale prescelto l'unità di carico; quest'ultima risentendo della gravità scorre autonomamente fino a raggiungere la prima locazione libera disponibile, consentendo un importante risparmio in termini di tempo nella movimentazione.

Grazie a questa logica di funzionamento, la struttura è denominata “rulliera FIFO (*First In First Out*)” ed è adatta a quei prodotti che devono rispettare un ordine preciso di prelievo: il primo che viene stoccato è il primo ad essere recuperato.

Figura 3.7 - Magazzino a gravità con logica FIFO

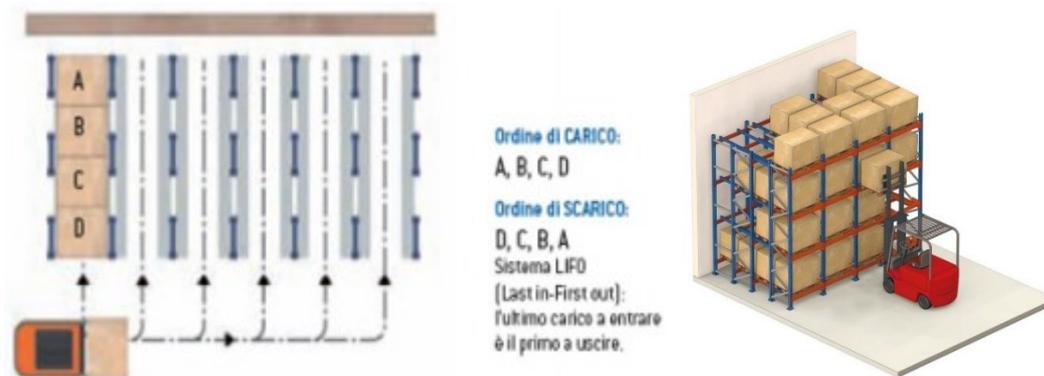


Fonte: < www.mecalux.it >

Il punto di forza principale del magazzino dinamico a gravità è l'elevata densità di stoccaggio, infatti sono previsti solo due corridoi: uno per l'inserimento della merce e uno per il prelievamento. La distinzione dei due corridoi, uno per l'ingresso della merce e l'altro per l'uscita, consente inoltre di eliminare le interferenze nella movimentazione. La presenza dei rulli all'interno delle corsie richiede però un investimento importante; inoltre non è adatto alla gestione di un elevato numero di referenze e non consente un gran livello di selettività della merce.

Una possibile alternativa è la gestione con metodo LIFO (*Last In First Out*): il sistema è posato ad una parete e funziona a spinta, in questo caso è l'ultima merce stoccata ad essere prelevata per prima.

Figura 3.8 - Magazzino a gravità con logica LIFO



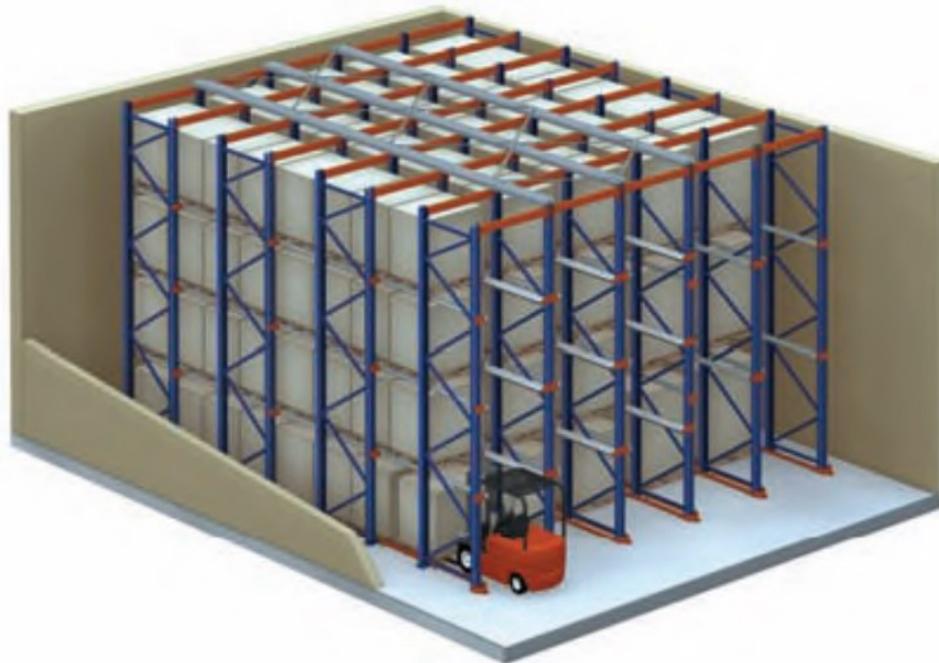
Fonte: < www.mecalux.it >

Le considerazioni fatte per il sistema FIFO hanno medesima valenza anche per questa soluzione.

I **magazzini a scaffali passanti** sono chiamati così perché permettono ai carrelli o ai sistemi motorizzati di spostarsi all'interno della struttura lungo la corsia prescelta grazie al sistema di posa dei pallet; infatti, le unità di carico non poggiano su correnti interi e vengono stoccati sorretti unicamente dai piedini esterni. Per questa ragione il pallet, a differenza dei casi descritti precedentemente, viene posizionato di lato anziché di punta.

Un primo tipo di struttura così organizzata è il **Drive-In**, il più economico fra i magazzini appartenenti a questa categoria in quanto l'inserimento e il prelievo del pallet sono gestiti facendo uso di normali carrelli per la movimentazione delle unità di carico.

Figura 3.9 - Scaffalatura Drive-In



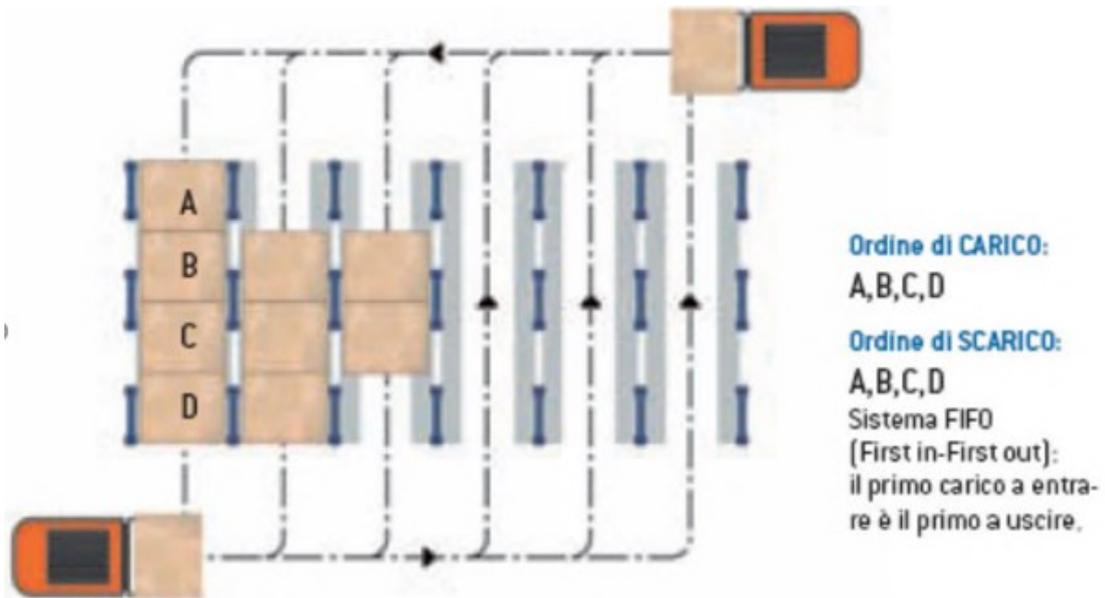
Fonte: < www.mecalux.it >

Questo sistema di immagazzinaggio è costituito da un insieme di scaffalature che formano corsie interne di carico, con binari d'appoggio per i pallet. I carrelli elevatori entrano nelle corsie innalzando il carico al di sopra del canale in cui dovrà essere depositato.

Nel dimensionamento è previsto un unico corridoio tramite il quale sono gestiti ingresso e uscita della merce, per questo lo stoccaggio avviene con logica LIFO (*Last-In-First-Out*); pertanto il *Drive-In* risulta adatto all'immagazzinamento di merce non soggetta a deperimento, di prodotti omogenei con grandi quantità di pallet per ogni referenza, con la possibilità, ad esempio, di assegnare un solo codice a corsia. La configurazione di questa scaffalatura permette uno sfruttamento dello spazio disponibile elevato, tanto in superficie quanto in altezza.

L'alternativa al *Drive-In* è rappresentata dal **Drive-Through**; in questo caso i corridoi sono due, uno per l'inserimento e l'altro per il prelievo delle unità di carico, così da permettere l'attuazione della logica FIFO (*First-In-First Out*).

Figura 3.10 - Scaffalatura Drive Through



Fonte: < www.mecalux.it >

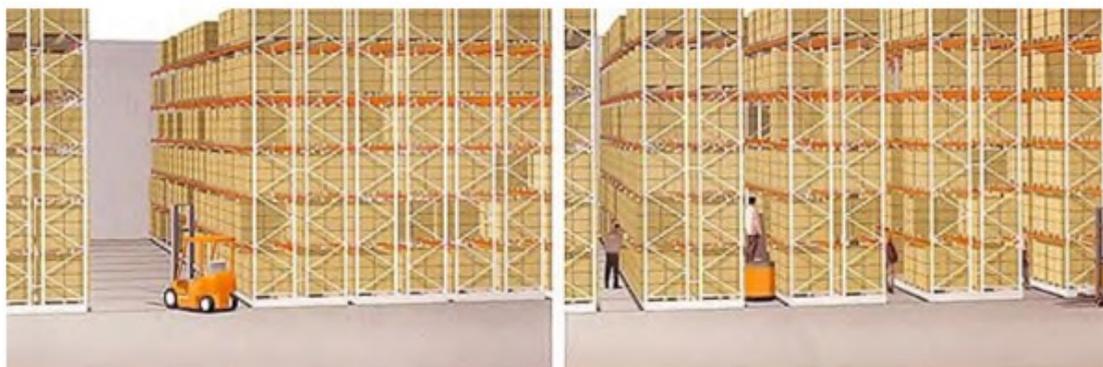
In questo caso, il carico viene gestito utilizzando le scaffalature come magazzino distributore, con due accessi al carico, uno su ciascun lato della scaffalatura. Questo sistema permette di regolare le differenze di produzione, per esempio tra fabbricazione e spedizione, tra produzione fase 1 e fase 2, oppure tra produzione e baie di carico.

Nel caso in cui la movimentazione dei pallet all'interno della scaffalatura sia gestita con un sistema a catene, si parla invece di modello *Flow Rail*, per il quale valgono le considerazioni analizzate per il *Drive-In*. Un'opzione alla movimentazione con catena è data dall'utilizzo di navette forcabili, chiamate *shuttle*, che, collocate sotto il pallet, lo sollevano tramite un sistema a pistoni e si spostano fino a posizionarlo nel primo posto disponibile della corsia; fatto ciò, il satellite torna al punto di partenza per procedere con lo stoccaggio degli altri pallet.

Il vantaggio principale dell'utilizzo del satellite è la capacità di lavorare parallelamente all'operatore, in modo del tutto autonomo; l'operatore ha il solo compito di guidare i movimenti di deposito e prelievo con un telecomando o un dispositivo, quest'ultimo consente di controllare anche più *shuttle* contemporaneamente. Con l'aiuto di un carrello elevatore la navetta viene inserita nel livello di stoccaggio desiderato; successivamente i pallet vengono posizionati uno ad uno dal carrello all'entrata del livello prestabilito e appoggiati sui profili di carico; il satellite si alza leggermente e, sostenendo il pallet, compie una traslazione orizzontale fino a raggiungere la prima posizione libera, nella quale lo deposita; nella fase finale la navetta torna all'inizio del tunnel per ripetere la movimentazione con l'unità di carico successiva, e così via fino al riempimento del tunnel stesso. Prima del deposito sull'ultima posizione la navetta viene ritirata, per essere posizionata su un altro livello.

La scaffalatura passante permette, concludendo, di gestire logiche diverse (LIFO e FIFO), affrontare investimenti sia contenuti che più importanti, valutare l'inserimento di diversi livelli di automazione, ecc. grazie alle numerose configurazioni che può assumere, a seconda delle esigenze e delle necessità. Inoltre, essa ha un'elevata densità di stoccaggio e permette, in alcuni casi, di ridurre i tempi di movimentazione della merce; non è sempre adatta ad aziende con un numero importante di referenze.

Figura 3.10 - Scaffalature compattabili



Fonte: < www.mecalux.it >

Il magazzino compattabile è costituito da scaffalature disposte su basi mobili, inserite in apposite guide e per questo traslabili trasversalmente. A differenza del portapallet, questo sistema di stoccaggio permette di eliminare i corridoi che vengono creati ad hoc uno alla volta quando necessario e consente quindi di utilizzare gran parte del volume disponibile del magazzino. Le basi, dotate di motori, si spostano lungo e rotaie, azionate da un telecomando o da una pulsantiera. I tempi di movimentazione della scaffalatura sono molto lunghi, perciò il sistema è adatto allo stoccaggio di volumi elevati di pochi codici, oppure per quei prodotti che richiedono di essere conservati a temperatura controllata.

Se da un lato il compattabile consente lo stoccaggio di un gran numero di unità di carico, con un'ottima capacità di saturazione dello spazio e disponendo la merce liberamente senza logiche vincolanti, dall'altro presenta due limiti importanti: perdita di flessibilità e lentezza di apertura dei corridoi. La perdita di flessibilità è conseguenza diretta della compattezza, richiede cambiamenti organizzativi sia nelle attività interne al magazzino che nel metodo di stoccaggio della merce; l'apertura dei corridoi non veloce costringe a stoccare i codici con una logica ben ragionata, basata ad esempio sulla frequenza di prelievo, con la possibilità di gestire l'accesso ai corridoi per fasce orarie o per giornate. Diventa difficile quindi far fronte ad ordini urgenti e non pianificati.

Tabella 3.1 - Vantaggi e svantaggi dei magazzini descritti.

SISTEMI DI STOCCAGGIO	VANTAGGI	SVANTAGGI
Catata	<ul style="list-style-type: none"> - Nessun investimento in infrastrutture; - Elevato rendimento superficiale. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ridotta selettività; - Non adatto per prodotti obsolescenti; - Limitata capacità di ottimizzazione in altezza.
Magazzino statico a scaffalatura	<ul style="list-style-type: none"> - Massima selettività; - Investimento contenuto; Massima personalizzazione. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ogni scaffalatura ha bisogno di un corridoio di accesso; - Rendimenti superficiale e volumetrico non elevati.
Magazzino drive-in	<ul style="list-style-type: none"> - Alta densità di stoccaggio; Possibilità di gestire logica FIFO. 	<ul style="list-style-type: none"> - Non adatto per un alto numero di referenze; - Selettività ridotta.
Magazzino dinamico a gravità e dinamico flow-rail	<ul style="list-style-type: none"> - Alta densità di stoccaggio; Possibilità di gestire la logica FIFO; - Maggiore sicurezza nelle operazioni; - Minor tempo per il prelievo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Costi più elevati rispetto al drive in; - Non adatto per un alto numero di referenze; - Selettività ridotta.
Magazzino dinamico compattabile	<ul style="list-style-type: none"> - Ottimo rendimento volumetrico; - Mezzi di movimentazione standard. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bassa selettività; - Tempi lunghi di accesso alla merce non disponibile; - Pianificazioni delle missioni di prelievo.
Magazzino dinamico con traslo elevatore	<ul style="list-style-type: none"> - Altissima selettività; - Alta velocità di processo; - Elevata ottimizzazione dello spazio e delle attività di prelievo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Investimenti elevati; - Adatto per prodotti omogenei in forma e dimensione.

3.3.2 Magazzini intensivi automatizzati

I magazzini automatici costituiscono una soluzione avanzata rispetto ai magazzini tradizionali: la movimentazione delle unità di carico viene effettuata da robot cristiani (traselevatori) che automaticamente stoccano o prelevano le UdC in scaffalature secondo strategie implementate da appositi software gestionali.

Normalmente in testata del magazzino automatico è collocato un sistema di convogliamento automatico che realizza il collegamento tra il magazzino stesso le altre aree funzionali (ingresso merce, spedizione, reparti produttivi ecc.).

L'esigenza di realizzare un magazzino automatico è da ricercarsi nella volontà di ottimizzazione del sistema di stoccaggio per sopperire alla continua mutevolezza del mercato e delle attività ad esse legate.

Cambiamenti che portano spesso a dover fronteggiare a picchi di lavoro imprevisti, alla variabilità dello stock ed alla relativa gestione e alla costante ricerca dell'abbattimento dei costi.

Vantaggi e svantaggi dei magazzini automatici

Non esiste una formula per decidere se e quanto sia vantaggioso avere un magazzino completamente automatico: ogni azienda ha esigenze proprie e i suoi obiettivi sono strettamente legati alla tipologia di business.

Vantaggi:

- aumentare qualità e quantità del servizio con l'aumentare di prestazioni e riduzione di errori di gestione;
- ottenere un'alta densità di stoccaggio in relazione alle aree disponibili, sfruttando l'altezza quindi elevato sfruttamento dello spazio;
- ridurre i costi legati al personale, al trasporto interno ed ottimizzare il flusso delle merci in ingresso e uscita;

- conoscere quantità e disponibilità di merci in giacenza e loro grado di movimentazione nel tempo, fissando le regole per un controllo gestionale automatico e quindi una complicità completa tracciabilità;
- utilizzare il magazzino su più turni o a ciclo continuo;
- studio di soluzioni integrate con eventuali processi produttivi;
- movimentare UdC con peso critico per altri mezzi di movimentazione e in ambienti gravosi;
- ritorno dell'investimento a medio termine.

Svantaggi:

- definizione di specifiche Unità di Carico;
- investimento iniziale importante.

Le tipologie di magazzino automatico

Una prima classificazione è relativa alla tipologia di costruzione delle strutture per lo stoccaggio della merce.

- **Autoportanti:** i magazzini autoportanti, mostrato in Figura 3.11, sono così definiti in quanto le scaffalature adibite allo stoccaggio della merce rappresentano l'edificio stesso. Sono infatti provviste di copertura e pareti di tamponamento e sopportano le azioni accidentali esterne, e vengono considerate come veri e propri edifici.
- **Non Autoportanti** (mostrati in Figura 3.12): sono realizzati all'interno di edifici dedicati (in acciaio o calcestruzzo armato) e le scaffalature devono essere progettati per sopportare solo i carichi della merce.

Figura 3.11 - Esempio di magazzino Autoportante

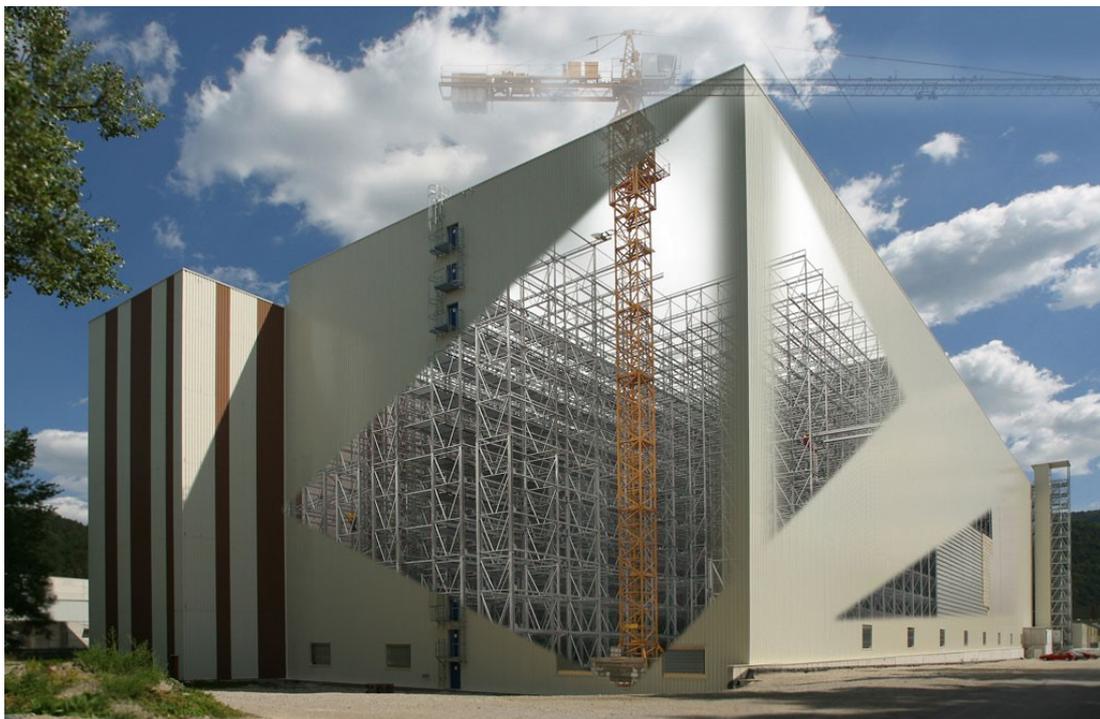


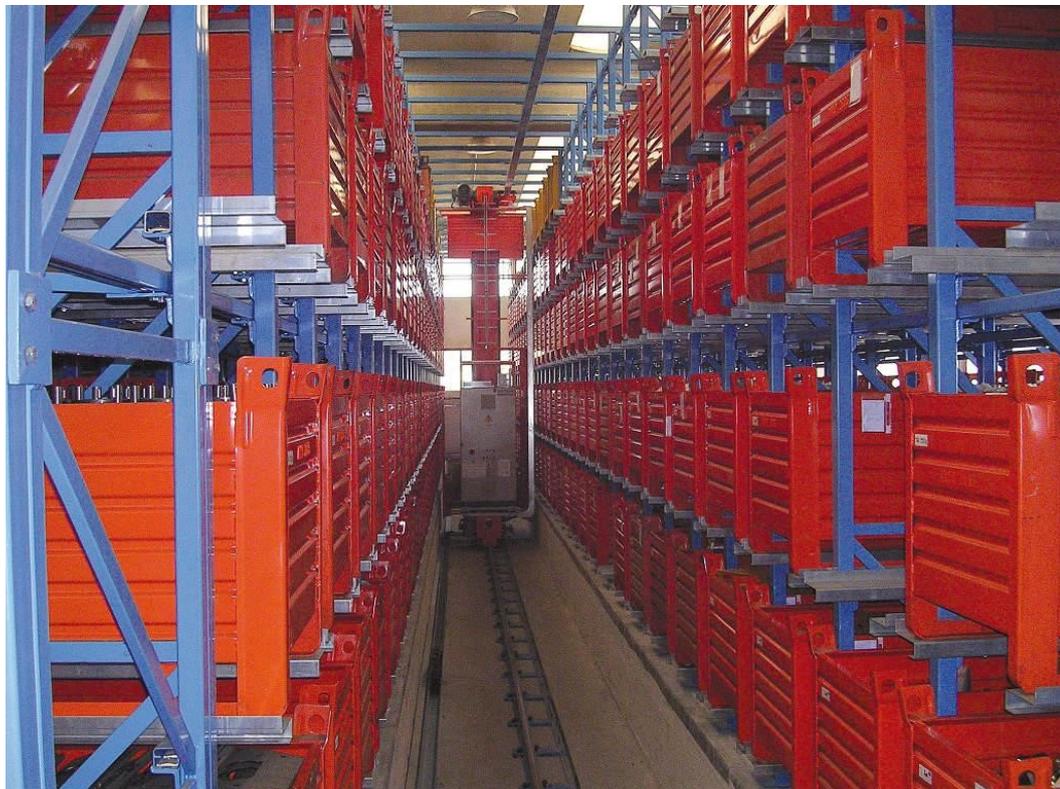
Figura 3.12 - Esempio di magazzino Non Autoportante



Una seconda classificazione può essere basata sulla tipologia di unità di carico stoccate, le cui caratteristiche influenzano inevitabilmente il progetto dell'intero magazzino. Si possono distinguere:

- **Magazzini per pallet o cassoni:** sono i magazzini dedicati allo stoccaggio e movimentazione di merce su pallet (Figura 3.13). Le unità di carico fuori dal magazzino automatico vengono movimentate con carrelli elevatori a forche.

Figura 3.13 - Esempio di magazzini per pallet o cassoni



Fonte: < www.ferrettogroup.com >

- **Magazzini *miniload*** per scatole o cassette (figura 3.14): i magazzini *miniload* sono predisposti per la movimentazione e lo stoccaggio di unità di carico di dimensioni e peso ridotte realizzate mediante contenitori plastici o metallici e scatole di cartone. Tale unità di carico necessitano

quindi di sistemi specifici per la loro movimentazione e per lo stoccaggio su scaffalature.

Figura 3.13 - Esempio di magazzini *miniload* per scatole



Fonte: < www.ferrettogroup.com >

I magazzini automatici possono essere suddivisi in:

- Magazzini a Singola Profondità;
- Magazzini a Doppia Profondità;
- Magazzini a Multi-profondità.

Questi magazzini differiscono tra loro sia per le scaffalature sia per le attrezzature di movimentazione.

L'indicatore fondamentale che normalmente determina la scelta della profondità di stoccaggio è espresso dal rapporto tra la capacità di stoccaggio e il numero di codici prodotto presenti a magazzino.

Le soluzioni precedenti possono essere influenzate da logiche di funzionamento FIFO o LIFO.

Per esempio, la multi-profondità può gestire in modo ottimale la logica FIFO con scaffalature dinamiche con rulliere a gravità, adatte allo stoccaggio di grandi volumi di merce omogenee, consentendo di realizzare elevati indici di utilizzazione del magazzino, assicurando una buona protezione della merce ed evitandone l'invecchiamento. In alternativa, la scaffalatura con attrezzatura *shuttle*, si presta per stoccaggio di volumi di merce molto elevati, privilegiando il grado di saturazione del magazzino. A differenza della soluzione precedente, questi magazzini implementano una logica LIFO.

Elementi di un magazzino automatico

Di seguito verranno brevemente descritti i principali elementi che compongono un magazzino automatico dal punto di vista "impiantistico".

- Le scaffalature: rappresentano le strutture adibite allo stoccaggio delle merci, sono progettate per garantire l'appoggio delle UdC e sono realizzate generalmente in acciaio profilato a freddo. Questa tipologia costruttiva permette elevate portate, basso costo e montaggio/smontaggio modulare. La conformazione e lo schema tecnico-funzionale delle scaffalature è in funzione della tipologia delle unità di carico e del tipo di movimentazione.
- Macchine automatiche per lo stoccaggio della merce: le macchine per l'allocazione della merce sulla scaffalatura sono composte da robot cartesiani (su due assi) chiamate traslo-elevatori e guidati a terra e superiormente da guide dedicate. Il posizionamento su due assi è garantito da *encoder* e da *barcode* che garantiscono una precisione di posizionamento di pochi millimetri. La merce è depositata sullo scaffale con tracciatura appositamente studiata per le unità di carico movimentate. Vi sono essenzialmente tre tipologie di macchine: trasloelevatori rettilinei, trasloelevatori sterzanti e carelli VNA-a.

I trasloelevatori rettilinei sono macchine che si muovono su guida rettilinea all'interno di una singola corsia di magazzino. Inevitabilmente sono necessarie tante macchine quante sono le corsie del magazzino.

I trasloelevatori sterzanti sono macchine dotate di un sistema di curvatura o scambio che permettono lo spostamento da una corsia all'altra del magazzino, attraverso elementi curvi o scambi sulla guida terra, mentre sulla guida superiore viene ricavato un tracciato dedicato al cambio corsia della macchina. In questo modo solo una macchina può gestire due o più corsie.

Per lo stoccaggio magazzino possono essere impiegati, inoltre, carrelli elevatori di serie resi completamente automatici che mantengono comunque la possibilità di essere utilizzati in manuale. Per ottimizzare la volumetria del magazzino, il carrello scorre, guidato con delle guide o mediante induzione, in corsie molto strette (da qui il termine VNA= *Very Narrow Aisle*). Sono utilizzati sia carrelli *Man-up* (per la gestione manuale del *picking* in quota) che *Man-Down*.

- Elementi per le testate e/o periferie: sono tutti i macchinari adibiti alla movimentazione delle merci dall'esterno del magazzino fino al punto di presa del trasloelevatore. Si possono citare: convogliamento mediante rulliere, sistema di navette su binari, sistemi AGV – LGV (*Automatic Guided Vehicle* e *Laser Guided Vehicle*).
- WMS: I sistemi WMS (*Warehouse Management System*) consentono di controllare e di ottimizzare tutti i processi produttivi e di magazzino, dall'area di accettazione delle merci fino alle baie di carico degli automezzi. Il WMS è costituito da un sistema informatizzato integrato in grado di effettuare e garantire la raccolta dati, la tracciabilità dei flussi di lavorazione e la rintracciabilità i prodotti forniti ai propri clienti.

Attraverso il WMS l'utente può disporre, in tempo reale, delle informazioni relative alla giacenza effettiva e l'esatta ubicazione dei prodotti all'interno del magazzino. I report relativi agli accessi e alle analisi

ABC assicurano risparmi di lavoro garantendo una perfetta amministrazione del magazzino. Grazie ai più moderni sistemi di identificazione automatica, il WMS offre la completa tracciabilità e rintracciabilità dei prodotti, componenti e unità di carico. Ciò viene garantito mediante la registrazione di ogni singolo spostamento fisico del materiale.

- Ad integrazione del sistema di convogliamento possono essere inseriti diversi moduli per automatizzare operazioni specifiche tra i quali: *dispenser* pallet, filmatrici / reggiatrici automatiche, robot di pallettizzazione, impilatori / de-impilatori, elevatori / discensori.

3.4 Gli indici di performance del magazzino

La scelta della tipologia di magazzino e conseguentemente della sistemazione della merce dev'essere studiata tenendo presente i seguenti indici caratteristici:

1. Indice di Accesso;
2. Indice di Selettività;
3. Indice di Saturazione Superficiale;
4. Indice di Saturazione Volumetrica.

1 - Indice di Accesso (I_A): indica il numero di volte in cui si accede alla singola locazione di prodotto.

Nel caso di allocazione per posti dedicati è pari al rapporto tra l'indice di movimentazione e i posti pallet assegnati al determinato articolo; se invece vi è allocazione per zone condivise è dato dal rapporto tra l'indice di movimentazione e i posti pallet mediamente occupati. L'indice di movimentazione definisce il numero di unità di carico movimentate in un dato periodo prestabilito (giorni, mesi, ecc.):

$$\text{Indice di Accesso} = \frac{\text{Indice di Movimentazione}}{\text{Giacenza media}}$$

2 - Indice di Selettività (I_s): indica il numero di movimenti utili su quelli totali per prelevare un codice, ma anche le unità di carico direttamente accessibili fra tutte quelle presenti a magazzino.

Questo indice può assumere valori compresi fra 0 e 1, in cui i valori prossimi allo zero indicano magazzini in cui è richiesto un elevato numero di movimenti per effettuare il prelievo ma compatti; se l'indice invece è prossimo ad uno, i movimenti si riducono e gli accessi sono quasi tutti diretti, il magazzino perciò è costituito da scaffalature poco addensate.

$$\text{Indice di Selettività} = \frac{\text{Movimenti utili}}{\text{Movimenti totali}} \cong \frac{\text{Unità di carico libere}}{\text{Unità di carico presenti}}$$

3 - Indice di Saturazione Superficiale: esprime quanta superficie di un magazzino è occupata dalla merce in relazione alla superficie totale a disposizione. Più il rendimento si avvicina ad 1, minore è la superficie lasciata libera.

$$\text{Indice di Saturazione Superficiale} = \frac{\text{Superficie occupata da merce}}{\text{Superficie totale di magazzino}}$$

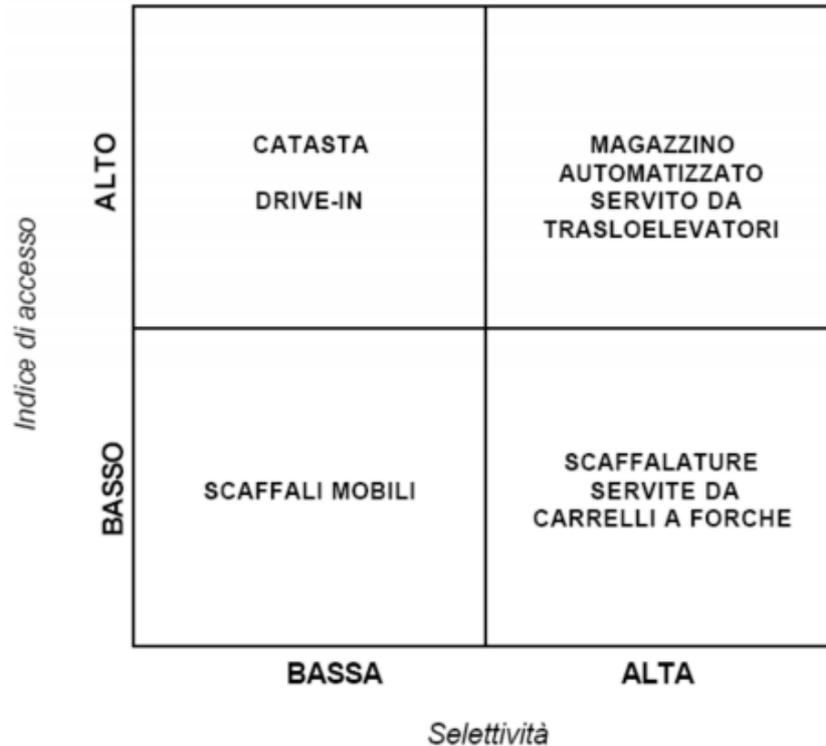
4 - Indice di Saturazione Volumetrica: consente di valutare il volume di un magazzino occupato dai prodotti in rapporto al volume totale disponibile.

Anche in questo caso un valore vicino ad 1 indica una buona saturazione del volume di magazzino. Questo indice è utilizzato spesso quando vi sono spazi con altezze molto diverse fra loro.

$$\text{Indice di Saturazione Volumetrica} = \frac{\text{Volume occupato da merce}}{\text{Volume totale di magazzino}}$$

Tramite l'uso degli indici di selettività e di accesso, è possibile valutare quali tipologie di magazzini risultano più adatte alla realtà aziendale oggetto di analisi.

Figura 3.14 - Matrice di classificazione dei magazzini secondo gli indici di accesso e di selettività



3.5 La progettazione del magazzino: lo stoccaggio

Progettare un magazzino significa quantificare spazi e risorse, mezzi e uomini, indispensabili per lo stoccaggio della merce e per svolgere le attività operative che vi hanno luogo.

Come visto in precedenza, gli indici caratteristici permettono di valutare quale tipologia di immagazzinamento è la più adatta alle condizioni aziendali; altri dati in input da valutare, in quanto rappresentano ulteriori vincoli di scelta fra le possibili alternative, sono:

- Le giacenze, ovvero i massimi quantitativi di prodotti che il magazzino deve essere in grado di contenere;
- I flussi, vale a dire le movimentazioni richieste al magazzino nell'unità di tempo.

Per il dimensionamento della zona di stoccaggio è fondamentale valutare il livello di stock, quindi la giacenza cumulativa che si prevede il magazzino dovrà contenere, ottenuta come la somma delle giacenze dei materiali da immagazzinare. Può accadere che il numero di referenze da stoccare sia elevato, di conseguenza il calcolo diventa lungo e dispendioso; la soluzione per ridurre i tempi di conteggio è quella di valutare solo una parte significativa dei codici, ottenuta con un'analisi statistica come ad esempio l'analisi ABC.

In sintesi, nel dimensionamento l'obiettivo è quello di ottenere un magazzino che non contenga troppa merce ferma; se invece il risultato è questo è necessaria un'analisi che permetta di individuare le cause del problema per poterlo risolvere un passo alla volta.

3.6 La progettazione del magazzino: allocazione e mappatura della merce

Le fasi di mappatura e allocazione della merce, all'interno della progettazione del magazzino, hanno l'obiettivo di ottenere il controllo dello spazio di stoccaggio e dei prodotti. Conoscere la posizione di ogni referenza e poterla comunicare in tempi rapidi è la base da cui parte tale controllo ed è segnale di efficienza.

Le aziende che gestiscono un'elevata numerosità di articoli diversi o magazzini molto grandi necessitano di sistemi di identificazione che siano in grado di trattare informazioni e flussi e che siano di supporto per:

- Individuare prontamente ciascun prodotto e dove è posizionato;
- Identificare in modo univoco un corridoio, uno scaffale, un livello o un ripiano all'interno del magazzino;
- Avere il controllo delle attività in tempo reale, con la registrazione e la segnalazione di ogni flusso o informazione;
- Tener traccia di locazioni diverse dello stesso prodotto.

Grazie a questi sistemi diminuiscono i tempi di ricerca dei prodotti, di preparazione degli ordini e di ricerca delle locazioni; si evita l'acquisto o la produzione non necessari di prodotti che sono presenti in magazzino ma non si riesce a rintracciare; si riduce la probabilità di effettuare errori nella preparazione degli ordini, con un servizio migliore al cliente.

Questi aspetti sono fondamentali per l'allocazione, che dev'essere studiata dal responsabile di magazzino considerando i vari obiettivi aziendali e trovando un *trade off* fra questi, in quanto spesso possono risultare incompatibili fra di loro. È importante valutare:

- Lo spazio a disposizione;
- I metodi di allocazione;
- Le dimensioni e la forma dei prodotti o delle unità stoccate;
- Le caratteristiche dei prodotti: il peso, lo stato fisico, l'impilabilità, ecc.;
- Le strutture di stoccaggio già presenti;
- I sistemi informativi di supporto.

I modelli che vengono usati per l'allocazione sono principalmente tre:

1. Postazione fissa (o *dedicated storage*);
2. Gestione banalizzata (o *shared storage*);
3. Per zone dedicate (o *class-based storage*).

Il criterio a **postazione fissa** prevede che ad ogni articolo si assegni un determinato numero di vani con un certo livello di comodità, individuato tramite l'Indice di Accesso; i prodotti con accessibilità alta andranno nei posti più immediati, quelli con valori dell'indice medi avranno i posti intermedi, gli articoli che vengono visitati meno dall'operatore possono essere posizionati nelle locazioni meno comode e che richiedono tempi più lunghi per essere raggiunte. Questo criterio può essere applicato anche in assenza di un software gestionale in azienda; le posizioni dei codici sono affidate alla memoria degli operatori addetti ai prelievi e per questo si possono

creare disordine ed errori. I posti assegnati infatti possono variare, gli operatori possono cambiare, la variabilità dei mercati può cambiare le giacenze in corso d'opera, ecc., di conseguenza i tempi di prelievo delle unità di carico si allungano e vanno ad inficiare sull'efficienza del magazzino.

Lo stoccaggio "**banalizzato**" comporta che gli articoli vengano stoccati nel primo vano libero più vicino possibile alla testata del magazzino: un codice qualsiasi può essere ubicato in una locazione qualsiasi. Questo criterio necessita il supporto di un sistema informatico in grado di registrare la posizione di ogni referenza ed indicare al magazziniere dove andare ad effettuare il prelievo quando serve. Se gli articoli hanno Indice di Accesso simile fra di loro questa modalità di allocazione risulta essere sufficientemente efficiente; il problema sorge nel momento in cui vi sono codici che richiedono movimentazioni molto diverse fra di loro: se vi è l'arrivo in magazzino di un prodotto con Indice di Accesso basso, e viene posto in un'ubicazione comoda, vi è il rischio che rimanga lì per molto tempo. Accade che le zone migliori vengono via via occupate da merce ferma, mentre la merce che comporta movimentazioni più frequenti si trova ad essere stoccata nei vani più scomodi da raggiungere.

La gestione banalizzata per classi presuppone che nella scaffalatura siano individuate tre zone con tempi di accesso diversi: minimo, medio, elevato. Considerando l'Indice di Accesso di ciascun codice si assegnano alla zona con tempi minori i codici più visitati, quella con tempi maggiori gli articoli più fermi. La merce non viene posizionata in ubicazioni con criteri dettati dalla memoria o dalla casualità, i posti sono assegnati e non possono essere cambiati senza una specifica valutazione. La divisione in classi delle referenze rispetto all'Indice di Accesso può essere esplicitata facendo uso del Principio di Pareto e della curva ABC.

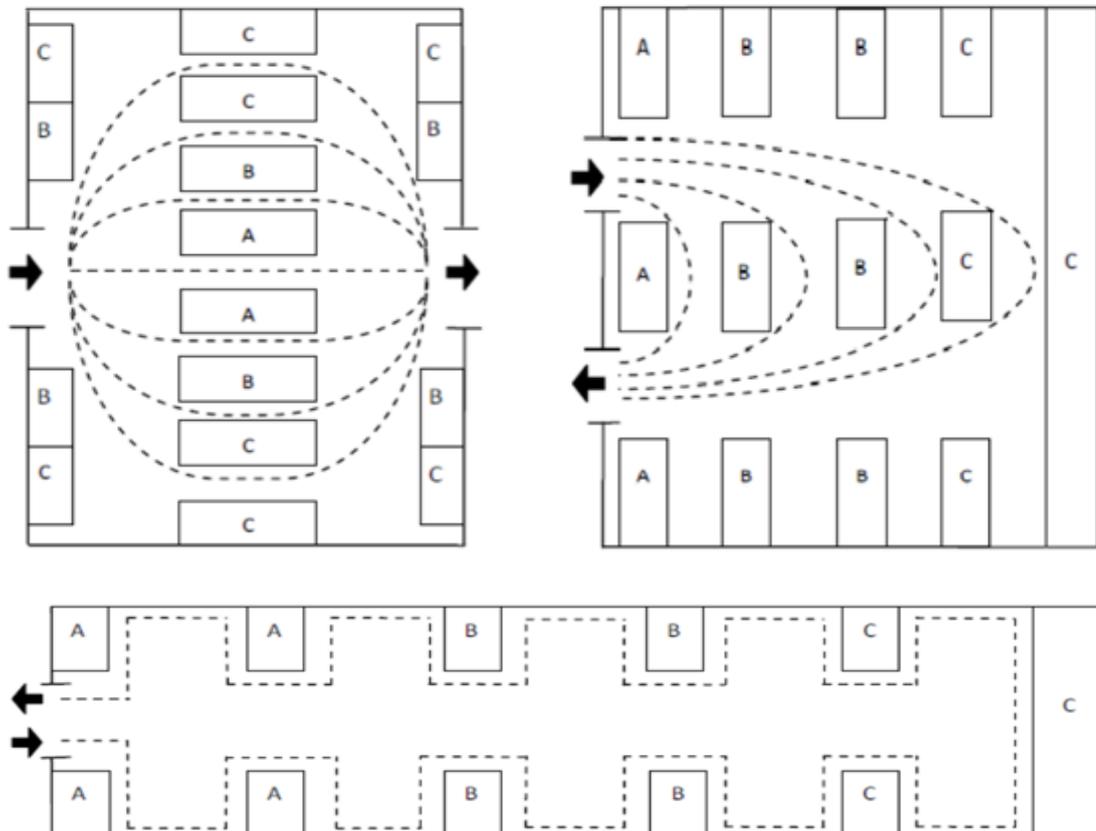
In base all'indice di rotazione e al volume di venduto, ad esempio, è possibile predisporre una tabella (Tabella 3.2) a doppia entrata che individui tre classi: A, B e C.

Tabella 3.2 - Matrice di classificazione in base a rotazione e volume prelevato

vol. prel. \ freq. prel.		Alta	Media	Bassa
		Alto	CLASSE A	
Medio	A	CLASSE B		
Basso				

L'obiettivo nello stabilire l'allocazione della merce è minimizzare il tempo di accesso medio alle classi stabilite con la curva ABC; naturalmente le classi con Indice di Accesso maggiore sono allocate nei vani più vicini ai punti di ingresso e uscita della scaffalatura. Nella figura 3.15 seguente vengono illustrate alcune possibili disposizioni degli articoli, definite in base alla classe di appartenenza e alla posizione delle entrate e delle uscite del magazzino.

Figura 3.15 - Esempi di immagazzinamento per classi di rotazione e volume prelevato



Nelle tre immagini della Figura 3.15 sono rappresentati (con le linee tratteggiate) i possibili percorsi di *picking*. Con un'allocatione dei prodotti di questo tipo si ottimizzano i tempi impiegati per prelevare i materiali. Tuttavia, ogni impresa può preferire metodi di stoccaggio differenti a seconda delle necessità che si presentano.

3.7 Modelli di picking e ottimizzazione delle relative aree

Tra tutte le attività interne al magazzino quella di *picking*, o prelievo, è quella cui si dedica maggiore attenzione per una serie di ragioni: in primo luogo è un processo che si riflette in modo diretto sul servizio offerto al cliente e quindi sul livello di soddisfazione dello stesso, e poi rappresenta uno dei costi maggiori dell'attività di magazzinaggio perché occupa risorse e richiede quantità di tempo elevate.

Il picking è il prelievo a magazzino di articoli (solitamente prodotti finiti, ma anche componenti) nella tipologia e quantità previste da una lista specifica, denominata *picking list*. Tale lista può essere semplicemente l'ordine di un cliente, e in questo caso si parla di *Order Picking*: ad ogni addetto viene consegnata una lista con la quale parte per la missione di prelievo. In alternativa il sistema informativo raccoglie un certo numero di ordini e ne valuta le similitudini; crea poi un'unica lista e l'operatore procede al ritiro degli articoli. Terminato il prelievo i codici vengono portati in una zona specifica dove viene fatta la ripartizione per singolo ordine, detta ventilazione. Questo sistema è chiamato *Batch Picking*, o *picking* cumulato. Queste due tecniche a seconda delle esigenze possono essere combinate. Un'altra tecnica prevede il prelievo a zone, in cui il *picker* è responsabile di un'area del magazzino e nei documenti di prelievo consegnatigli sono riportati unicamente i prodotti che giacciono nella sua zona di controllo.

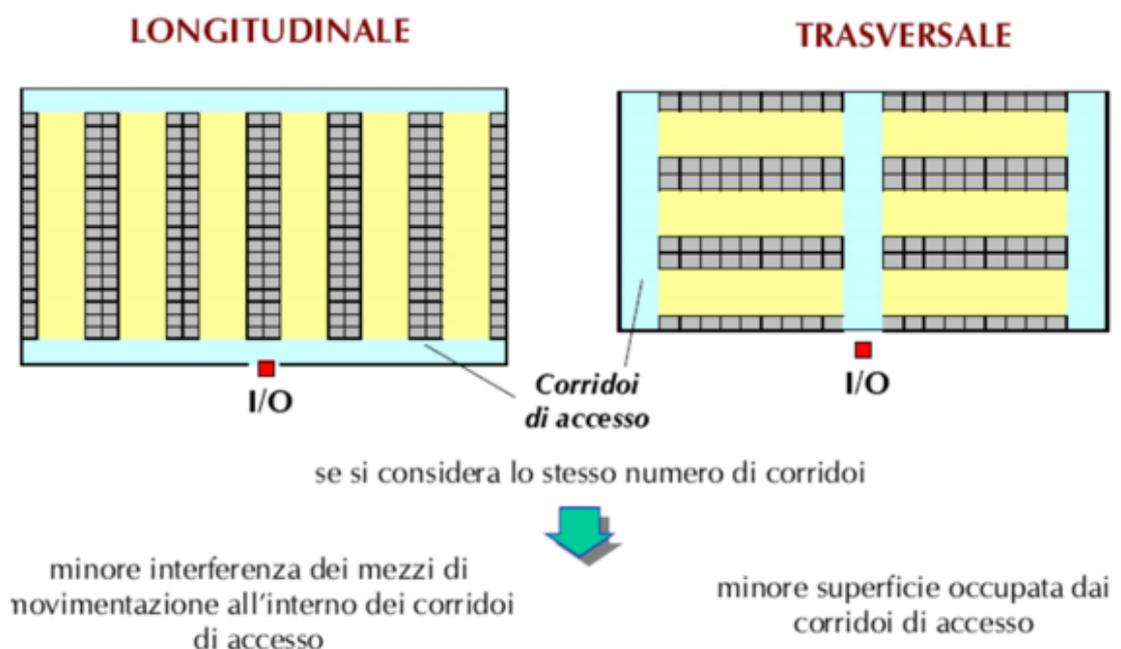
A seconda che il magazzino sia manuale o automatico il picking può prevedere nel primo caso che l'operatore si sposti verso i materiali, nel secondo che siano i materiali, con dei sistemi convogliatori, ad andare in una postazione fissa di lavoro del *picker*, detta appunto baia di *picking*. Nel caso sia l'operatore a muoversi, se il magazzino è di dimensioni contenute, i prodotti leggeri e maneggiabili e gli ordini

formati da poche righe si sposterà con un carrello manuale dove posizionerà gli articoli prelevati; se di contro le distanze da percorrere sono importanti e gli ordini riportano quantità di prodotti elevate da movimentare il *picker* è dotato di carrelli rapidi apposti per le missioni di prelievo: i transpallet. Prima di definire il sistema corretto di attraversamento e prelievo, è importante prendere in considerazione una serie di aspetti:

- Caratteristiche del prodotto: dimensioni, peso, fragilità, ecc.;
- Ordini da evadere giornalmente;
- Righe per ogni ordine;
- Quantità di prelievo per ogni codice.

Per ottimizzare le missioni di prelievo si agisce contemporaneamente su tre fattori: il layout della scaffalatura, le politiche di percorso e infine la mappatura dei codici prodotto. Due sono le tipologie di configurazione della scaffalatura: **longitudinale** e **trasversale**. La prima consente un *picking* più intensivo con minor rischio di congestione dei mezzi nella testata del magazzino; la seconda assicura maggior compattezza e quindi una saturazione superficiale migliore.

Figura 3.16 - Tipologie di Layout



Le politiche di percorso riguardano tratte predefinite che gli operatori sono obbligati a seguire per evitare errori di prelievo e garantire la sicurezza per le persone e le cose all'interno del magazzino.

Le principali politiche adottate per l'ottimizzazione sono:

- *Attraversamento (o traversal)* in cui il *picker* affronta ogni corridoio prelevando gli articoli sia da un lato che dall'altro della corsia, senza mai tornare indietro. Questo sistema è vantaggioso se ci sono molti corridoi e porta a risparmi di strada e tempo se la *picking list* prevede di bypassare corsie intere.
- *Ritorno (return)*, in cui l'operatore entra ed esce dalla stessa parte di ciascuna corsia, perciò può tornare indietro; nel percorso di ingresso preleva la merce da un lato del corridoio, in quello di uscita preleva gli articoli dall'altro lato.
- *Split traversal*; questa politica è una combinazione delle due precedenti: il corridoio è percorribile solo in un senso, il prelievo avviene da un lato alla volta.

La mappatura dei prodotti viene fatta tramite la curva ABC; individuando le tre classi di accesso agli articoli, il layout della scaffalatura e la politica di attraversamento prevista, si posizionano gli articoli con l'obiettivo di ridurre i tempi di picking principali: percorrenza della tratta, ricerca del materiale e prelievo dei codici indicati nell'ordine.

La mappatura stabilisce non solo il posto della referenza rispetto alla lunghezza del corridoio, ma anche il livello stesso in cui il pallet viene posizionato. Solitamente l'area di prelievo frazionato è organizzata posizionando a terra un pallet per ogni codice a catalogo, sui piani superiori invece è previsto lo stoccaggio di unità di carico dello stesso codice. L'attività di *picking*, infatti, è supportata e resa possibile dal *refiling*, ossia il ripristino delle unità di carico prelevate o svuotate dai singoli colli; è un'attività fondamentale in quanto garantisce che l'operatore addetto al *picking* trovi

sempre la merce da prelevare posizionata nel vano più comodo (quello a terra) e che sia concentrato unicamente alla creazione dell'ordine ricevuto. Chi si occupa del ripristino invece ha la responsabilità di fare in modo che in magazzino ci sia sempre un pallet carico da cui prelevare per ogni codice e, se nota che l'unità di carico è vuota o prossima allo svuotamento completo, la reintegra spostando quella stoccata sui livelli superiori sul livello a terra. È importante che le due attività siano distinte ed eseguite o da magazzinieri diversi o dallo stesso ma in momenti della giornata lavorativa lontani fra loro, ciò permette di velocizzare ulteriormente l'attività di picking.

3.8 La spedizione

Le attività di spedizione sono direttamente collegate al livello di servizio offerto ai clienti. Infatti, le consegne devono essere il più possibile veloci e affidabili; inoltre, collaborando direttamente con i compratori, possono venire esaudite alcune richieste atte a facilitare un eventuale successivo stoccaggio.

Sono principalmente tre gli elementi che influenzano le operazioni di spedizione: la dimensione dell'area di spedizione, il tipo di unità di carico e i criteri di spedizione.

La zona di spedizione deve avere una capacità tale da accogliere tutte le merci pronte per la consegna; inoltre, è consigliabile prevedere uno spazio supplementare in grado di assorbire eventuali intoppi.

Il tipo di unità di carico più diffusa è il pallet. Questo, consistente in una piattaforma di legno o plastica, viene generalmente utilizzato per raggruppare in un'unica soluzione tutte le merci ordinate dal cliente. Durante la preparazione dell'ordine si imballano sopra il pallet tutti i prodotti richiesti che, in questo modo, saranno poi evasi congiuntamente. Altri tipi di unità di carico, meno utilizzati, sono i gabbiati (pesanti gabbie metalliche) e i *rolltainers* (gabbie in rete metallica, dotati di ruote, usati per spedire carichi misti). Quando le dimensioni dell'ordine sono modeste e non è perciò vantaggioso utilizzare una delle tre unità di spedizione

appena introdotte, le merci possono venire spedite in semplici contenitori o scatoloni.

Le dimensioni degli ordini incidono, di conseguenza, anche su criteri e organizzazione dei trasporti. Qualora un mezzo non sia completamente riempito dall'ordine di un unico cliente, può venire saturato con merci destinate ad altri *buyer* dell'azienda. Così facendo, i costi di trasporto vengono spalmati su più consegne. Inoltre, in caso di consegne a clienti diversi in una certa area, possono venire impiegati software che ottimizzano i percorsi da seguire. Negli ultimi anni, l'esigenza di contenere i costi ha spinto molte imprese a ridurre i mezzi di proprietà. Queste aziende, che hanno preferito delegare a terzi (società di trasporto e/o padroncini) la distribuzione fisica delle merci, hanno guadagnato in flessibilità. Infatti, a seconda delle dimensioni degli ordini, possono rivolgersi a trasportatori con capacità di carico (e costi) differenti.

CAPITOLO 4

LEAN PRODUCTION

In questo capitolo viene descritto uno dei sistemi produttivi più efficaci e apprezzati di questi ultimi anni, la *Lean Production*. Il capitolo inizia con un breve riassunto sulle origini della Produzione Snella con il *Toyota Production System*, esse risalgono alla fine degli anni Quaranta del secolo scorso. Si prosegue spiegando i principi fondamentali del *Lean Thinking* cioè le idee a cui è necessario ispirarsi nella gestione aziendale. Successivamente si userà la metafora della *Toyota House* per poter esporre quali siano i pilastri di questa modalità gestionale e gli strumenti utilizzati. Infine, si parlerà delle critiche alla *Lean Production*.

4.1 Il contesto storico e le origini

Fin dagli inizi del secolo scorso, il modello di produzione più utilizzato e che meglio seguiva dettami e necessità del tempo era quello che viene identificato come “produzione di massa”.

Ciò che caratterizzava la *mass production* erano principalmente i volumi produttivi molto elevati di prodotti uguali e ripetitivi. Essa sfruttava in tutto e per tutto i benefici dell’economia di scala a fronte di una forte standardizzazione di prodotti e processi. Era il mercato di allora che permetteva di sfruttare queste dinamiche: la domanda era assolutamente prevedibile, sempre in aumento e, cosa più importante, guidata dall’offerta.

Erano questi i motivi principali per cui nelle industrie dell’epoca ci si poteva focalizzare su creare pochi modelli, massimizzare ritmi di lavoro, scomporre i processi in *micro-task* e aumentare la produttività del lavoro. Tutto ciò, accoppiato a politiche *top down*, erano le modalità con cui le grandissime industrie automobilistiche americane crescevano e producevano fino alla Seconda guerra mondiale.

Fu proprio dopo la Seconda guerra mondiale che iniziò un cambiamento che nessuno aveva previsto e che, soprattutto, nessuno si sarebbe aspettato.

Proprio in uno dei paesi maggiormente provati dal secondo conflitto mondiale, il Giappone, si cominciava a pensare a come adattare quel modello produttivo per avvicinarlo alle esigenze del paese nipponico. Se in Giappone erano domanda molto bassa, poche risorse da investire e una drammatica situazione economica a guidare la necessità di cambiare sistemi produttivi, in America furono invece le esigenze del consumatore che stavano per dar vita ad una “rivoluzione”. Il mercato americano, infatti, qualche decennio dopo la fine della guerra, era cambiato: il consumatore non si accontentava più di possedere un bene e basta, ma cominciò a identificare nel possesso di un prodotto la possibilità di soddisfare un bisogno, di dare forma alle sue esigenze e di differenziarsi dagli altri. Stava chiedendo, difatti, la possibilità di scegliere, di poter soddisfare le sue personali esigenze.

Negli anni Settanta queste nuove esigenze, in aggiunta alla penetrazione di mercato che avanzava dal Giappone, mise in profonda crisi la produzione di massa e tutti i suoi principi.

A partire dal dopoguerra, l'azienda giapponese guidata dalla famiglia Toyoda e dal suo capo della produzione Taiichi Ohno, iniziarono a rivedere profondamente il modo di produrre tipico dei paesi occidentali. Le difficoltà economiche del Giappone spinsero Toyoda e i suoi dirigenti a cercare metodi di produzione alternativi che permettessero il minor spreco possibile di risorse.

Toyoda e Ohno si resero conto che il modello occidentale non avrebbe mai potuto funzionare in un Giappone in cui la *Toyota Motor Company* aveva prodotto complessivamente nei trent'anni di vita, la metà delle auto che aveva realizzato lo stabilimento *Ford di Rouge* in un solo giorno⁸ (Ohno, 1978).

⁸ Ohno, T., 1978, *Lo spirito Toyota: il modello giapponese della qualità totale. E il suo prezzo*, 1993 e 2004 Giulio Einaudi editore S.p.A., Torino.

Fu proprio la riduzione degli sprechi la strada perseguita da Taiichi Ohno. Flusso continuo per ridurre attese e tempi inutili, produzione pull per eliminare la sovrapproduzione e miglioramento continuo dei processi furono la strategia vincente per l'azienda che noi tutti oggi conosciamo come Toyota.

La prima cosa di cui si resero conto Ohno e Toyoda era che non avrebbero mai potuto utilizzare i grandi macchinari tipici della produzione di massa poiché richiedevano lunghi set-up ed elevati volumi produttivi. Si concentrarono sull'utilizzare macchinari molto più piccoli e più veloci da settare e riparare. Inoltre, decisero di eliminare il tempo e le risorse spese nel lavorare pezzi difettosi: il processo e gli operatori dovevano essere in grado di rilevare i difetti e fermare la produzione in modo che non si producessero inutilmente pezzi non conformi. Così facendo si trovavano le cause dei problemi, ed eliminandole si assicurava la conformità anche delle produzioni successive.

Questa strategia di miglioramento continuo (*kaizen*), diventò uno dei capisaldi del modello produttivo Toyota. Non si produceva più per creare scorte, ma l'intero processo era letteralmente tirato dalle reali necessità del mercato. Tutte queste scelte e queste strategie divennero alla base di quella che, in quegli anni, nella casa automobilistica nipponica cominciavano a chiamare *Toyota Production System*.

Solo più tardi, nel 1988, venne utilizzato per la prima volta il termine "*Lean Production*", coniato da Jonh Krafcik nel suo famoso articolo intitolato "*Triumph of the Lean Production System*"⁹.

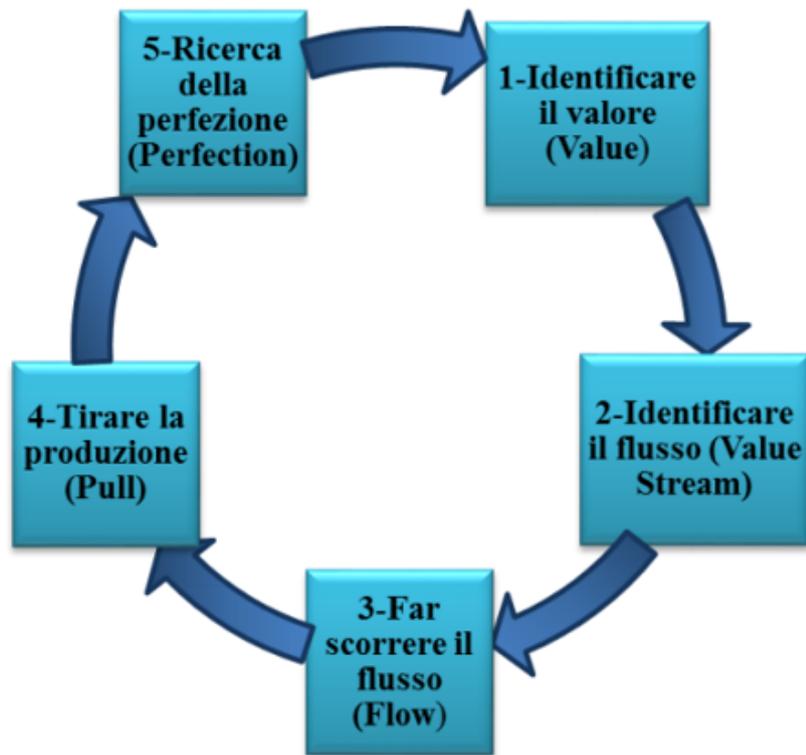
4.2 I principi del Lean Thinking

Dopo l'esperienza positiva in Toyota i concetti della Lean production presero piede non solo nel settore manifatturiero ma in tutti i tipi di organizzazione come gli uffici e gli ospedali. I principi del Lean Thinking sono 5: *Value, Value Stream, Flow, Pull,*

⁹ Krafcik, J.F., 1988. Triumph of the Lean Production System. MIT Sloan Management Review, pp. 41-52.

Perfection e rappresentano i cinque cardini su cui realizzare il processo di trasformazione dal modello in uso al modello *Lean* (Figura 4.1).

Figura 4.1 - I cinque principi del *Lean Thinking*



Fonte: < www.galganogroup.com >

➤ **1°Principio: identificare il valore (Value)**

Con l'ottica di cercare di eliminare gli sprechi, il primo passo da compiere è quello di identificare il valore nella prospettiva del cliente. Infatti, nel pensiero snello, è il cliente a contribuire alla definizione e comprensione del valore stesso, che può essere inteso come l'insieme delle ragioni per il quale un cliente è disposto a preferire e pagare, a un determinato prezzo e in un preciso momento, un prodotto o servizio di un'azienda piuttosto che di un'altra.

Sebbene il valore sia creato dal produttore, è quindi il cliente a darne significato e solo un dialogo con quest'ultimo può garantirne un maggior

successo. Una volta identificato, l'azienda dovrebbe dunque concentrare tutte le sue risorse nella creazione di tale valore, facendo particolare attenzione a non incorrere a sprechi (*muda*) che potrebbero essere evitati applicando una logica *lean*.

➤ **2° Principio: identificare il flusso (*Value stream*)**

Il secondo passo è quello di identificare il flusso di valore, ovvero l'insieme delle azioni e delle risorse necessarie a trasformare le materie prime in un prodotto finito, sia esso un bene, un servizio o una combinazione dei due. L'analisi della *Value Stream* è un'attività fondamentale perché permette di identificare le attività che generano valore e quelle che generano sprechi all'interno di un processo. Questa può essere fatta per tutti i processi sia interni che esterni. Va detto però che non è sempre facile capire se un'attività che ha valore per l'impresa abbia valore anche per il cliente. La *Value Stream Map* è uno strumento efficace che permette di rappresentare il flusso attuale della produzione di un prodotto distinguendo fra tre tipi di attività:

- **Attività che creano valore.**
- **Attività che non creano valore necessarie:** sono attività che non hanno valore per il cliente ma che non possono essere evitate. Sono dovute a limiti tecnologici e dette anche spreco di tipo 1. Possono essere eliminate solo con innovazioni radicali che derivino da piani di ricerca e sviluppo di lungo periodo.
- **Attività che non creano valore:** sono attività che non hanno valore né per il cliente, né per l'azienda. In questo caso vi è un cosiddetto spreco di tipo 2. Queste attività saranno eliminate attraverso un processo di miglioramento.

➤ **3° Principio: far scorrere il flusso (*Flow*)**

Una volta definito il valore e il flusso che ne deriva, dopo aver analizzato ed eliminato attività non necessarie, il terzo passo da

compiere è quello di far fluire questo flusso in maniera lineare e senza interruzioni, da materia prima a prodotto finito. Se questo avviene vuol dire che si è riusciti ad eliminare gran parte degli sprechi che interrompevano il flusso permettendo dunque un migliore gestione delle risorse e dei costi. Il flusso delle attività deve essere il più possibile ininterrotto, ma per far questo si devono abbattere le classiche barriere che sono causa di ritardi ed inefficienze nel processo. Si deve convergere verso un modello produttivo dove gli operatori siano elastici ed intercambiabili in modo da creare dei gruppi di lavoro dove ci si può aiutare a vicenda.

➤ **4° Principio: tirare la produzione (*Pull*)**

Il quarto principio è allo stesso tempo di sussidio e complemento al terzo poiché non basta definire il flusso ed eliminarne gli sprechi ma bisogna far in modo che le attività siano organizzate secondo una logica pull e cioè di lasciare che sia il cliente (interno o esterno) a coordinarle. In altri termini, applicare il principio pull significa utilizzare le richieste del cliente (sia esso un cliente finale o intermedio; un attore organizzativo “a valle” del processo) come meccanismo di coordinamento e come meccanismo di autorizzazione allo svolgimento delle attività dei processi “a monte”.

➤ **5° Principio: Ricercare la perfezione (*Perfection*)**

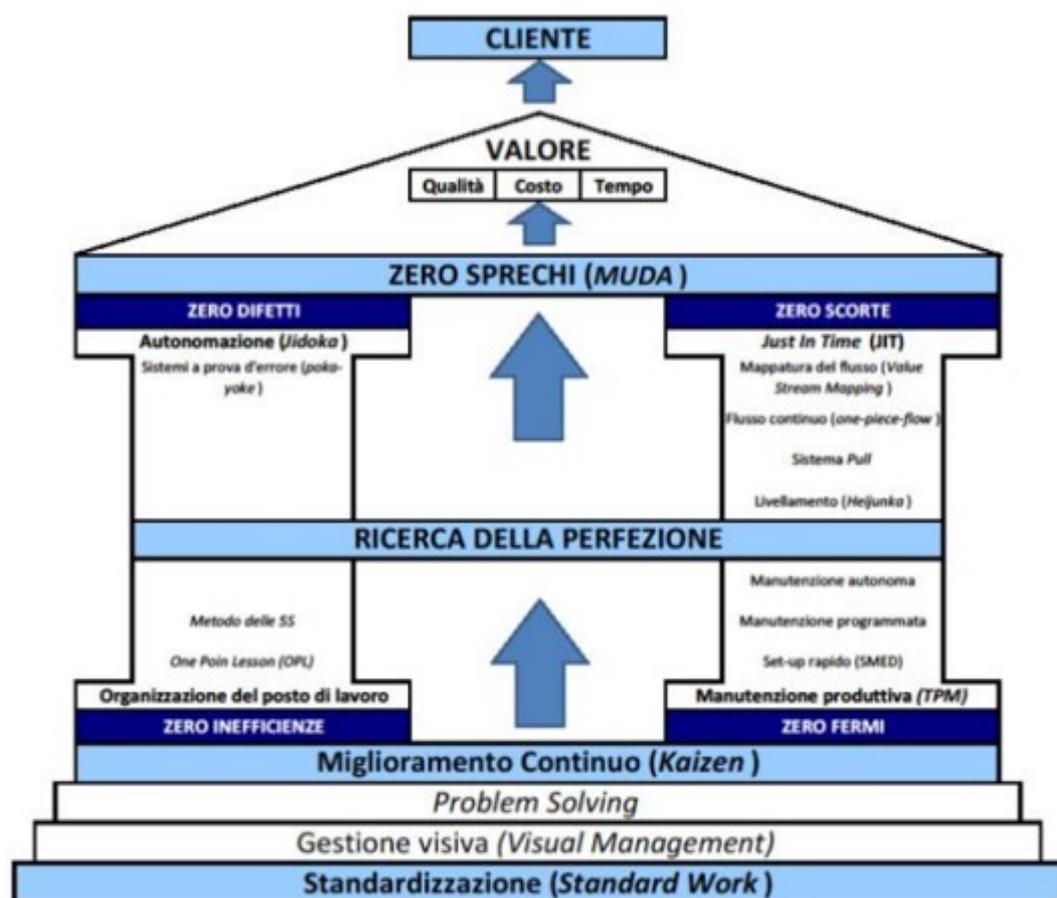
Se tutti i primi quattro principi sono stati applicati nel modo corretto, eliminando gli sprechi e le inefficienze, allora la conseguenza sta in quest’ultimo principio, ovvero nel cercare la perfezione. Una perfezione che non va intesa come un processo privo di ogni difetto, ma come una ricerca al miglioramento continuo, *kaizen*¹⁰, cercando di ridurre costantemente i difetti emergenti tramite il *problem solving*.

¹⁰ Kaizen: termine giapponese che tradotto esprime il concetto di “miglioramento continuo”

4.3 Toyota Production System

In questo paragrafo si intende illustrare le filosofie e le metodologie che sono alla base del celebre modello produttivo giapponese e che ne permettono l'applicazione pratica. Per avere una panoramica degli obiettivi e strumenti del *Toyota Production System* e di conseguenza della *Lean Production* si può cominciare con l'analisi della Figura 4.2.

Figura 4.2 - Toyota Production System House



Fonte: < www.lean.org >

Si tratta di una casa composta da tetto pilastri e fondamenta: sul tetto vi sono gli obiettivi che si vuole pervenire cioè **incrementare la qualità, ridurre i costi e accorciare il lead time.**

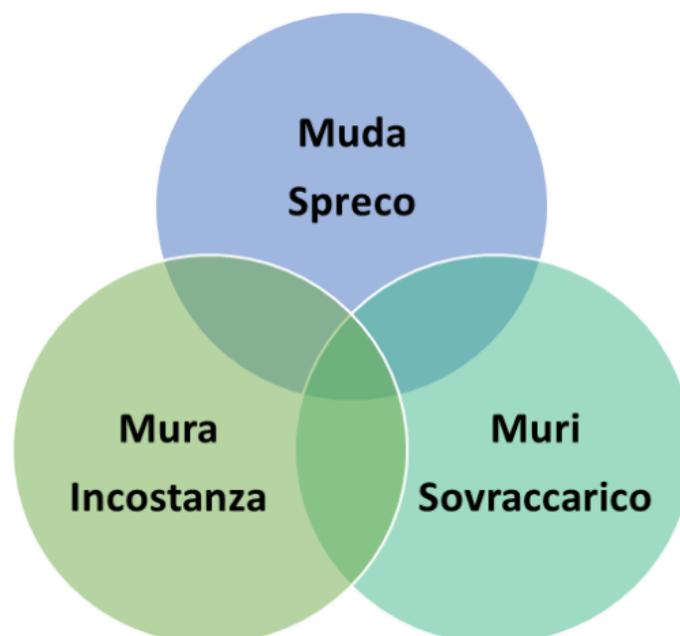
Per raggiungerli vi sono due pilastri su cui appoggiarsi: il **Just in Time (JIT)** che significa avere ciò che serve, quando serve, dove serve, nella misura in cui serve e **Jidoka** cioè l'automazione intelligente dotata di sensori e allarmi in grado di fermare la produzione qualora ci fossero errori. I pilastri a loro volta s'innalzano dalle fondamenta: **Heijunka** cioè livellamento della produzione, standardizzazione del lavoro e **Kaizen** cioè miglioramento continuo. Questi a loro volta possono contare su quattro strumenti per essere realizzate: la **Value Stream Map**; le "5 S"; lo **SMED** ed il **Kanban**.

Si procederà ora con l'analisi delle metodologie e delle filosofie alla base del TPS, per proseguire, successivamente, con l'analisi degli strumenti che ne permettono l'implementazione.

4.3.1 Le tre tipologie di spreco

Uno dei passi fondamentali della *Lean production* è quella di eliminare gli sprechi. Questi sprechi identificati in primis da Taiichi Ohno nel suo famoso *Toyota Product System* (TPS), possono essere distinti in tre diverse tipologie: *muda*, *muri* e *mura*.

Figura 4.3 - Le tre principali tipologie di spreco



Muda

Muda è una parola giapponese che identifica lo spreco, ovvero qualsiasi attività umana che assorbe risorse ma che non crea valore.

Si possono identificare otto tipi diversi di muda:

- 1) **Sovraproduzione:** si ha quando l'azienda segue una logica *push* invece che *pull* e cioè vengono prodotti molte più quantità di quanto richiesto effettivamente dal mercato. Questo comporta notevoli aumenti di costi dovuti all'eccesso di scorte in magazzino e di trasporti. Lo stesso Ohno considera la sovrapproduzione come il più grave delle forme di spreco perché è il problema che genera quasi tutti gli altri tipi di muda. Infatti, produrre quanto più il cliente richieda, in ogni fase del processo produttivo, conduce necessariamente a un accumulo di scorte da qualche parte nelle fasi successive (i materiali restano fermi ad aspettare di essere lavorati nelle fasi consecutive¹¹); un approccio tipico delle aziende che producono in massa.
- 2) **Tempi di attesa:** vanno ad identificare tutti quei tempi che generano attese inutili e costose. In particolare, ci si riferisce sia al tempo impiegato dai lavoratori nell'attesa che la risorsa sia disponibile, sia al capitale immobilizzato in beni e servizi che non sono ancora stati consegnati al cliente. Generalmente questi tempi possono essere identificati calcolando la differenza tra il tempo di attraversamento di un bene nel flusso produttivo (noto come *Lead Time*) e il tempo effettivo che serve a produrre tale bene. Molte possono essere le cause come guasti, ritardi e lunghi tempi di *set-up* che dovrebbero essere minimizzati quanto più possibile.
- 3) **Trasporti o trasferimenti inutili:** riguardano tutte quelle movimentazioni, quali per esempio i trasporti di materiale da un reparto ad un altro, che possono risultare lunghe e prive di generare valore al prodotto. Si rischia di rovinare o perdere prodotti generando quindi anche costosi scarti che

¹¹ Jeffrey K. Liker, Luciano Attolico, "Toyota Way", Editore Ulrico Hoepli Milano, 2014

potrebbero essere evitati. Spesso però, certi trasporti sono inevitabili ma per questo si dovrebbe cercare di studiare tutti i processi al fine di minimizzare i trasporti e mantenendo solo quelli strettamente necessari.

- 4) **Processi ridondanti o lavorazione errata:** sono quei processi nei quali si compiono operazioni inutili per lavorare i componenti. Infatti, usare più risorse del necessario per le attività produttive o aggiungere funzioni, oltre a quelle che aveva originariamente richiesto il cliente, produce solo sprechi che non creano valore.
- 5) **Scorte:** sono la principale conseguenza della sovrapproduzione e anche la principale causa di costi estremamente elevati poiché mantenere materie prime, prodotti finiti o semilavorati (*Work In Process*, *WIP*) in magazzino è molto dispendioso. Esse rappresentano un capitale che non ha ancora prodotto un guadagno sia per il produttore che per il cliente. Inoltre, conservare alte quantità di scorte provoca un aumento del *lead time*, obsolescenza, danneggiamento delle merci, costi di trasporto, di stoccaggio e ritardi.
- 6) **Movimenti superflui:** ovvero ogni spostamento di materiali, prodotti, informazioni o clienti, in particolare se provocato da operatori o tecnologie, che non sia richiesto dalla natura del prodotto/servizio realizzato. Dunque, come per i trasporti, anche questi movimenti non aggiungono valore al risultato finale e richiederebbero una riprogettazione del lavoro.
- 7) **Difetti:** sono quelle attività o produzioni il cui esito non è conforme alle attese e si traduce in scarti e/o rilavorazioni che generano costi per i quali il cliente non è disposto a pagare. In questa tipologia rientrano gli errati prelievi, riparazioni o rifacimenti, pezzi di scarto, produzione dei rimpiazzi e ispezioni, il danneggiamento del materiale durante le operazioni di magazzino e tutti quegli errori che possono generare un reso da parte del cliente e che comportano uno spreco di energia e soprattutto di tempo. Al fine di ridurli si dovrebbe seguire il processo di sviluppo e di creazione del prodotto andando

poi ad agire nelle fasi nelle quali esiste la maggiore probabilità che si verifichi il difetto.

8) Creatività inutilizzata dei dipendenti: è uno spreco che inizialmente non era previsto da Taiichi Ohno ma che poi con il tempo è emerso nelle realtà aziendali. Con creatività inutilizzata dei dipendenti si va ad intendere quell'insieme di idee, capacità, opportunità di miglioramento e apprendimento che non vengono trasmesse perché ad esempio non si presta ascolto ai dipendenti e non si interagisce con loro. Negli approcci *lean* invece i dipendenti, al pari dei clienti, sono considerati fondamentali e il management ha il compito di coinvolgerli sempre in ogni scelta di cambiamento.

Muri

Muri è un'altra delle tipologie di spreco che indica il sovraccarico delle persone o dei macchinari. Per certi versi è al capo opposto rispetto al *muda*, infatti significa spingere un macchinario o una persona al di là dei suoi limiti naturali. Il sovraccarico delle persone porta problemi di non poco conto, sia a livello di sicurezza che di qualità, come infortuni, malattie o alte situazioni di stress che si ripercuotono in particolare nel lungo periodo e che creano un clima di insoddisfazione generale; mentre, il sovraccarico dei macchinari porta a generare guasti e difetti di produzione da cui si ricadrà poi nei classici *muda* come i difetti o le scorte. Dunque, l'obiettivo è quello di cercare di migliorare le condizioni riorganizzando il lavoro, standardizzando le procedure se possibile e cercando di mantenere stabile il ritmo di lavoro del sistema senza però incorrere in diminuzioni nella produttività.

Mura

Mura invece è la terza categoria di spreco identificata dal sistema giapponese e che riguarda l'incostanza di lavoro. Nei sistemi di produzione capita che a volte ci sia più lavoro di quanto persone e macchinari possano svolgerne e altre volte non c'è né abbastanza. Tale incostanza spesso deriva da disparità e da una programmazione

poco efficiente o da volumi di produzione fluttuanti a causa di problemi interni, come periodi di inattività, pezzi mancanti o difetti.

Dunque, anche il *mura* avrà ripercussioni sul muda. Per cercare di eliminare questo spreco si dovrebbe cercare di standardizzare quanto possibile le fluttuazioni della domanda e anche della produzione con l'utilizzo di metodi come l'*Heijunka* che consiste nel livellamento dei volumi e del mix di produzione.

4.3.2 Just in Time

Il *Just in Time* è uno dei pilastri della *Lean Production*, con questo termine si vuole dire che un determinato componente debba arrivare al momento giusto, nel posto giusto, nella quantità giusta, con qualità perfetta. Il suo obiettivo conclamato è la riduzione del lead time lungo il flusso di produzione e la riduzione delle scorte. Tutto questo garantendo sempre la massima qualità e livello di servizio al cliente. È necessario investire risorse affinché il **flusso** sia **continuo**, i **processi** a monte siano **rapidi** e le **consegne** dei materiali d'acquisto siano **affidabili**.

Il JIT è una modalità produttiva di tipo **Pull**, questo significa che sono i clienti ad avviare la domanda che va dalle fasi alla valle verso quelle a monte, basandosi di fatto sulla domanda reale e non più sulle previsioni come invece avveniva con la modalità **Push** in cui grazie alle previsioni l'azienda spinge sul mercato prodotti che prevede saranno richiesti. Di conseguenza anche ritmo di produzione o **Takt Time** è imposto dal cliente e diventa il tempo a cui si devono riferire tutte le diverse fasi del processo.

Le aziende che vogliono utilizzare il JIT dovrebbero fare attenzione al tipo di attività che svolgono in particolare queste dovrebbero essere prevalentemente di assemblaggio con una ridotta quantità di componenti che si traduce in una certa modularità dei prodotti finiti. Gli impianti devono essere flessibili e con tempi minimi di attrezzaggio, quello che si vorrebbe fare è giungere ad una produzione *One-Piece-Flow* ossia realizzare un componente finito di tipo sempre diverso in lotti da un solo pezzo con tempi di *set up* istantanei. La flessibilità della manodopera è un fattore importante, infatti, in caso di ritardo gli operatori possono aiutarsi fra loro, o

sostituirsi in caso di assenze. Fondamentale è, oltre a ricercare la massima prestazione interna, coinvolgere anche i fornitori in questi processi di miglioramento, deve esserci con essi un rapporto di *partnership*, ed un sistema informativo che permetta di condividere le informazioni in maniera possano essere sempre sincronizzati con le richieste dell'azienda.

4.3.3 Jidoka

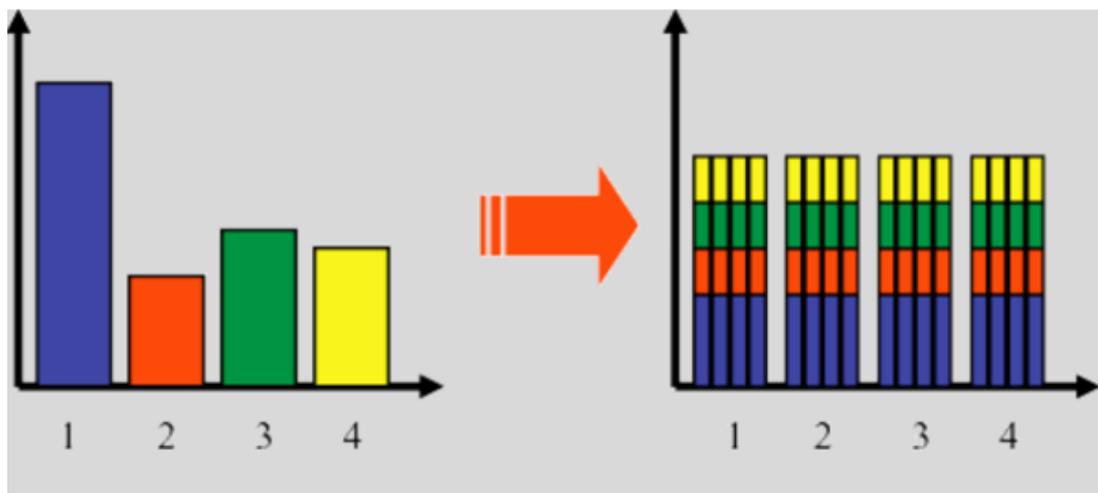
Jidoka nella *Lean Production* significa automazione con tocco umano: è indispensabile che le macchine siano dotate di sistemi d'allarme e sensori che la rendano in grado di fermarsi autonomamente qualora fossero riscontrate delle anomalie. In questo modo non è necessaria una supervisione continua da parte dell'operatore in quanto il suo lavoro è separato da quello della macchina permettendogli di seguire più macchine contemporaneamente. Altro vantaggio è nel fatto che i pezzi difettosi non vengono mandati avanti alle fasi successive, evitando onerose operazioni di controllo a valle e garantendo una migliore qualità. L'operatore ha responsabilità diretta sulla macchina e deve essere in grado di risolvere i problemi che potrebbero avvenire e di proporre dei miglioramenti nel processo.

4.3.4 Heijunka

Heijunka in giapponese significa livellamento della produzione (di breve periodo). È una delle basi della *Lean Production* il suo obiettivo è quello di passare dai grandi lotti tradizionali ad un mix produttivo che si ripeta nel tempo. Questa situazione favorisce l'applicazione del JIT poiché i lotti più piccoli permettono alle stazioni a monte di lavorare ad un ritmo molto più simile a quello delle fasi a valle. Per livellare la produzione si parte dalla domanda reale di prodotti quindi quello che viene prodotto ogni giorno è proporzionale alla domanda reale. Questo è in netta contrapposizione con il *modus operandi* tradizionale che invece prevede di produrre i lotti un tipo per volta.

In figura 4.4 si può vedere la differenza tra i due metodi (in ascissa c'è il tempo, in ordinata il volume, ogni colore rappresenta un prodotto).

Figura 4.4 - Heijunka, il livellamento della produzione



Come si evince dalla figura sopra, è evidente che si è migrati da un modello di produzione a grandi lotti verso uno che stabilizza la quantità di lavoro giornaliera e che produce tutti i codici tutti i giorni.

Questa modalità di programmazione ha molteplici benefici. Innanzitutto, è necessario tenere a scorta in magazzino una quantità molto più limitata di prodotti finiti: nel primo caso occorre almeno mettere a magazzino una scorta pari al fabbisogno di quattro giorni lavorativi, che scende a uno nel secondo caso.

Inoltre, producendo tutti i giorni tutti gli articoli, il mix di produzione può essere costantemente adattato a quello delle richieste del mercato e non vi è il rischio né di *stock out* né di produrre troppo e veder crescere inutilmente le scorte.

La produzione livellata consente anche di adattare al meglio la produzione alle necessità del *just in time*. I lotti piccoli e frequenti sono il metodo migliore per perseguire quelli che sono i dettami del JIT all'interno dell'azienda, anche con i propri clienti interni. Le necessità del JIT vengono ben soddisfatte dalla programmazione livellata, con la quale si produce il necessario quando serve, nelle giuste quantità e senza la necessità di creare scorte.

Ovviamente il primo requisito per poter produrre nel modo sopra descritto è essere in possesso di macchine ed attrezzature molto versatili e su cui è possibile

effettuare i set-up con tempi molto contenuti, vista la frequenza con cui si cambia codice.

A questo, si affiancano spesso delle politiche commerciali e di *marketing* in modo da cercare con promozioni e offerte di guidare la domanda, e quindi di incentivare la richiesta di prodotti anche nei periodi in cui storicamente se ne registrano basse vendite.

4.3.5 Standardizzazione

Standardizzare significa che il modo di eseguire un compito è stato codificato e dovrà essere seguito da tutti gli operatori finché non ne sarà trovato uno di migliore. L'obiettivo eliminare la variabilità nello svolgimento di un'attività, considerata la causa dei difetti, permettendo a un qualsiasi operatore di compierla. Si potrebbe pensare che questo contrasti con il principio del miglioramento continuo ma non è così. È lo stesso Taiichi Onho a dire: "Uno standard che non è cambiato nell'ultimo mese è uno standard vecchio". Lo standard è un punto di partenza dal quale formularne uno nuovo; se dopo aver definito quello nuovo risulta dalla sua implementazione un miglioramento delle prestazioni, allora lo standard vecchio viene sostituito da quello nuovo; altrimenti si mantiene quello vecchio.

4.3.6 Kaizen

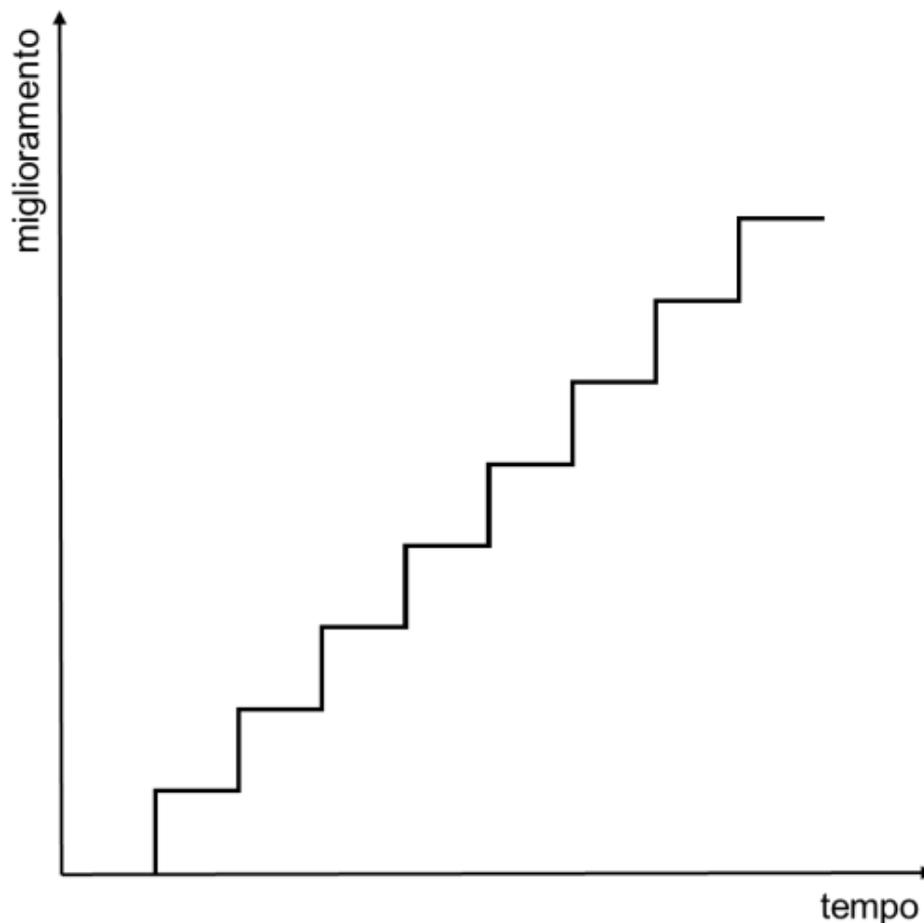
Con la parola giapponese "*kaizen*" si intende il miglioramento continuo, fatto per piccoli passi, che può essere praticato in tutta l'azienda, a qualunque livello.

La parola è a sua volta composta da due parole: '*kai*', che significa cambiamento e '*zen*' che significa migliore. Secondo il TPS, e quindi nei dettami della *Lean Production*, il miglior modo per evolvere verso una situazione migliore è quello di farlo per piccoli passi e di consolidare di volta in volta quanto si è appreso e migliorato nello step precedente.

Sommando i piccoli passi percorsi, infine, si vedrà che è stata coperta molta strada e che i cambiamenti effettuati nel tempo avranno portato ad un progresso consistente.

L'immagine sotto rappresenta il miglioramento continuo sotto forma di un percorso fatto di piccoli step.

Figura 4.5 - Kaizen: miglioramento incrementale



Ciò che è importante da sottolineare e che è anche ben rappresentato in figura, è l'importanza della costanza nel tempo.

Il miglioramento continuo si chiama così proprio perché dev'essere un'attività che non viene mai interrotta, nemmeno quando sembra che non ve ne sia il tempo o che manchino le risorse. È importante fare in modo che la ricerca del miglioramento

diventi una routine in azienda. Rispetto ad un cambiamento radicale, più utile in caso di gravi problematiche che richiedono interventi più decisi, il *kaizen* va a modificare lentamente l'azienda e le sue pratiche, in modo che tutti possano far parte e sostenere il cambiamento.

I cambiamenti repentini e veloci tipici delle azioni più radicali spesso portano a lunghi periodi di assestamento alla fine dei quali non si può essere certi dell'accettazione da parte di tutti delle nuove metodologie, che spesso vengono viste come imposizioni più che come opportunità.

Il fatto stesso che in ottica *Kaizen* il cambiamento avvenga con l'aiuto di tutti, ed in particolare con chi quotidianamente ha a che fare con il processo, fa in modo che tutti gli attori coinvolti sentano loro il cambiamento e ne possano guidare l'evoluzione.

Dopo qualsiasi miglioramento apportato è indispensabile fare in modo che non si finisca per retrocedere allo stato precedente: per assicurarsi che ciò non accada si creano degli standard.

4.4 Strumenti del TPS

Analizzate le filosofie e le metodologie che stanno alla base del TPS, si procede ora con la presentazione degli strumenti che ne permettono un'applicazione pratica.

4.4.1 Le 5 S

Le 5 S sono dei principi pratici che portano al miglioramento del posto di lavoro e permettono evidenziare gli sprechi cosicché possano essere notati visivamente.

La loro applicazione può portare a vantaggi significativi nella produttività, nella qualità, nella sicurezza del posto di lavoro e nell'immagine dell'azienda. Inoltre, si nota come molto spazio venga liberato.

Figura 4.6 - Le 5 S



Fonte: < www.lean.org >

- 1) **Seiri (separare):** significa che nell'area di lavoro devono esserci solo le cose utili al processo produttivo, tutto ciò che non lo è dev'essere eliminato in quanto causa di perdite di tempo. Basti pensare ad esempio alla ricerca di un attrezzo sepolto in un mucchio di materiale esterno o a quando si ha la necessità di appoggiare qualcosa su un tavolo occupato da oggetti inutili che quindi debbono essere spostati. Applicando la prima S aumenta lo spazio disponibile liberando quello che prima era nascosto dalle cose inutili.

- 2) **Seiton (sistemare)**: è legato al primo in questo caso dopo aver eliminato le cose inutili si vogliono sistemare gli oggetti utili nella maniera migliore cosicché possano essere trovati anche da chi non conosce le consuetudini. Gli oggetti dovrebbero essere posizionati in postazioni ergonomiche e la loro vicinanza dovrebbe essere in relazione all'utilizzo, quindi gli oggetti più utilizzati a portata di mano quelli meno utilizzati più distanziati. Ancora una volta si eliminano le perdite di tempo e aumenta il controllo visivo sugli sprechi.
- 3) **Seiso (spazzare)**: qualcuno potrebbe chiedersi che senso abbia pulire qualcosa cui so già che a fine turno diventerà nuovamente sporca come prima. La risposta è che pulire è necessario per evitare che delle parti estranee possano compromettere la qualità dei prodotti o delle lavorazioni. Inoltre, è utile perché un guasto come, ad esempio, una perdita di olio verrebbe subito rilevato. Infine, l'immagine di un'azienda ordinata e pulita potrebbe fare la differenza per il cliente che la visita.
- 4) **Seiketsu (standardizzare)**: è necessario definire una procedura per fare in modo che le prime tre S siano applicate con diligenza, per questo dovranno essere nominati dei responsabili che controllino che queste siano sempre applicate in modo da non vanificare gli sforzi iniziali.
- 5) **Shitsuke (sostenere)**: bisogna che le prime quattro S siano accettate e condivise da tutta l'azienda, è necessario quindi realizzare delle modalità per motivare il personale affinché i primi quattro principi siano sempre rispettati.

Con questa metodologia, come visto, si va a rendere più pulita, ordinata e confortevole la zona di lavoro, in modo che si possa produrre valore per l'azienda ed i suoi prodotti nella maniera più efficace possibile. È importante precisare, però, che come zone di lavoro non si intendono solo le postazioni degli operatori legati al montaggio. Le 5S possono essere applicate a tutte le zone dell'azienda: da una semplice scrivania in un ufficio ad un magazzino di

semilavorati. Nel caso vengano applicate in aree di stoccaggio, con la prima S non si andranno solo ad eliminare oggetti inutili ai fini del lavoro degli addetti al magazzino, ma si potrebbero eliminare anche materiali stoccati che non vengono usati da anni perché obsoleti.

4.4.2 Single Minute Exchange of Die – SMED

Questa tecnica a cui solitamente ci si riferisce con l'acronimo SMED significa letteralmente cambio dello stampo in un minuto, e ha l'obbiettivo migliorare il tempo di *set up* di una macchina. Questa è necessaria per poter fare il livellamento della produzione e rendere il flusso continuo. È uno strumento necessario per applicare il JIT.

Le attività compiute per eseguire il *set up* possono essere divise in due tipologie:

- *inside exchange of dies* (IED) dette anche attività interne cioè tutte le attività che possono essere eseguite solo a macchina ferma;
- *outside exchange of dies* (OED) dette anche attività esterne cioè le operazioni che possono essere eseguite a macchina funzionante.

Prima di tutto si cerca di trasformare le attività interne in esterne in modo da minimizzare il tempo di fermo macchina. Infatti, molte attività interne non sono veramente tali ma lo sono diventate per consuetudini nelle procedure queste devono tutte essere riconvertite in attività esterne che possono essere eseguite nel cosiddetto tempo mascherato, cioè quando la macchina è in funzione e quindi tali operazioni non vengono sommate al tempo totale di setup. Quando la conversione non è possibile i tempi delle attività interne devono essere ridotti con accorgimenti progettuali come ad es.: agganci rapidi, aggiungendo ulteriori operatori, eliminando il più possibile le fasi di regolazione e calibrazione.

4.4.3 Supermarket

L'idea di un magazzino tradizionale in cui vengano stoccati milioni di euro di capitale immobilizzato è stata completamente stravolta dal concetto di supermarket.

A questo magazzino è stato dato tale nome poiché ricorda un classico supermercato dove andiamo a fare la spesa: le scaffalature sono di altezza contenuta, l'inventario delle merci è piuttosto ampio ed accessibile minimizzando l'utilizzo di macchinari. L'operatore incaricato del *picking* viaggia con il suo "carrello" riempiendolo di tutto il materiale segnalato dai cartellini *Kanban*. La merce prelevata viene ripristinata automaticamente poiché le parti posteriori dello scaffale fungono da serbatoio, queste ultime a loro volta attivano attraverso un *Kanban* una richiesta di ripristino e saranno ristabilite dopo il lead time di fornitura. Questo come tutti i magazzini ha il compito di disaccoppiare due fasi del processo produttivo. La differenza sta nel numero di scorte che sono conservate: nel caso del supermarket il numero è controllato, limitando il capitale immobilizzato ed i costi che ne derivano, consentendo però alle fasi a valle di lavorare di lavorare con un flusso continuo. La classica programmazione MRP non è più necessaria in quanto tutti i processi produttivi possono essere controllati automaticamente con la circolazione dei cartellini *Kanban* semplificando dunque la gestione dell'intero sistema.

4.4.4 Kanban

Quest'ultimo strumento è forse il più importante. Si tratta di un segnale visivo che autorizza la fase a monte a iniziare il processo produttivo. È di fatto il sistema di controllo del TPS. Sarà argomento del prossimo capitolo.

4.5 Critiche al TPS

Durante la sua storia il TPS ha sempre ricevuto critiche da diversi autori: in particolare è stata discussa la sua efficacia in situazioni di domanda instabile o di sistemi produttivi multiprodotto con differenti lead time tra un prodotto e l'altro. La lotta contro gli sprechi fa sì che le scorte siano minime, perciò l'unico modo per far fronte ad un picco della domanda è produrre di più, e per farlo c'è bisogno di capacità supplementare. Per risolvere questi problemi Toyota è stata costretta a limitare la possibilità di customizzazione e a progettare prodotti sempre più modulari.

Bisogna però capire che la *Lean Production* non è il rimedio a tutti i problemi. Come sempre non esiste un metodo produttivo generale che vada bene in tutti i casi ma sistemi produttivi che meglio si adattano a determinate situazioni piuttosto che altre. La produzione snella si adatta perfettamente a quelle situazioni in cui il tempo ciclo è paragonabile al tempo che i consumatori sono disposti ad attendere per avere il prodotto.

Altro punto piuttosto criticato per la sua notevole difficoltà applicativa è stato quello della riduzione dei costi attraverso la lotta agli sprechi. Spesso succede che migliorando in un fattore se ne peggiora un altro. Il più classico dei casi è quello che avviene riducendo i lotti: il *work in progress* diminuisce ma aumentano i *set up* e le operazioni di trasporto che sono anch'esse un costo. Per rispondere a questa critica bisogna ricordarsi che la lotta allo spreco non è un dogma fine a sé stesso ma ha come obiettivo ultimo quello di trovare ed eliminare le fonti di questo spreco, ecco allora che tutte le azioni compiute trovano un senso.

L'ultima critica è di tipo teorico e viene fatta al JIT: dalla formula del lotto economico) risulta evidente che sarebbe possibile ottenere il *One-Piece-Flow* solo nel caso in cui il tempo di *set up* risultasse nullo. Anche in questo caso bisogna ricordare che l'obiettivo è il miglioramento continuo e non il raggiungimento di un limite teoricamente impossibile.

CAPITOLO 5

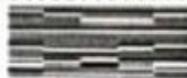
KANBAN

In questo capitolo si focalizza l'attenzione su uno strumento del TPS molto efficace ed apprezzato, il *Kanban*. Inizialmente si spiega in cosa consiste. Successivamente vengono presentate le diverse classificazioni. In seguito, sono chiarite le possibili tipologie di sistemi *Kanban*. Infine, vengono esposte le formule per il dimensionamento e le regole di utilizzo.

5.1 Cos'è il Kanban

“*Kanban*” è una parola giapponese composta da “*Kan*”, che significa “visuale”, e “*Ban*”, che significa “segnale”. Tale denominazione rappresenta appieno l'operatività del sistema: il *kanban* è un cartellino che fornisce un'indicazione visiva riguardante il materiale che rappresenta e che viene utilizzato per segnalare la necessità di produrre un certo articolo.

Figura 5.1 - Esempio di cartellino Kanban

Time to deliver 8:00 24:00 11:00 4:00 15:00 21:00 643604000000007 	Store shelf to deliver 3S B-3- (213)			Name of receiving plant Toyota's Tsutsumi Plant 100003603600001 
	038982154140110000000010011005 			
Name of supplier Sumitomo Denko	Item no. 82154-14011-00	5 20		Place to receive Assembly 36
Store of supplier 4	Item back no. 389	Item name Rear Door Wire	Box type S	
Delivery cycle 1-6-2		Car type for use BJ-1	Box capacity 10	

Fonte: < www.kanban.it >

È lo strumento del TPS che, grazie all'utilizzo di un cartellino associato alla merce permette di gestire la produzione in maniera guidata dalle richieste del mercato.

Il cartellino *kanban* può contenere diverse informazioni: alcune variano da azienda ad azienda, mentre altre sono presenti su tutti i cartellini. Ciò che nel cartellino *kanban* non può mancare sono le seguenti indicazioni:

- Codice Articolo: ogni *kanban* è associato ad un dato articolo ed è importante che sia facile ed intuitivo associare un cartellino al corrispondente codice. Per tale motivo, molto spesso, si integra il codice articolo con la relativa descrizione.
- Quantità: ogni cartellino *kanban* è associato ad una data quantità di articoli. Esso regola la movimentazione e la produzione di quella data quantità.
- Tempo ciclo: indica il tempo ciclo di produzione dell'articolo relativo al cartellino.
- Lead time produzione: nel cartellino è presente un'indicazione circa il tempo necessario alla produzione dell'intera quantità di articoli indicati. Esso risulta di primaria importanza per la pianificazione della produzione.
- Reparto o centro di lavoro di produzione: ogni cartellino *kanban* riporta indicazioni riguardanti il reparto o il centro di lavoro in cui i prodotti vengono realizzati.
- Destinazione: identifica il magazzino in cui andrà stoccata la merce relativa ad un dato *kanban*, indicando se necessario l'esatta ubicazione della merce all'interno del magazzino.

Lo scopo del *kanban* è quello di tirare la produzione in base alle richieste del mercato.

È un segnale che autorizza la produzione o l'acquisto di un certo numero di componenti a seguito dell'utilizzo degli stessi da parte di una fase a valle.

Quando il volume di componenti rappresentato dal cartellino viene consumato, esso viene spostato in una zona dove, mediante uno strumento opportuno che verrà

analizzato in seguito, si indica la necessità di ripristinare la quantità di componenti utilizzati.

Oltre a stabilire il momento in cui produrre, e quindi a regolamentare il flusso, esso indica anche l'esatta quantità da produrre di quel dato articolo, in quanto dichiarata sul cartellino e non soggetta a nessun'altra variazione.

Sono proprio la semplicità e l'economicità del metodo che hanno favorito la sua grande diffusione e che continuano tutt'oggi a renderlo uno strumento estremamente efficace e molto scelto dalle aziende.

Nonostante ve ne sia anche una sua versione digitale, è quella fisica la più scelta, in particolare all'inizio, in quanto consente di ridurre a zero gli investimenti in tecnologie informatiche, permette di poter seguire fisicamente il flusso ed il materiale e consente di identificare dove risiedono i problemi ed i limiti del processo.

Il cartellino *kanban* viene assegnato ad un numero di componenti che varia molto in base al tipo di articolo, al tipo di movimentazione che lo caratterizza e in base al tipo di cartellino, in base alla classificazione che si vedrà in seguito.

5.2 Classificazione kanban

In base allo scopo per cui viene introdotto l'utilizzo del *kanban* e al luogo in cui esso viene utilizzato, si possono distinguere diverse tipologie di *kanban*. Secondo Yasuhiro Monden¹² si possono identificare cinque tipologie di *kanban* divise in base al compito che svolgono. Esse sono:

- **Primary kanban:** è il classico cartellino *kanban* che si muove all'interno dei reparti produttivi dell'azienda. Ne vengono identificati due tipi in base alla funzione che svolgono:
- **Kanban di produzione:** avvia la produzione dell'articolo in oggetto;

¹² Monden, Y. (2012). Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time. 4th Edition. CRC Press, Taylor and Francis Group, New York, USA.

- **Kanban di prelievo:** autorizza il rifornimento di un dato articolo verso i reparti produttivi nella quantità indicata dal cartellino;
- **Supply kanban:** sono cartellini che si muovono tra le linee di produzione e i magazzini, che possono anche essere esterni a quelli dell'azienda;
- **Procurement kanban:** vengono utilizzati dalle aziende per gestire gli ordini presso alcuni dei loro fornitori;
- **Subcontract kanban:** sono cartellini creati appositamente per viaggiare all'esterno dell'azienda;
- **Auxiliary kanban:** sono usati per particolari applicazioni. Oltre alle diverse tipologie di *kanban*, si definiscono anche diverse modalità di funzionamento del sistema, che variano in base al contesto di utilizzo;
- **Kanban classico:** è la tipologia più utilizzata. Esso prevede per un determinato componente uno specifico numero di contenitori con una quantità di pezzi predefinita e ad ogni contenitore è associato

Oltre alle diverse tipologie di *kanban*, si definiscono anche diverse modalità di funzionamento del sistema, che variano in base al contesto di utilizzo.

- **Kanban classico:** è la tipologia più utilizzata. Esso prevede per un determinato componente uno specifico numero di contenitori con una quantità di pezzi predefinita e ad ogni contenitore è associato un *kanban* per il ripristino. Quando un contenitore viene svuotato il *kanban* ad esso associato vale come ordine di ripristino per il fornitore;
- **Double bin:** in assoluto è il modo più semplice per applicare la metodologia del *kanban*. Prevede l'utilizzo di due contenitori che svolgono la funzione di *kanban*. Quando viene esaurito il materiale contenuto in uno dei due contenitori si avvia la produzione necessaria a ripristinarne il contenuto, finché il secondo copre le richieste del componente durante il periodo di ripristino dell'altro contenitore;
- **Signal kanban:** viene utilizzato per sfruttare la metodologia del punto di riordino. Spesso si utilizza quando il lotto di produzione del fornitore ha

una dimensione molto maggiore rispetto ai consumi del cliente. Il cartellino viene affisso solo sull'articolo che coincide con la quantità a cui si desidera effettuare l'ordine di produzione. Il materiale viene impilato posizionando i vari contenitori uno sopra all'altro. Man mano che si utilizza il materiale si prelevano contenitori dalla cima della pila e quando si raggiunge quello a cui è associato il cartellino si effettua l'ordine di ripristino;

- **Kanban batch:** Il *kanban batch* è utilizzato nei sistemi produttivi dove il lotto di produzione del fornitore (o del cliente interno all'azienda) è di dimensione molto maggiore rispetto ai consumi del cliente. Il *batch kanban* è strutturato come il *kanban* normale, con la sola differenza che prima di produrre o effettuare un ordine di acquisto si attende l'accumulo di un certo quantitativo di cartellini per quel codice. Si utilizza il tabellone *kanban*, che verrà illustrato nei prossimi paragrafi, per valutare l'accumulo di cartellini.

Terminata la classificazione delle diverse tipologie di utilizzo e modalità d'impiego del *kanban*, si continua la trattazione illustrandone il processo di dimensionamento.

5.3 Dimensionamento

Capito il funzionamento del sistema e le varie situazioni in cui esso può essere utilizzato, non resta che procedere con il calcolo del numero di cartellini necessari per far funzionare il sistema.

Per effettuare il dimensionamento, Toyota¹³, si avvale della seguente formula:

$$K = \frac{D \cdot L \cdot (1 + \beta)}{Q}$$

¹³ Monden, Y. (2012). Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time. 4th Edition. CRC Press, Taylor and Francis Group, New York, USA.

dove:

- D: domanda media nell'unità di tempo;
- L: lead time necessario a ripristinare i pezzi prelevati;
- Q: numero di pezzi rappresentati dal cartellino;
- β : fattore di sicurezza. Molti testi consigliano un valore pari a 0,1.

La formula in analisi evidenzia una dipendenza dalla domanda di mercato. Il sistema a *kanban* si autoregola nel caso le variazioni di domanda siano abbastanza modeste, ma in presenza di fluttuazioni più importanti sarà necessario ridurre o aumentare il numero di cartellini. Il numero di cartellini esistenti per un dato codice va a influire direttamente sulla quantità di merce a scorta in magazzino: l'obiettivo del metodo è quello di cercare di ridurre il più possibile il numero di cartellini, cercando di migliorare il processo (tempo di produzione, set-up, attese, trasporto) e di conseguenza abbassare il valore di L.

Per il corretto funzionamento del sistema, infine, Toyota dichiara che vi sono almeno questi sei principi da seguire¹⁴:

- I cartellini si muovono in senso opposto rispetto ai materiali nel processo. I cartellini prevedono che la fase a valle avvii la produzione della fase a monte, mentre il materiale prodotto sposterà dalla fase a monte alla fase a valle. Ciò permette di mantenere tirata la produzione.
- Il processo a monte deve produrre solo le quantità richieste dalla fase a valle, nei giusti tempi e nel corretto ordine richiesto.
- Non vi deve essere materiale spostato tra le fasi senza il cartellino *kanban* di riferimento.
- Non lasciare alcun materiale fermo senza il relativo cartellino *kanban* al fine di non creare confusione ed il rischio di errore.

¹⁴ Ohno, T., 1988, *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press, Portland, Oregon

- Effettuare il controllo qualità a monte e non lasciare che prodotti difettosi percorrano il processo e generino quindi uno spreco di risorse.
- Porsi sempre l'obiettivo di ridurre il numero di cartellini in modo da aumentare la reattività del sistema.

5.4 Kanban Elettronico

Il *kanban* elettronico venne introdotto da Toyota per sopperire alle problematiche del *kanban* fisico.

Il limite principale del *kanban* fisico è rappresentato dal rischio di smarrire il cartellino, in particolar modo quando esso esce dall'azienda per essere ripristinato dal fornitore.

Con il *kanban* elettronico è sufficiente che una volta consumata la quantità relativa ad un cartellino l'operatore spari il codice a barre del *kanban* per aprire un ordine di produzione o di acquisto.

Quando il nuovo materiale sarà pronto per ripristinare i consumi verrà associato ad un nuovo cartellino che sarà appiccicato sul nuovo imballo contenente la merce.

La medesima procedura può essere utile anche quando il cartellino non esce per forza dai confini dell'azienda, ma richiederebbe grandi spostamenti all'interno di essa. Per poter instaurare il sistema di *kanban* elettronico con un fornitore, però, è necessario un'importante integrazione dei sistemi informatici delle due aziende, in modo che venga ridotto al minimo il margine d'errore dovuto dall'intervento umano, e che la procedura rimanga snella, semplice e veloce, proprio come accade con il cartellino tradizionale.

Di seguito si elencano i principali vantaggi del *kanban* elettronico:

- Eliminazione dei tempi necessari per il trasferimento delle informazioni, in particolar modo con fornitori esterni e lontani dall'azienda;

- Possibilità di scambiare molte informazioni e di avere *feedback* in tempo reale da fornitori e clienti;
- Eliminazione della possibilità di perdere il cartellino durante i trasferimenti; o Possibilità di tracciare movimenti e posizione dei cartellini, permettendo di valutare la bontà e l'efficacia della gestione del sistema;
- Possibilità di automatizzare le operazioni ripetitive come la creazione degli ordini ed il carico delle bolle;
- Repentino aggiornamento dei dati relativi al dimensionamento del *kanban*.

I vantaggi del sistema sono indubbiamente molti e possono rendere la gestione a *kanban* ancora più efficiente e redditizia.

5.5 Problematiche

L'uso del sistema *Kanban* potrebbe presentare alcune criticità a cui è necessario sopperire:

- Trattandosi di un sistema manuale è soggetto ad errori; il più ricorrente è sicuramente la perdita dei cartellini stessi. Quando questo avviene, senza che ci si accorga, si rischia di non avere sufficienti materiali per poter rifornire le stazioni a valle con conseguente riduzione del livello di servizio.
- È vulnerabile alle variazioni della domanda, dovrebbe essere quindi utilizzato per prodotti con domanda piuttosto stabile nel tempo.
- È necessaria manodopera dedicata al rifornimento ed al trasporto dei pezzi e degli stessi cartellini con i costi conseguenti.
- All'aumentare della distanza tra un processo e l'altro si perde visibilità sul processo ed efficienza.
- Al prolungarsi dei tempi di setup cresce la grandezza dei lotti e la quantità di scorte che è necessario conservare a magazzino. Inoltre, il flusso non è

continuo e rischia di bloccarsi più facilmente in attesa delle lavorazioni a monte.

- È necessaria manodopera flessibile che deve saper eseguire tutte le mansioni all'interno della linea cosicché in caso di ritardi sia possibile recuperare il tempo perduto aumentando momentaneamente il numero di lavoratori nel collo di bottiglia. In caso di assenza di un operatore il suo posto viene occupato da un altro. Se questo non avviene vi è il rischio che il flusso si interrompa.

Conclusione

La maggior parte delle attività logistiche si svolge all'interno del magazzino. Ricevimento delle merci, stoccaggio, preparazione degli ordini e spedizioni sono tutte operazioni, di fondamentale importanza, che devono essere organizzate con particolare attenzione.

Nella presente tesi, inoltre, sono stati approfonditi i principi della filosofia Lean e i concetti di base che la compongono al fine di valutare se, ed in che modo, essi possano essere adattati ad un contesto differente da quello tradizionale.

Nella stesura di questa tesi si può comunque notare che gli argomenti trattati non sono state approfondite nei minimi dettagli, ma sono stati evidenziati i punti ritenuti più rilevanti per la loro comprensione.

Con questa scelta si è cercato di mantenere l'attenzione sul tema centrale della tesi, ossia la gestione degli approvvigionamenti nelle filiere logistiche, evitando di fornire informazioni aggiuntive, superflue per l'argomento trattato.

Bibliografia

Antonelli, V., D'Alessio, R., 2012, Rimanenze di magazzino, Milano, Gruppo 24 Ore.

Ascoli Marchetti, M., 2006, Le operazioni di magazzino e la gestione delle scorte. Un manuale per tutti, Milano, Franco Angeli.

Balestri, G., 2009, Le basi della logistica. Il magazzino, i trasporti, la distribuzione e il sistema informativo, Milano, Hoepli Editore.

Bevilacqua M., Slide del corso di Logistica Industriale, Università politecnica delle Marche, a.a. 2019/2020.

Brandolese A., Pozzetti A., Sianesi A., Gestione della produzione industriale, Hoepli, Milano, 1991.

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

G. Magno, G. Mignano, L. Russo, Tecniche di gestione delle scorte.

Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: practical investigation at an industrial Company, B. Scholz-Reiter, J. Heger, C. Meinecke, International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 61 No. 4, 2012.

Jeffrey K. Liker, Luciano Attolico, "Toyota Way", Editore Ulrico Hoepli Milano, 2014.

Kracik, J.F., 1988. Triumph of the Lean Production System. MIT Sloan Management Review.

Lehrstuhl für Fordertechnik Materialfluss Logistik (fml), Technische Universität München: xyz- Analyse Abgerufen am 18. Juni 2010.

M. Boario, M. De Martini, E. Di Meo, G.M. Gros Pietro, Manuale di logistica 1, UTET, Torino, 1992.

Maraschi, E., 2012, Gestione dei materiali. Pianificazione e gestione scorte, Torino, E-formazione by Consulman S.p.A.

Minoru, T., 2006, Il modello Toyota: la giusta applicazione del metodo Toyota per riprogettare il proprio sistema logistico produttivo, Il Sole 24 ORE S.p.A., Milano.

Monden Y., 1994, Toyota Production System - An Integrated Approach to Just-In-Time, Chapman & Hall, London.

Monden, Y. (2012). Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time. 4th Edition. CRC Press, Taylor and Francis Group, New York, USA.

Ohno, T., 1978, Lo spirito Toyota: il modello giapponese della qualità totale. E il suo prezzo, Giulio Einaudi editore S.p.A., Torino.

Urgeletti Tinarelli G., La gestione delle scorte: organizzazione, contabilità e automazione. Etas Libri, Milano, 1981.

Womack J., Jones D., 2008, Lean Thinking. Per i manager che cambieranno il mondo, Guerini e associati, Milano.

Womak, P. J., Jones, D.T., 1997, Lean Thinking, Edizioni Angelo Guerini e Associati SpA, Milano.

Sitografia

<http://www.kanban.it/>

<http://www.leancompany.it/>

<http://www.leanmanufacturing.it>

<http://www.leanproducts.eu/>

<http://www.leanthinking.it>

<http://www.magazzinovirtuale.it/>

<http://www.sciencedirect.com/>

<https://books.google.it/>

<https://guerini.it/>

<https://it.scribd.com/>

<https://scholar.google.it/>

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

<https://www.cegeka.com/it/>

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

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

<https://www.infologis.biz/>

<https://www.lean.org/>

<https://www.logisticaefficiente.it>

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

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

Ringraziamenti

Al termine del presente lavoro di tesi, ritengo doveroso ringraziare alcune persone la cui disponibilità e collaborazione è risultata determinante.

In primo luogo, desidero ringraziare il mio relatore, Prof. Maurizio Bevilacqua, per la sua disponibilità e per avermi guidato durante la stesura di questa tesi di laurea.

Un infinito grazie ai miei genitori: **Ejjillali** e **Aicha**, che mi hanno fatto dono della vita e dell'amore più spontaneo e sincero.

Il ringraziamento maggiore va ai miei fratelli: **Hasna, Halima, Fatiha, Bouchaib, Said** e **Najat** senza i quali non avrei potuto affrontare questo percorso lungo e tortuoso. Senza di loro probabilmente non sarei riuscita a completarlo, grazie ai loro consigli, al loro sostegno nei momenti più difficili, ma anche nei momenti di gioia dopo il superamento degli esami! Grazie per avermi motivato in ogni momento a superare ostacoli che all'apparenza sembravano insormontabili, e grazie per avermi condotto fino a qui, per la persona che sono diventata.

E poi ringrazio tutti quelli che hanno creduto in me, che saranno al mio fianco a festeggiare questo importante traguardo.

Infine ringrazio, soprattutto, me stessa per la determinazione e l'impegno attuo a raggiungere questo traguardo, la voglia di sfidarmi, per averci provato ed esserci riuscita.