

**ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITA' DI
BOLOGNA**

FACOLTA' DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA GESTIONALE

*DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELLE COSTRUZIONI
MECCANICHE, NUCLEARI, AERONAUTICHE E DI METALLURGIA*

TESI DI LAUREA

in

Logistica Industriale

**DIMENSIONAMENTO DI UN MAGAZZINO MANUALE
ED OTTIMIZZAZIONE DEI FLUSSI LOGISTICI**

CANDIDATA:
ELEONORA NEGRI

RELATORE:
Chiar.mo Prof. EMILIO FERRARI

CORRELATORE:
Ing. ANDREA CAIVANO

Anno Accademico 2008/2009

Sessione I

INTRODUZIONE	3
1 IL MAGAZZINO MANUALE.....	4
1.1 Premessa	4
1.2 Obiettivi del magazzino.....	5
1.3 Tipologie dei magazzini.....	5
1.4 Lo stoccaggio della merce – mappatura ed allocazione:	6
1.4.1 Il modello a memoria.....	6
1.4.2 Il modello a locazione fissa.....	7
1.4.3 Il modello a locazione random.....	7
1.5 Material Management Performance	8
1.6 Service Level	12
2 L’AZIENDA DENTAL MANUFACTURING S.p.a.....	15
2.1 La storia	15
2.2 Planimetria dello stabilimento.....	16
2.3 Ciclo produttivo.....	17
2.3.1 Trattamento delle materie prime	18
2.3.2 Programmazione degli stampi.....	20
2.3.3 Creazione degli stampi	24
2.3.4 Stampaggio denti	27
2.3.5 Controllo qualità.....	30
2.3.6 Finitura del dente.....	34
2.3.7 Produzione stecchette	35
2.3.8 Ceratura stecchette	35
2.3.9 Attaccatura meccanica.....	36
2.3.10 Stoccaggio prodotto.....	36
2.3.11 Certificazioni	37
3 Analisi statistica delle vendite	38
3.1 Vendite 2008	42
3.2 Smorzamento esponenziale applicato all’azienda DENTAL MANUFACTURING	43
4 Gestione delle scorte.....	46
4.1 Le scorte.....	46
4.2 Sistemi di gestione delle scorte	47
4.3 Modelli a quantita’ d’ordine fissa.....	49
4.3.1 Il punto di riordino	49
4.3.2 Il lotto economico di acquisto- EOQ (Economic Order Quantity) (logistica integrata e flex).....	52
4.3.3 Lotto economico di acquisto a valore	56
4.3.4 I modelli a tempi fissi.....	57

4.4	La scorta di sicurezza	60
4.4.1	Dimensionamento della scorta di sicurezza	62
4.5	La scorta di sicurezza in Dental Manufacturing.....	63
5	STATO DI FATTO DEL MAGAZZINO ATTUALE	66
5.1	Planimetria dello stato attuale	67
6	PROPOSTE PER LO STATO FUTURO.....	69
6.1	Premessa	69
6.2	Planimetria stato futuro.....	70
6.3	Ergonomia della postazione di lavoro	72
6.4	Prima proposta: Magazzino manuale con scaffalature tradizionali	73
6.4.1	Vantaggi e svantaggi.....	76
6.5	Seconda proposta: Magazzino manuale con scaffalature picking (parallele al corridoio centrale).....	77
6.5.1	Vantaggi e svantaggi.....	80
6.6	Terza proposta: Magazzino manuale con scaffalature picking (perpendicolari al corridoio centrale).....	81
6.6.1	Profili a rullini	86
6.6.2	Vantaggi e svantaggi.....	87
7	CONCLUSIONI	88
8	BIBLIOGRAFIA.....	92

INTRODUZIONE

Il presente lavoro tratta le metodologie che stanno alla base della scelta, della progettazione e della realizzazione del magazzino, in particolare quello manuale, evidenziando tutti i fattori che concorrono al dimensionamento dello stesso. Il problema principale da affrontare nella gestione del magazzino consiste nell'utilizzo ottimale della superficie a disposizione in modo da creare un percorso ben definito sia per gli addetti che per le merci. Affinchè il magazzino sia più efficiente e funzionale possibile, il management deve compiere scelte che riguardano le seguenti aree di intervento:

- ⇒ Utilizzo ottimale degli spazi fisici aziendali tenuto conto che ogni mq di superficie occupata incide sui costi di esercizio.
- ⇒ Previsione delle vendite per identificare la giacenza e pianificare la produzione.
- ⇒ Allocazione dinamica della merce per consentire un flusso efficace delle operazioni di carico e scarico.
- ⇒ Modalità di stoccaggio: è fondamentale identificare le tipologie di immagazzinamento.
- ⇒ La gestione a scorta dei prodotti la cui domanda deriva da stime previsionali.

Obiettivo di questa tesi è dunque l'analisi del magazzino manuale di un'azienda del comparto chimico, Dental Manufacturing S.p.a, coinvolta in una situazione complessa di gestione dello stoccaggio ma proiettata alla progettazione di un nuovo edificio adibito all'immagazzinamento e a tutte le attività collaterali, auspicando l'ottimizzazione dei flussi logistici all'interno dell'azienda.

1 IL MAGAZZINO MANUALE

1.1 PREMESSA

Il magazzino è parte integrante di tutte le realtà aziendali e rappresenta uno spazio dedicato a contenere materie prime, semilavorati, prodotti finiti.

Il magazzino rappresenta uno spazio indispensabile per la gestione corretta dei processi produttivi e aziendali la cui gestione obbliga l'azienda a tenere sotto controllo tali costi.

In particolare si possono evidenziare:

- ⇒ *Costi economici*: l'immagazzinamento comporta immobilizzo di capitale.
- ⇒ *Attività di ricevimento*: messa a stock, controllo qualità, selezione, imballaggio, spedizione da parte di operatori dedicati alle suddette mansioni.
- ⇒ *Superficie*: ogni metro quadrato di superficie occupata rappresenta un costo in termini di infrastrutture e di risorse destinate al mantenimento dello stesso (tasse, energia, etc.).
- ⇒ *Perdita di valore*: danneggiamento, deterioramento, obsolescenza, perdita di valore, furti. E' noto che il valore della merce a magazzino può variare nel tempo e quindi risulta necessario uno stoccaggio razionale ma ad un livello sufficiente a soddisfare le esigenze produttive e dei clienti.

Esistono in letteratura dei metodi per calcolare il valore della merce stoccata a magazzino:

- FIFO (first in first out): il primo prodotto arrivato nel magazzino è il primo ad essere venduto. Questo metodo è adatto nei casi in cui i prodotti sono deperibili o temono l'obsolescenza.
- LIFO (last in last out): l'ultimo prodotto ad essere acquistato è il primo ad essere venduto; con questa logica si possono gestire soprattutto i prodotti non obsolescenti.
- A valore medio: questo metodo tiene conto del costo medio per pezzo relativamente a tutti gli acquisti di un determinato prodotto.
- A valore attuale: ipotizzando che per il prodotto considerato il valore si aumenti costantemente nell'arco di un anno, alla data del prelievo il prodotto in considerazione presenta un valore commerciale superiore.

1.2 OBIETTIVI DEL MAGAZZINO.

Le teorie moderne circa le politiche aziendali affermano unanimi che la merce a magazzino rappresenta uno spreco: tra queste filosofie emerge senza dubbio il 'Toyota Production System' da cui ha avuto origine la Lean Manufacturing, produzione snella, priva di sprechi, in cui l'azienda virtuosa è quella che riesce a gestire il proprio business a zero scorte.

L'obiettivo che si prefigge l'azienda deve essere quello di riuscire a mantenere un livello alto di business soddisfacendo il cliente finale con il minimo livello di scorte.

E' possibile individuare delle motivazioni che orientano l'azienda alla scelta o meno della presenza di un magazzino:

- 1) Fluttuazioni della domanda: dal momento che i dati storici circa il trend aziendale vengono spesso abbandonati diventa necessario mantenere alti livelli di stock per non incappare in richieste insoddisfabili e quindi il verificarsi dell'out of stock.
- 2) Prevedibilità: per impedire blocchi di produzione a cui è inevitabilmente correlata l'insoddisfazione del cliente, l'azienda preferisce mantenere merce a magazzino per poter migliorare la capacità di schedulazione della stessa.
- 3) Protezioni dal prezzo: le fluttuazioni del prezzo dei prodotti possono incidere negativamente sui costi d'acquisto.
- 4) Inaffidabilità dei fornitori: la merce detenuta a magazzino protegge l'azienda da fornitori che non rispettano i termini contrattuali comprese le date di consegna.
- 5) Sconti di quantità: le economie di scala favoriscono l'acquirente con degli sconti previo l'ordine di grossi quantitativi di prodotto.

1.3 TIPOLOGIE DEI MAGAZZINI

Possiamo distinguere all'interno dell'azienda tre tipologie fondamentali di magazzini:

- 1) Materie prime: il magazzino contiene prodotti usati per realizzare semilavorati o prodotti finiti.

- 2) Semilavorati: si distinguono per la loro peculiarità di essere temporanei e non possono essere considerati ne materia prima ne prodotto finito.
- 3) Prodotto finito: rappresenta il magazzino che contiene il prodotto pronto per essere venduto.

A queste si possono aggiungere altre due categorie non sempre presenti in azienda:

- 4) Riparazione e/o sostituzione di componenti che non fanno parte direttamente del ciclo produttivo ma sono essenziali per la soddisfazione del cliente.
- 5) Consumabili: riferito a tutti i prodotti indispensabili per il corretto funzionamento dell'azienda, ad esempio materiale per l'imballaggio, dispositivi per computer, per stampanti.

1.4 LO STOCCAGGIO DELLA MERCE – MAPPATURA ED ALLOCAZIONE:

Un magazzino risulta efficiente quando è possibile reperire in tempi abbastanza brevi tutti i prodotti desiderati. Il punto cardine diviene quello che non si può controllare ciò che non si può trovare e alla luce di questo è fondamentale che ogni addetto al magazzino debba aver ben chiaro dove si trovano i prodotti e deve essere messo nella condizione di conoscerne l'ubicazione. Generalmente i modelli che si possono utilizzare per la locazione della merce sono :

- ⇒ a memoria;
- ⇒ a locazione fissa;
- ⇒ a locazione random.

1.4.1 Il modello a memoria

Tale metodologia, attualmente obsoleta, è molto semplice e consiste essenzialmente nella capacità mnemonica degli operatori: l'allocazione della merce è decisa al momento dell'occorrenza e il conseguente ritrovamento avviene nello stesso modo, attraverso il semplice ricordo di dove è stato posizionato. E' principalmente utilizzato quando si hanno poche varietà di prodotto e le aree di stoccaggio sono ridotte in numero e dimensioni.

1.4.2 Il modello a locazione fissa

In questa situazione le locazioni sono ben determinate per ogni prodotto e non vi è spazio per altri con la conseguenza che il numero delle locazioni a disposizione del magazzino deve essere uguale o superiore al numero massimo di unità che vengono gestite. Così disposto il magazzino presenta alcuni svantaggi: l'honey combing o nido d'ape, si verifica quando nel magazzino parte delle locazioni dedicate rimangono vuote: è possibile quantificare ciò attraverso l'indice di efficienza di stoccaggio così definito:

$$\text{INDICE DI HONEY COMBING} = \frac{\text{N}^\circ \text{ di locazioni vuote}}{\text{N}^\circ \text{ di locazioni totali}}$$

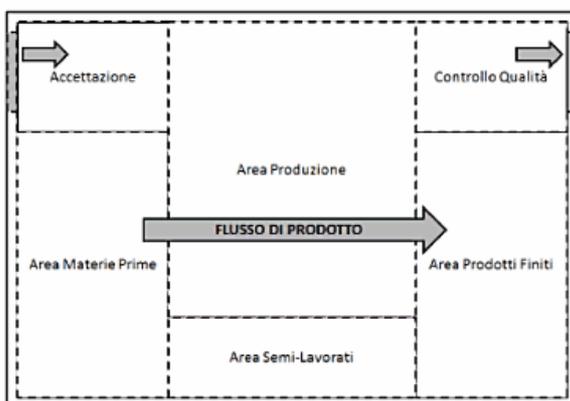
Più ci si avvicina al valore 1 e più è forte l'honey combing con molte locazioni inutilizzate. Per avere buone prestazioni tale indice deve risultare il più possibile tendente a zero misurato ad intervalli frequenti.

1.4.3 Il modello a locazione random

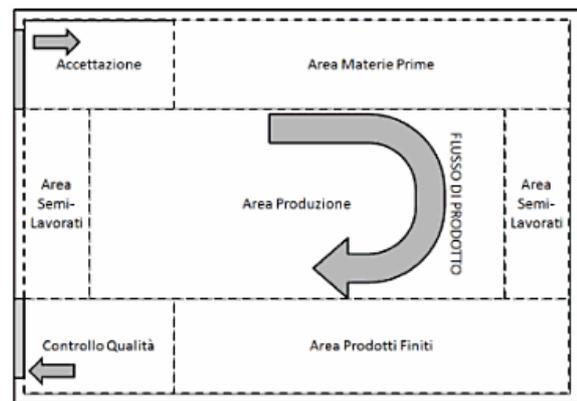
Con l'espressione random si esprime il posizionamento casuale del prodotto, lontano da qualsiasi logica di allocazione; così strutturato il magazzino presenta come unico vantaggio quello di sfruttare al meglio lo spazio eliminando l'effetto honey combing del modello precedente.

Tra gli svantaggi si possono citare: la necessità di creare un sistema informativo in grado di memorizzare tutte le operazioni che avvengono nel magazzino. Inoltre tale modalità di allocazione non risulta applicabile ad aziende con poche referenze.

Idealmente il posizionamento delle aree dedicate all'immagazzinamento dovrebbe rispecchiare il flusso operativo del prodotto; di seguito vengono riportati due esempi di posizionamento magazzini, il primo con flusso lineare il secondo senza flusso lineare:



Magazzino con flusso lineare



Magazzino senza flusso lineare

E' bene sottolineare che i modelli esposti non sono esclusivi ed è possibile che nelle realtà aziendali si verifichi il loro mix, dedicando per alcune tipologie di prodotti un modello e per altri uno diverso; sulla base quindi delle caratteristiche di ciascun particolare di prodotto e sulla base delle loro peculiarità, viene scelto il modello più appropriato. Da un punto di vista operativo è necessario considerare anche i prelievi dei prodotti per ottenere una suddivisione e una classificazione sulla base delle loro movimentazioni. In particolare è possibile fare riferimento ad alcune fasi fondamentali:

- ⇒ Stilare una lista con tutti i prelievi fatti per codice articolo, metterla in ordine decrescente sul numero di prelievi fatti, ottenendo una lista ordinata dei prodotti dalla più alta frequenza di movimentazione alla più bassa.
- ⇒ Calcolare la sommatoria dei prelievi effettuati.
- ⇒ Determinare per ogni codice prodotto il valore percentuale dei suoi prelievi sul totale, attraverso l'espressione matematica:

$$\% \text{ prelievo} = \frac{\text{N}^\circ \text{ prelievi del prodotto}}{\text{Totale dei prelievi}} \times 100$$

- ⇒ Ottenere il valore cumulativo derivante dalla percentuale di prelievo come risultato della somma di tutti i codici che lo hanno preceduto.
- ⇒ Classificazione dei prodotti a seconda del valore percentuale cumulativo dei prelievi, ottenendo:
 - Prodotti classe A; corrispondente a un cumulativo dell'80 % dei prelievi;
 - Prodotti classe B; con un cumulativo compreso tra 80 e 95%;
 - Prodotti classe C; rappresentata dai restanti prodotti.

1.5 MATERIAL MANAGEMENT PERFORMANCE

La valutazione dell'efficacia logistica di qualsiasi sistema di approvvigionamento, può essere testata attraverso l'analisi di una serie di indicatori di performance del magazzino.

- ⇒ La *giacenza media (GM)*, valore che indica il livello medio di giacenza di magazzino.
- ⇒ L' *indice di rotazione (Ir)*, la giacenza di materiale si rinnova durante un determinato periodo di esercizio, l'efficacia della logica di approvvigionamento migliora all'aumentare dell'indice di rotazione.

- ⇒ L'*indice di copertura* (Ic), che matematicamente è rappresentato da un coefficiente che deriva dal reciproco dell'indice di rotazione, restituisce l'autonomia logistica del magazzino valutata attraverso il numero di giorni di copertura dei fabbisogni medi mediante la giacenza media presente in magazzino.
- ⇒ La *frequenza di stock out* (Fso), restituisce la frequenza percentuale in cui si è verificato l'evento della rottura di stock nei confronti del numero di sottoperiodi considerati. Un'efficace gestione logistica dei materiali minimizza o esclude la possibilità della condizione di stock out.
- ⇒ La *frequenza di riordino* (Fr), restituisce la percentuale degli ordini emessi rispetto al numero di consumi riscontrati nel periodo d'esercizio. E' noto che la giacenza media dei materiali è inversamente proporzionale alla frequenza di riordino, quindi in una logica di pianificazione efficace si tende ad integrare una limitata frequenza di riordino ad un elevato indice di rotazione dei materiali
- ⇒ *Escursione minimo-massimo* ($EM-m$), indica la differenza tra il valore massimo ed il valore minimo di giacenza, riscontrati nel periodo di esercizio considerato. Un limitato livello di escursione minimo massimo facilita la gestione delle risorse umane e strutturali del magazzino (SCE).

Per quanto riguarda l'aspetto tecnico-gestionale, tra i fattori che influenzano maggiormente le scorte funzionali troviamo le caratteristiche del prodotto (dimensioni, obsolescenza, deteriorabilità), le caratteristiche del mercato (trend, prevedibilità della domanda), le caratteristiche del sistema di distribuzione, i costi relativi all'acquisto, al mantenimento e alla gestione dei materiali.

Tutto ciò ruota attorno al livello di servizio che l'azienda vuole fornire.

Valutiamo ora i costi legati alla gestione delle scorte (OM).

Nel prendere qualunque decisione che impatti sulle scorte, occorre considerare le seguenti voci di costo:

- ⇒ *Costi di giacenza o di mantenimento.* Quest'ampia categoria comprende i costi di magazzino (strutture, manipolazione, assicurazione, furti, rotture, danneggiamenti, obsolescenza) e il costo opportunità del capitale. Chiaramente costi di giacenza elevati inducono a ridurre il livello delle scorte e a reintegrarle spesso.
- ⇒ *Costi di emissione dell'ordine.* Sono i costi per le attività gestionali e amministrative che presiedono alla preparazione dell'ordine di produzione o di acquisto. I costi di emissione dell'ordine includono tutte le operazioni di dettaglio, quali il conteggio degli articoli e il calcolo delle quantità da ordinare, nonché altri costi legati alla manutenzione del sistema di tracciabilità degli ordini stessi. I costi di emissione spesso hanno un andamento a gradino, motivato dal fatto che il costo dell'ordine è costante per un dato intervallo, oltre il quale aumenterà di una certa quantità per far fronte all'impiego di nuove risorse come ad esempio il costo del personale.
- ⇒ *Costi di mancanza o di stock out.* Quando una scorta di articoli viene esaurita, un ordine che richieda tale prodotto deve attendere fino al reintegro dello stock. Fra il mantenimento dello stesso a copertura della domanda e i relativi costi di stock out esiste un trade-off, che è difficile risolvere in modo equilibrato, poiché risulta complicato stimare il margine di profitto perso, le ripercussioni dovute alla perdita del cliente, o le penalità da pagare in caso di ritardo. Spesso si tratta quindi di una stima effettuata entro un range credibile, ma pur sempre soggettivo.

Di seguito viene riportato un grafico che descrive l'andamento dei costi:

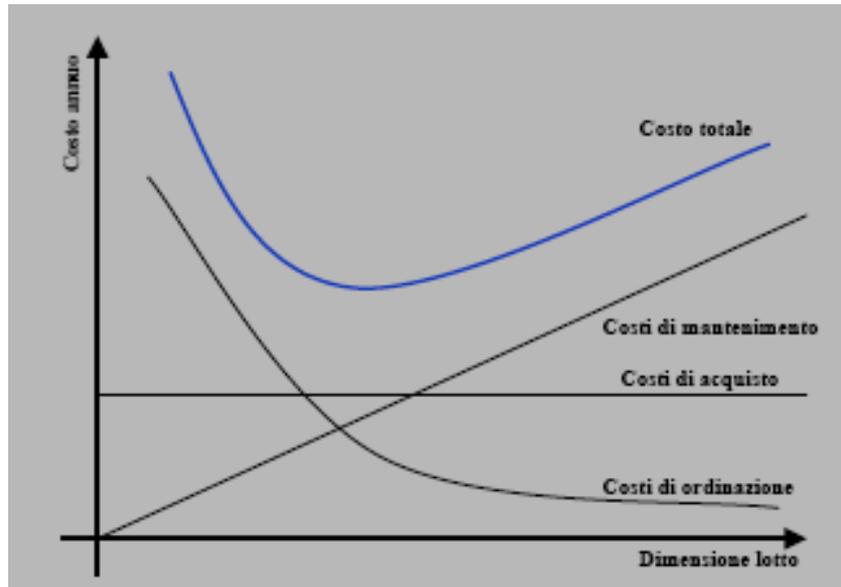


Grafico di andamento dei costi

Possiamo notare che il costo di acquisto ha un andamento lineare dovuto al fatto che è indipendente dalla dimensione del lotto, fatta eccezione nel caso in cui si considerino gli sconti di quantità.

Il costo di mantenimento risulta lineare crescente in funzione della dimensione del lotto, infatti è legato alla quantità ed al valore del materiale.

Il costo di ordinazione invece è inversamente proporzionale alla dimensione del lotto, quindi più aumenta la dimensione del lotto, minore sarà il costo di ordinazione e il numero di ordini da effettuare.

La curva del costo totale è data dalla somma algebrica delle tre curve di costo e raccoglie tutte le soluzioni possibili in maniera dipendente dalla strategia aziendale e dall'andamento delle scorte a magazzino.

Dalla figura si nota come il costo totale è minimizzato in corrispondenza del punto in cui la pendenza della curva costo totale è zero.

1.6 SERVICE LEVEL

Il livello di servizio è un concetto che si è sviluppato sulla base delle necessità di avere uno strumento semplice con il quale poter misurare la risposta dell'azienda alle richieste dei clienti e del mercato, ed attraverso il quale poter regolare e controllare l'attività aziendale e l'impiego delle risorse.

Se il concetto di livello di servizio può essere esteso a tutte le attività aziendali, esso trova la sua massima esplicitazione nel rapporto tra l'azienda ed il proprio mercato.

Infatti quest'area comprende le attività che precedono la definizione e la gestione delle fasi e dei requisiti necessari per la ricezione e per l'evasione degli ordini.

Nel caso di vendita la risposta alla domanda dei clienti è chiaramente affidata alle scorte di prodotto finito disponibili e in questi casi il livello di servizio è misurabile come rapporto tra gli ordini evasi immediatamente e il totale degli ordini prevenuti.

Il concetto può essere più o meno restrittivo a seconda di cosa si intende per ordine evaso: un ordine può ritenersi tale con un livello di servizio del 90% se sono stati evase il 90% degli item che componevano l'ordine stesso. In altri casi non sono ammesse evasioni parziali e quindi il livello di servizio riflette la percentuale di ordini evasi in prima battuta.

A livello analitico, possiamo dare due definizioni di livello di servizio:

$$\Rightarrow \mathbf{LS} = \frac{\text{Ordinievasi}}{\text{Ordinipervenuti}}$$

$$\Rightarrow \mathbf{LS} = \frac{\text{Numerodigiornistockout}}{\text{numerodigiornitotale}}$$

$$\Rightarrow \mathbf{Ls} = \frac{\text{Unità.nonevase}}{\text{Totaleunità}}$$

$$\Rightarrow \mathbf{Ls} = \frac{\text{Numerodiordinievasiinritardo}}{\text{Numerototalediordini}}$$

Un concetto fondamentale su cui si basa il livello di servizio, è quello del servizio al cliente. Questo rappresenta il complesso delle attività volte a soddisfare il cliente nella gestione della transazione intercorrente dal ricevimento dell'ordine fino alla fatturazione e al pagamento.

Per soddisfare completamente il cliente, è necessario rispettare le condizioni seguenti:

- 1) Il prodotto giusto.
- 2) Nella quantità giusta.
- 3) Nella condizione giusta.
- 4) Nel luogo giusto.
- 5) Al momento giusto.
- 6) Al cliente giusto.
- 7) Al costo giusto.

In base al rispetto di queste condizioni, si possono valutare le prestazioni di servizio al cliente attraverso il ciclo di ordine-consegna e il grado di copertura delle scorte.

Ovviamente il servizio logistico, deve essere comparato con un altro parametro importante, il costo logistico, ovvero il costo che deve sostenere il sistema logistico per raggiungere il livello di servizio desiderato.

Possiamo osservare l'andamento del costo logistico nella figura:

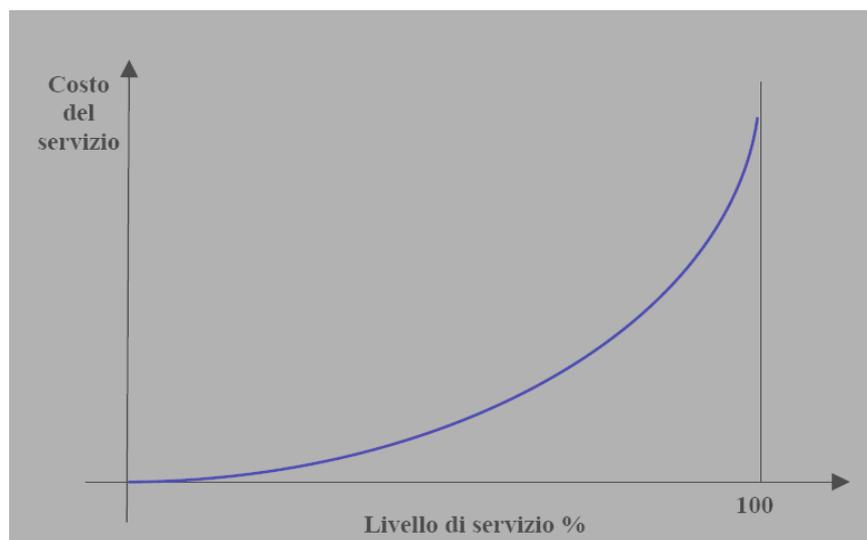


Grafico di andamento del costo logistico

Dalla curva si può osservare che il servizio costa, ovvero che per aumentare il livello di servizio tendendo verso il 100%, si deve affrontare un costo elevato. Inoltre la curva parte dall'origine degli assi poiché per un servizio nullo, non si sostengono i costi per lo stoccaggio, non evadendo nessun ordine.

Grazie all'ausilio di software gestionali è possibile registrare gli ordini, aggiornare l'anagrafica delle scorte a magazzino, valutare le disponibilità di merce e la loro locazione nel magazzino. In questo modo si riduce notevolmente il tempo complessivo di approvvigionamento. Inoltre per la trasmissione dell'ordine, si può far ricorso facilmente a fax, mail, telefonia. Quindi la tecnologia e l'informatica sono entrati in maniera decisiva nella gestione del magazzino, andando ad abbattere quei tempi morti che avrebbero aumentato il lead-time di approvvigionamento.

Assume allora una importanza strategica, una buona gestione delle scorte, che può ridurre i tempi di approvvigionamento. Questo perché, sia l'istante in cui perviene l'ordine, opportunamente deciso, sia il fatto che i materiali risultino sempre disponibili, accorcia i tempi. In realtà vi possono essere casi nei quali, una buona gestione delle scorte non assicura un buon lead-time, per esempio a causa di inefficienze logistiche che si presentano nella preparazione e nell'evasione degli ordini, o nel tempo di trasporto nel caso di lunga distanza tra fornitore e azienda. Tutto ciò porta quindi ad un servizio logistico non efficiente. In altri casi, si può avere un lead-time ottimale, ma di contro una non buona gestione delle scorte.

Quindi si hanno casi nei quali il materiale non è disponibile a magazzino, con relativa perdita di fiducia da parte del cliente. Questo è un altro caso di servizio logistico non efficiente. Bisogna aggiungere che questi problemi sono sicuramente noti all'azienda che si rifornisce. Infatti se si presenta il problema del tempo di trasporto, è possibile cercare mezzi più veloci, o anticipare gli ordini, ovvero organizzare in maniera opportuna gli ordini. Sta quindi all'azienda prendere decisioni che le consentono di non perdere un cliente a causa di un servizio logistico inefficiente. Questo discorso può essere anche trasmesso ai costi. Infatti, la logistica distributiva assorbe la quantità di costi maggiore di ogni altra attività, escluso i costi di acquisto di materiali.

Questi, possono essere ottimizzati applicando una strategia di gestione delle scorte adeguata al mercato in cui ci si confronta e alle possibilità a disposizione.

2 L'AZIENDA DENTAL MANUFACTURING S.p.a

2.1 LA STORIA

RUTHINIUM Group Dental Manufacturing Spa nasce a Torino nel 1965 dalla volontà dei fondatori di creare una struttura in grado di produrre materiali per l'odontotecnica. Nel 1967, confortata dagli ottimi risultati, amplia la gamma dei prodotti offerti e soprattutto nasce l'idea di ciò che diventerà il core-business del Gruppo sino ai giorni nostri: la produzione di denti in resina.

Oltre 40 anni di esperienza nel settore dentale, l'applicazione nel ciclo produttivo delle migliori tecnologie presenti sul mercato e l'energia profusa nella ricerca e sviluppo hanno reso **RUTHINIUM Group Dental Manufacturing Spa** una realtà consolidata sul mercato nazionale ed internazionale.

Nei mercati internazionali, **RUTHINIUM® Group Dental Manufacturing Spa** detiene inoltre il 100% **Ruthinium Dental Products PVT. LTD.** in India.

Di seguito vengono riportati alcuni dati caratteristici della sede di Badia Polesine:

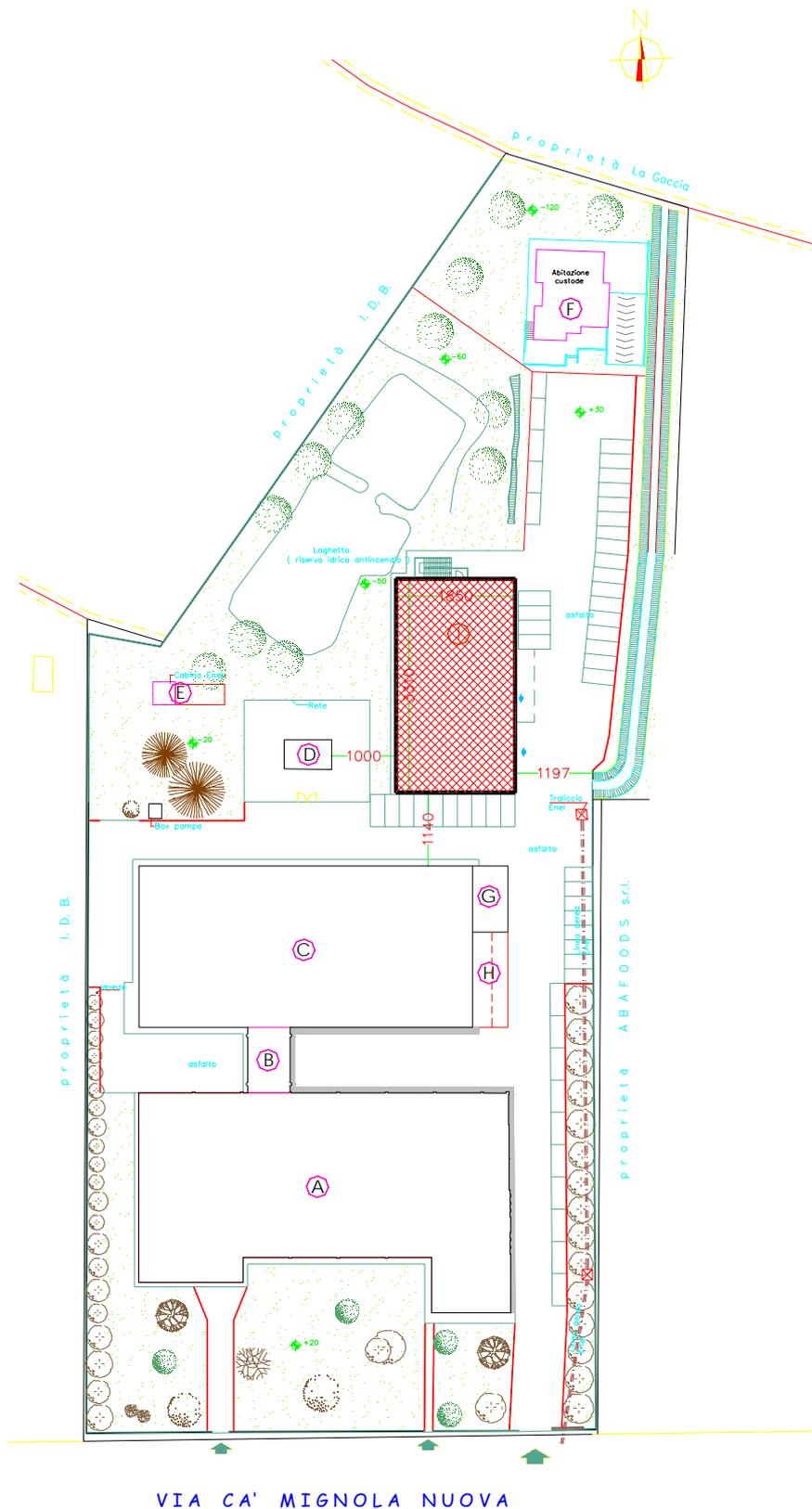
- ⇒ 100 dipendenti
- ⇒ una produzione giornaliera di circa 100.000 denti
- ⇒ automazione dei centri di lavoro
- ⇒ export rivolto ad oltre 75 Paesi



Figura 1: Dental Manufacturing s.p.a.
sede di Badia Polesine.

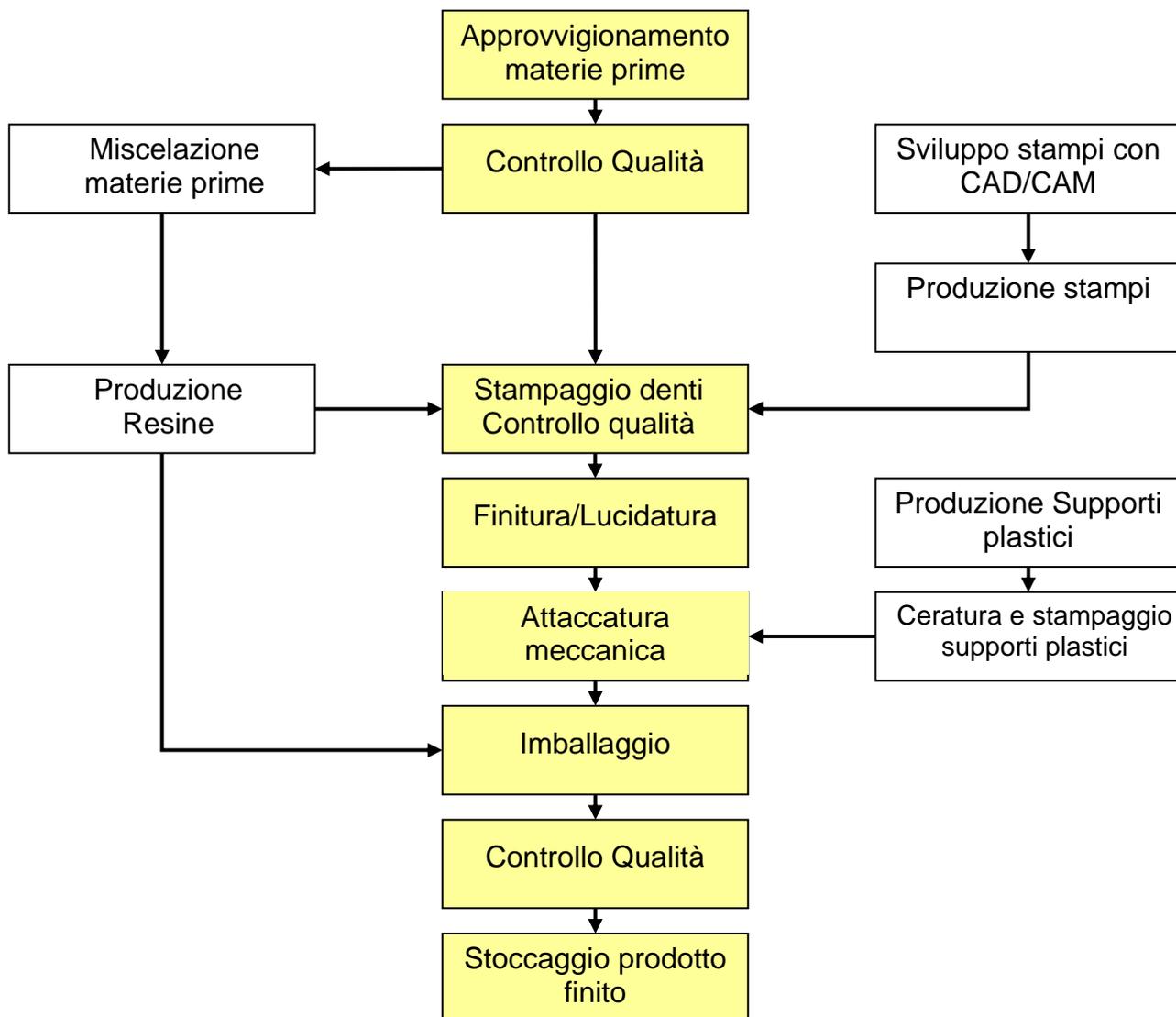
2.2 PLANIMETRIA DELLO STABILIMENTO

La superficie Aziendale è di 20.000 m² di cui 3800 m² coperti (vedasi planimetria sottostante).



2.3 CICLO PRODUTTIVO

Il ciclo produttivo può essere rappresentato con il diagramma di seguito riportato:



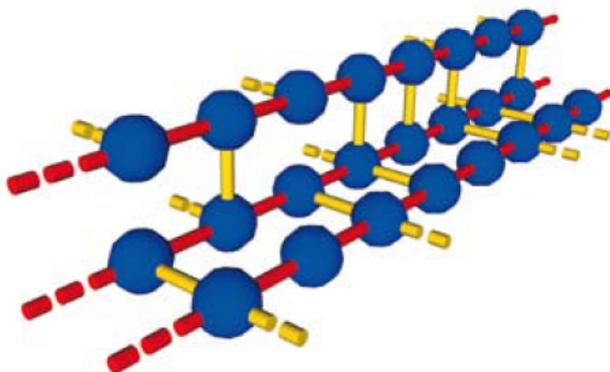
2.3.1 *Trattamento delle materie prime*

Può essere suddiviso nelle seguenti fasi:

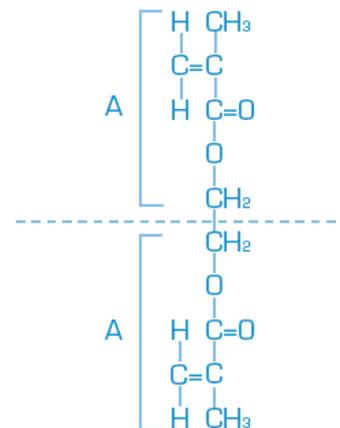
⇒ Preparazione delle madri: comprende la selezione del pigmento concentrato, in particolare la miscelazione del pigmento con il PMMA (polimetilmetacrilato) secondo formulazioni adeguate, ottenendo una prima diluizione del pigmento chiamata “madre”;

L'utilizzo di polimeri ad alto peso molecolare modificati, combinati con particolari leganti molecolari (Cross Linking), conferisce:

- **durezza elevata**
- **eccellente resistenza all'abrasione**
- **stabilità del colore**
- **ottima resistenza all'adesione di placca**



Molecole di PMMA
PMMA molecule



-  Legame Cross Linked tra catene molecolari
Cross-linked bond between molecular chains
-  Legame polimerico tra monomeri
Polymer bond between monomers
-  Unità di monomero
Monomer unit

⇒ Preparazione dei colori: all'interno di un miscelatore vengono mescolate e diluite più madri con quantità maggiori di PMMA, ottenendo così le colorazioni definitive per la produzione di denti;

⇒ Miscelazione e parziale polimerizzazione: si procede ad una distinzione dei polimeri in base al colore per le parti del dente naturale in particolare colpetto, dentina, smalto; in seguito vengono miscelati, mediante opportuni rapporti, con il monomero MMA (metilmetacrilato), al quale sono stati aggiunti additivi per imprimere caratteristiche specifiche ai denti in resina.

L'impasto così ottenuto viene versato ed eventualmente conservato all'interno di cilindri di acciaio, mantenuti a temperatura ambiente per un certo periodo di tempo, ottenendo una parziale polimerizzazione, arrestata successivamente riponendo i cilindri in congelatori fino al momento dello stampaggio;

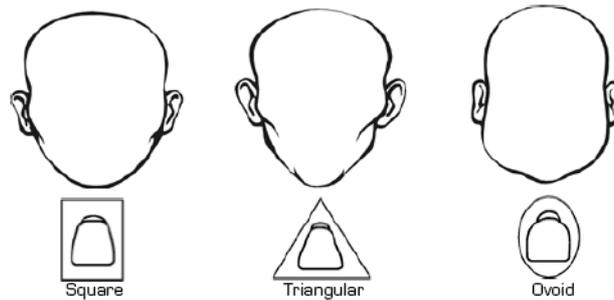


Miscelazione Resine

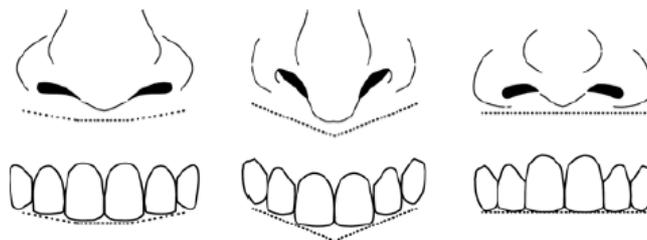
2.3.2 Programmazione degli stampi

Gli stampi sono elementi fondamentali del processo al cui interno possiedono l'esatta forma dei denti che devono essere riprodotti e le forme sono svariate, in base ai parametri estetici richiesti dal mercato. In particolare:

la forma dei denti viene determinata in funzione della morfologia del viso:



la forma e la posizione degli anteriori è determinata dalla linea basale del naso:



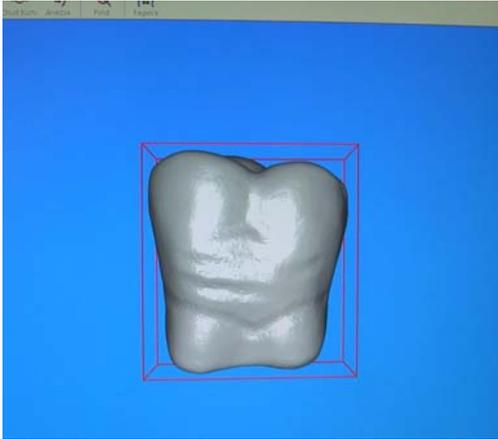
Lo stampo che riproduce una bocca formata da 6 denti (incisivi, laterali e canini), viene ripetuto più volte in base a quante bocche ci possono stare, a seconda delle dimensioni e della forma del dente.

Gli stampi possono essere in nichel, prodotti tramite elettrodeposizione galvanica, o in acciaio inossidabile ad alta qualità. La prima fase è la programmazione dello stampo con tecnologia CAD/CAM.

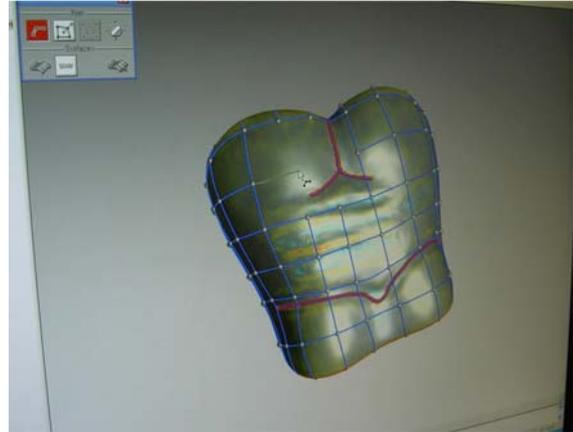
Prima di riuscire ad ottenere le varie forme dei denti vengono condotti numerosi studi, ricerche ed un numero elevato di prove per poter garantire una scelta migliore sul mercato.

Ottenuto il campione del dente (incisivo, laterale o canino), questo viene scansionato e convertito in un formato adatto a subire modifiche e perfezionamenti attraverso l'utilizzo di video modellazione 3D e software appositi (Clay tools, Point master).

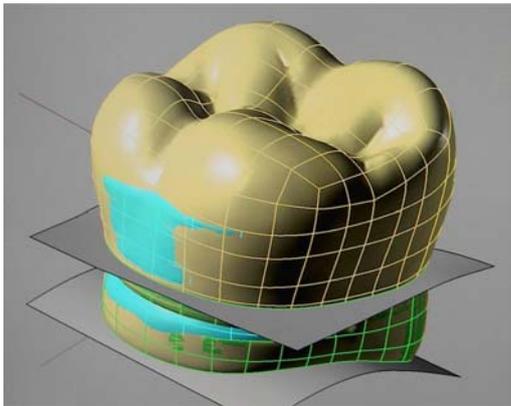
Successivamente si esporta il file in formato CAD, iniziando la progettazione vera e propria dello stampo per la produzione reale in resina acrilica.



Superficie 3d da scansione laser



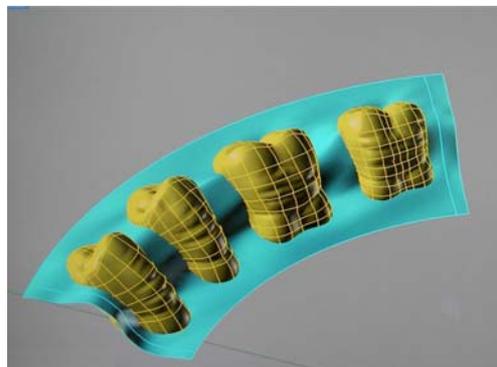
Creazione rete riferimento



Separazione grafica degli strati



Calcolo angolo posizionamento



Posizionamento su stampo

L'acronimo CAD significa *Computer-Aided Design*, ed implica l'uso di un largo numero di strumenti per assistenza nelle attività di progettazione. Il CAD è largamente impiegato per la costruzione dettagliata di modelli 3D, in questo caso dal dente allo stampo, ma è anche utilizzato in tutte le fasi dei processi di ingegnerizzazione, dalla progettazione alla presentazione dei prodotti, attraverso analisi dinamiche e delle forze per definire metodi di costruzioni dei componenti. Terminata la fase CAD si passa alla tecnologia CAM.

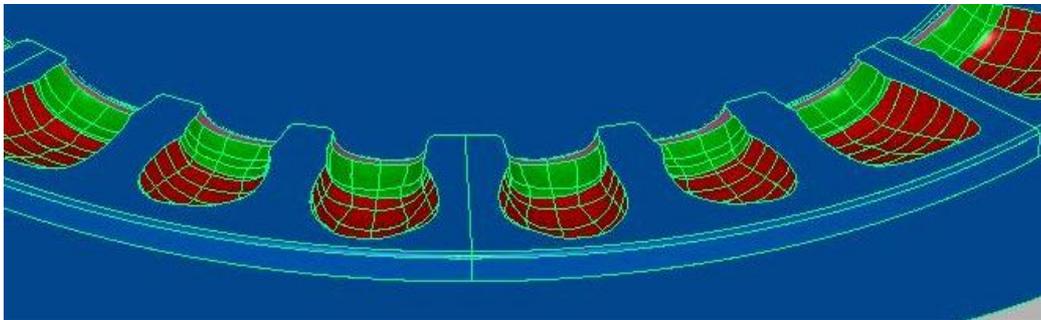


Immagine CAD del coperchio smalto dello stampo per denti artificiali.

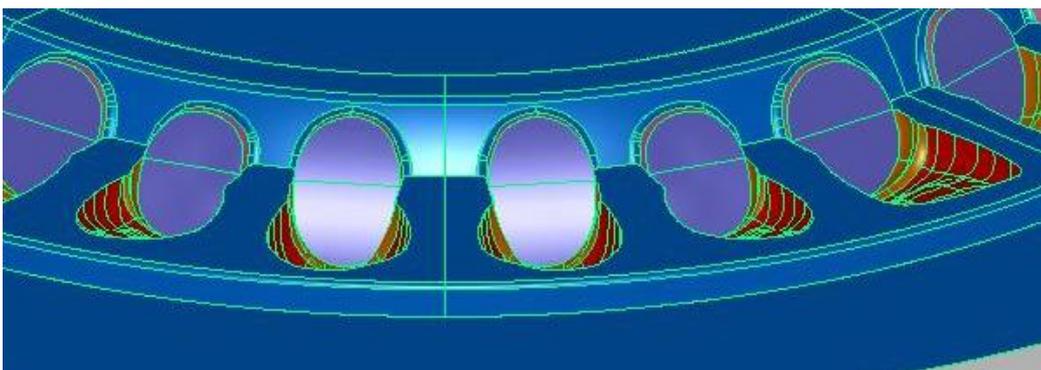


Immagine CAD del fondo finale dello stampo

L'acronimo CAM significa invece *Computer-Aided Manufacturing*, cioè fabbricazione assistita da computer, che indica una categoria di prodotti software che analizzano un modello geometrico bidimensionale o tridimensionale di componenti ottenuti al CAD, e generano le istruzioni per una macchina utensile a controllo numerico computerizzato (CNC) atte a produrre un manufatto avente la forma specificata del modello.

Le operazioni in sequenza sono:

- ⇒ caricamento del modello geometrico da un file generato da un programma CAD, che ha un proprio formato di immagazzinamento dati;
- ⇒ impostazione del sistema di coordinate cartesiane usate dalla macchina utensile;
- ⇒ selezione della parte di modello da lavorare;
- ⇒ impostazione dei parametri di lavorazione (diametro dell'utensile, velocità di spostamento, che una volta stabiliti vengono riutilizzati per ogni utensile ad ogni programmazione);
- ⇒ definizione delle istruzioni per la macchina utensile in formato G-code, che possono essere modificate e visualizzate;
- ⇒ visualizzazione grafica del percorso utensile generato, tramite simulazione del lavoro completo che verrà svolto dai vari utensili del macchinario;
- ⇒ invio dei file in G-code al controllo numerico della macchina utensile.

La funzione più complessa è la generazione delle istruzioni, in quanto per determinare il percorso utensile ottimale sono necessari complessi algoritmi spesso di natura trigonometrica, per il calcolo della punta, del raggio utensile e la profondità a cui deve arrivare.

A volte la funzione CAD e quella CAM sono integrate in unico programma, per risolvere il problema di conversione del formato per immagazzinare i dati.

2.3.3 Creazione degli stampi

I principali tipi di lavorazioni (effettuate tramite frese tradizionali a 3 assi) generate da un sistema CAM sono:

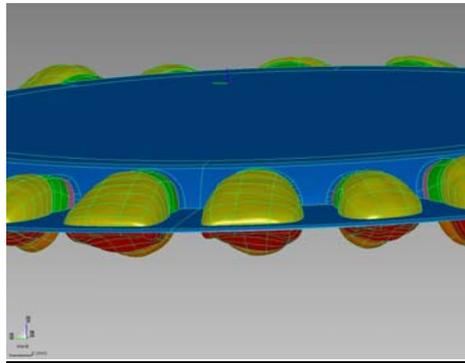
1. incisione: è una lavorazione in cui l'utensile penetra solo di pochi decimi di millimetro nel pezzo, seguendo un percorso definito da linee. Il modello geometrico è costituito da spezzate aperte o chiuse e forature, aventi un solo punto. Alcune varianti sono la compensazione (offset) che consiste nell'assegnare al percorso reale dell'utensile uno scostamento rispetto al percorso teorico pari al raggio dell'utensile stesso; vi sono poi i vincoli sull'angolo di incidenza, che si hanno quando la superficie da lavorare non è a quota uniforme.
2. taglio: è lavorazione in cui l'utensile penetra per un profondità superiore allo spessore del pezzo, seguendo un percorso definito da linee. Questa lavorazione e quella precedente sono molto simili;
3. svuotamento di percorsi chiusi (sgrossatura): un percorso chiuso è un cammino immaginario nel modello delimitato da linee, come può essere lo stampo intero o la parte dei denti nello stampo. Lo svuotamento consiste nel raggiungere con l'utensile tutti i punti interni ad uno o più percorsi chiusi, servendosi di cammini a spirale, paralleli o perpendicolari.
4. modellazione di superfici (finitura): consiste nello scolpire forme arbitrarie definite, come superfici parametriche, che sono funzioni di due variabili reali definite in intervalli (ad esempio una matrice rettangolare di numeri).

Partendo da un pezzo (un parallelepipedo), l'utensile deve scolpire la superficie desiderata in due lavorazioni:

- 1) sgrossatura, per tagliare il pezzo in più livelli con un utensile di grosso diametro, ottenendo un pezzo che somiglia a quello desiderato;
- 2) rifinitura, nella quale si ripercorrono i cammini di prima, però con un utensile di diametro fine, con frequenze di avanzamento lente e velocità dei giri più elevate per produrre una superficie più accurata.

Il Controllo Numerico del Computer (CNC) regola le leggi e le istruzioni in G-code guidando gli utensili della macchina. I parametri operativi del CNC possono essere alterati via software caricando il programma. Una linea di G-code può istruire l'utensile per fare diverse operazioni, quali:

- ⇒ movimenti;
- ⇒ cambio di utensili, che avviene automaticamente;
- ⇒ filettatura per le viti e relativi cicli;
- ⇒ programmazione parametrica.



Particolare di una chiusura di uno stampo.



Frese CNC – Fresatura degli stampi



Fresa con metodologia tradizionale.

Gli stampi in nichel sono oramai sostituiti da quelli in acciaio inossidabile temprato, che presentano buona resistenza alla corrosione, all'usura, elevata finitura superficiale e resistenza meccanica.



Stampo puliti dopo fresatura

2.3.4 Stampaggio denti

Dopo aver estratto i tubi dal congelatore, scegliendoli opportunamente in base alla tonalità cromatica che si vuole ottenere, prendendo tutti e tre i cilindri appartenenti allo stesso colore per i tre strati, si tengono a temperatura ambiente per farli tornare ad una consistenza pari a quella che avevano prima di essere inseriti nel freezer. Esistono due tipi di presse comandate dal personale che si occupa di cambiare i tipi di resina in base agli strati, di sostituire gli stampi e di estrarre i denti che hanno completato il ciclo termico.

Nelle presse manuali il ciclo termico è diviso in più fasi della durata di 5 minuti ognuna.

Ogni ciclo termico viene ripetuto per tutti gli strati del dente da produrre, in sequenza: dentina, colletto e smalto; anche gli stampi cambiano in base alle diverse parti perché all'interno hanno forma diversa e si possono dividere in fondo finale, fondo colletto, coperchio dentina, coperchio smalto (per il dente a tre strati).

L'altro tipo di pressa è quella automatica; il personale deve cambiare il tipo di resina in base allo strato da aggiungere al dente, con l'ausilio di un programma che controlla le variabili critiche del processo.



Pressa automatica.



Pressa – Visione interna



Robot - Sezione

I parametri di marcia delle presse vengono decisi in base a varie prove, all'esperienza, a controlli sul prodotto finale e a controlli continui sui macchinari per verificare il corretto funzionamento delle macchine.

Occorre attenersi rigorosamente ai parametri scelti, se ciò non avviene, possono presentarsi vari problemi. Ad esempio, poiché la polimerizzazione della resina è notevolmente esotermica, se il riscaldamento è troppo veloce, la temperatura interna può salire a valori talmente elevati da far entrare in ebollizione il monomero, prima che reagisca. Se questo accade, si formano nelle parti interne zone più voluminose della resina, le quali si riscaldano di più e incontrano più difficoltà a smaltire il calore all'esterno, generando porosità che indebolisce le protesi.

Per avviare la fase dello stampaggio, vengono prelevati i tubi, dove precedentemente era stata riposta la resina, per ricavarne una certa quantità da posizionare all'interno dello stampo.

Successivamente il contenuto dello stampo viene sottoposto a più cicli termici, ripetuti per ogni strato del dente da produrre (dentina, colletto, smalto).



Stampata 2 strati molare 5 bocche



Creazione denti

2.3.5 Controllo qualità

Si tratta di una fase di fondamentale importanza per l'azienda, per il fatto che il prodotto è un dispositivo medico, atto ad essere a diretto contatto con l'ambiente biologico. I controlli sulla qualità, devono quindi essere effettuati periodicamente ed accuratamente.

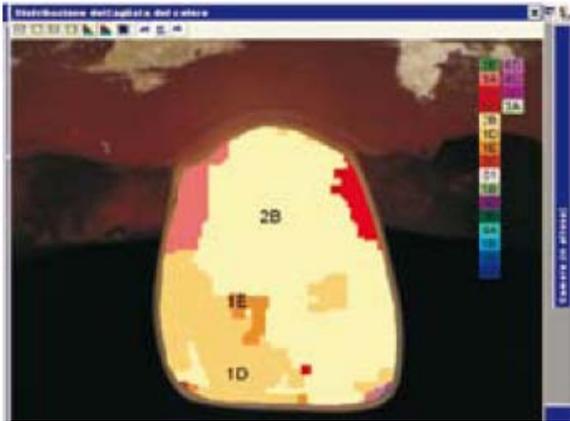
La politica aziendale va ciclicamente riesaminata, almeno con frequenza annuale, per accertarne la continua idoneità alle esigenze interne, alle norme cogenti, al mercato e al cliente.

I controlli coinvolgono tutti i processi e gli strumenti che riguardano l'ottenimento del dente artificiale e si possono suddividere in:

1. controlli iniziali in accettazione;
2. controlli *in process*, che riguardano anche le verifiche e la manutenzione dei macchinari e degli strumenti utilizzati;
3. controlli finali.

Per quanto riguarda i controlli in accettazione, viene verificato tutto il materiale in arrivo direttamente dai fornitori. Poi vengono eseguite le analisi chimico-fisiche sulle materie prime, sulle sostanze di base per la produzione dei denti, sul polimero, sul monomero e sul prodotto finito. Per quest'ultimo viene controllata la fluorescenza e la durezza da distinguere rispetto alla resistenza all'abrasione.

Quindi vengono effettuati controlli sul colore del prodotto all'inizio e alla fine del ciclo termico confrontandolo con le scale colori standard e con i parametri di fluorescenza, polimerizzazione, resistenza all'opacizzazione, alla deformazione, alla rottura, adesione.



I denti artificiali sono disponibili in un'ampia gamma di colori. L'impiego di spettro-fotometri nella fase di controllo, ne garantisce la costanza e la fedeltà.



La fluorescenza è una particolare forma di luminescenza presente in alcune sostanze. Questa caratteristica è presente nei denti naturali che, quando colpiti da radiazioni ultraviolette prossime al visibile, emettono una luce di colore bianco-azzurro. In tutti i denti prodotti tale caratteristica è presente per conferire un effetto ancora più naturale.

I macchinari automatici, quali le presse, e gli impianti devono essere sottoposti a manutenzione e ad aggiornamento tecnologico per ottenere conformità con i requisiti normativi ed anche per avere la sicurezza del corretto funzionamento e quindi del mantenimento dei parametri di marcia riguardanti lo stampaggio della resina acrilica.

Anche i parametri delle presse (tempo, temperatura, pressione) vengono stabiliti grazie all'esperienza di anni e anni di produzione e a verifiche sul grado di polimerizzazione per conferire la resistenza meccanica adeguata. Per l'analisi della temperatura si controlla la presenza di bolle esterne ed interne date dalla vaporizzazione del monomero e di eventuali deformazioni dovute alla pressione non adeguata delle piastre.

I controlli vengono effettuati periodicamente, ad intervalli di tempo prestabiliti ed ogni volta che lo si ritenga utile ed opportuno.

La strumentazione di controllo, misura e collaudo usata in laboratorio viene sottoposta ad ulteriori controlli, e viene tarata a seconda delle esigenze da parte dei responsabili interni all'azienda.

Tutti i denti vengono sottoposti a verifiche minuziose per rilevare eventuali anomalie, deformazioni, contaminanti e vengono accantonati se non conformi. Solo quelli che hanno raggiunto e superato i controlli sono pronti per essere immessi sul mercato.

Il software gestisce autonomamente il ciclo di produzione, garantendo la verifica qualitativa di tutti gli aspetti quali temperatura, pressione e tempi di ogni fase. Qualora questi dati non dovessero rientrare nei ranges prestabiliti, la produzione verrebbe autonomamente sospesa.



Test di opacizzazione (ISO 22112:2005)

Il dente viene immerso per 10 secondi in monomero puro. Il test viene effettuato per verificare se il dente, bagnato nel suo monomero, ha variazioni cromatiche e di lucentezza.



Test di resistenza agli acidi

Il test viene realizzato per verificare la purezza del polimero di PMMA, simulando la permanenza dei denti negli acidi presenti nel cavo orale.



Test di Durezza

Test effettuato con procedura Vickers HV15 attraverso l'impiego di durometro Affri conforme alle norme ASTM E 18 / EN ISO 6508



SHADE

Spettrofotometro ottico SpectroShade. effettuato per verificare la fedeltà cromatica alla scala colori di riferimento.

2.3.6 Finitura del dente

Questa è l'ultima fase che permette l'ottenimento del prodotto finito. Terminata la fase di stampaggio, si ottengono dei denti semilavorati, in quanto presentano sbavature di resina in eccesso che rimangono tra un dente e l'altro nello stampo. I trattamenti di miglioramento sono i seguenti:

- ⇒ sbavatura parziale;
- ⇒ rifinitura.

La sbavatura parziale può essere svolta in modo automatico e manuale.

Questa tipologia di trattamento viene suddivisa a seconda della forma del dente stampato (molare, incisivo), ma anche in base alle caratteristiche e al numero di colori.

La rifinitura per i denti a 2 colori avviene dopo aver tolto la sbavatura, separando con un setaccio gli elementi di scarto. Successivamente i denti vengono lavati, lucidati, sgrassati e brillantati. Per quelli a 3 colori, la rifinitura è tutta eseguita a mano dente a dente tramite micromotori.

Alla fine di tutti questi passaggi, i denti vengono smistati e fatti aderire manualmente alla cera posta su supporti che contengono ciascuno una bocca di sei denti per gli incisivi e otto per i molari. Poi i supporti vengono posti in alveoli, posizionati in scatole, in base a tipo, forma e colore dei denti.



Supporti finali con denti artificiali in resina acrilica.

2.3.7 Produzione stecchette

I denti vengono posizionati su supporti prodotti da una pressa ad iniezione.



Pressa ad iniezione

2.3.8 Ceratura stecchette

Le stecchette vengono poi fissate con la cera in un impianto di stampaggio dedicato.



Impianto per ceratura e stampaggio stecchette

2.3.9 Attaccatura meccanica

Si tratta dell'ultimo passaggio del ciclo produttivo ed il lavoro è affidato ad un'attrezzatura meccanica; la finitura viene eseguita manualmente.



*Postazione di lavoro –
Visuale interna*

2.3.10 Stoccaggio prodotto

Il prodotto finito viene quindi stoccato a magazzino.



Magazzino prodotti finiti

2.3.11 *Certificazioni*

L'obiettivo della **Dental Manufacturing S.p.A. Ruthinium** è la qualità, da conseguire attraverso il continuo miglioramento nell'organizzazione e dell'efficienza aziendale e con il fine ultimo di fornire ai propri clienti prodotti e servizi ai più alti standard. Per questo motivo l'azienda dal 1998 ha ottenuto il riconoscimento degli sforzi profusi in tale direzione conseguendo la certificazione del proprio sistema per la qualità da parte di **CERTIQUALITY** (istituto di certificazione della qualità), IQ Net (the international certification network).

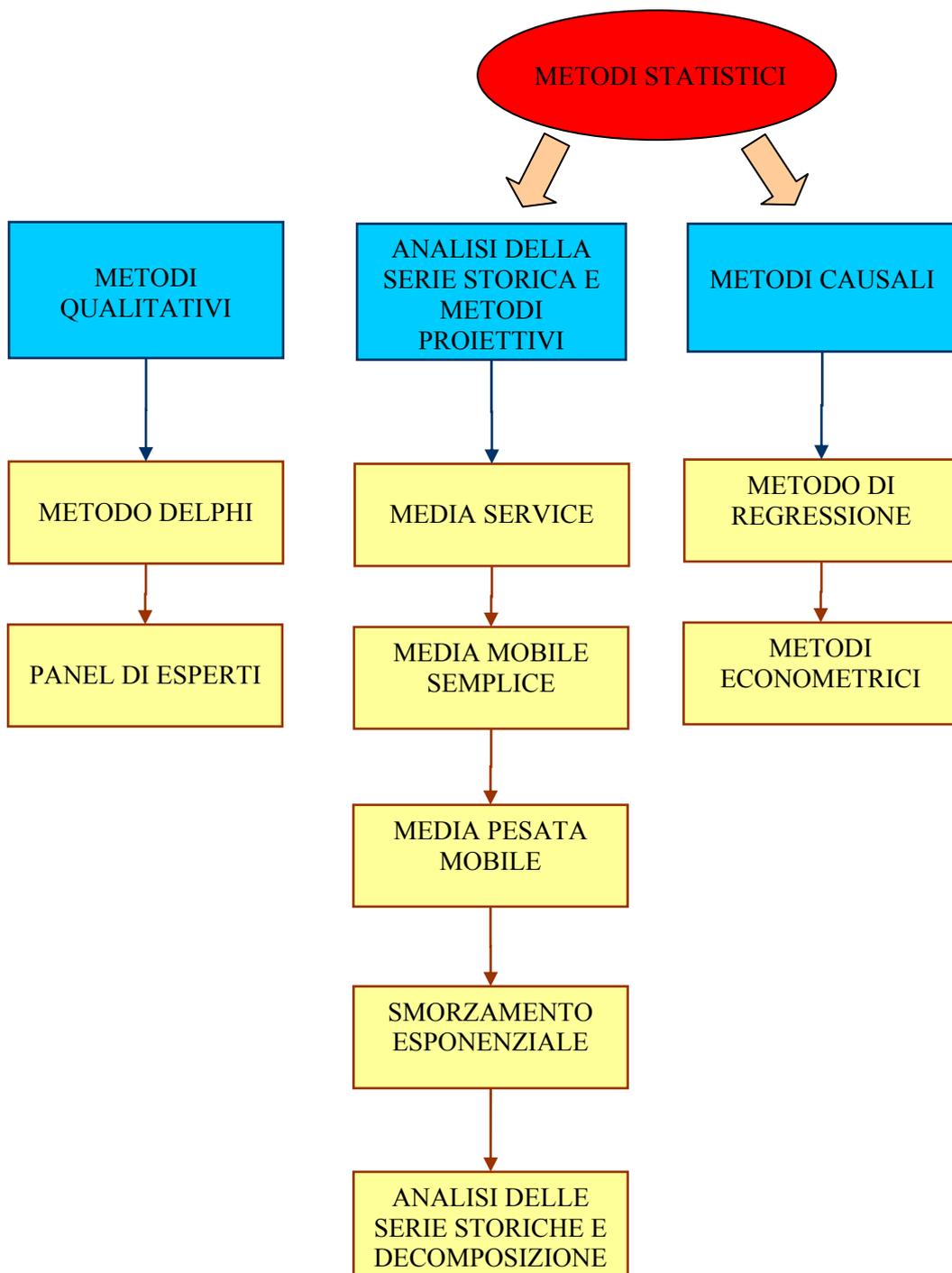
Nel *Dicembre 2006* ha ottenuto il rinnovo della certificazione secondo la norma **UNI EN ISO 9001:2000** (*Certificato N. 1456*) e *UNI EN ISO 13485:2004*.

Con l'entrata in vigore delle Direttive Europee 93/42 CEE, l'azienda ha ottenuto, nel giugno 1998, per tutte le famiglie dei dispositivi medici di propria produzione, la marcatura CE 0546 in base all'allegato V.

Il sistema di gestione della Qualità certificato è garanzia di conformità dei prodotti con la politica aziendale e i requisiti imposti dalla legge. Al contempo, il continuo monitoraggio dei processi attraverso la periodica lettura degli Indici di Qualità e la valutazione degli scostamenti tra i risultati ottenuti e gli obiettivi predefiniti, consentono un costante miglioramento della produzione.

3 Analisi statistica delle vendite

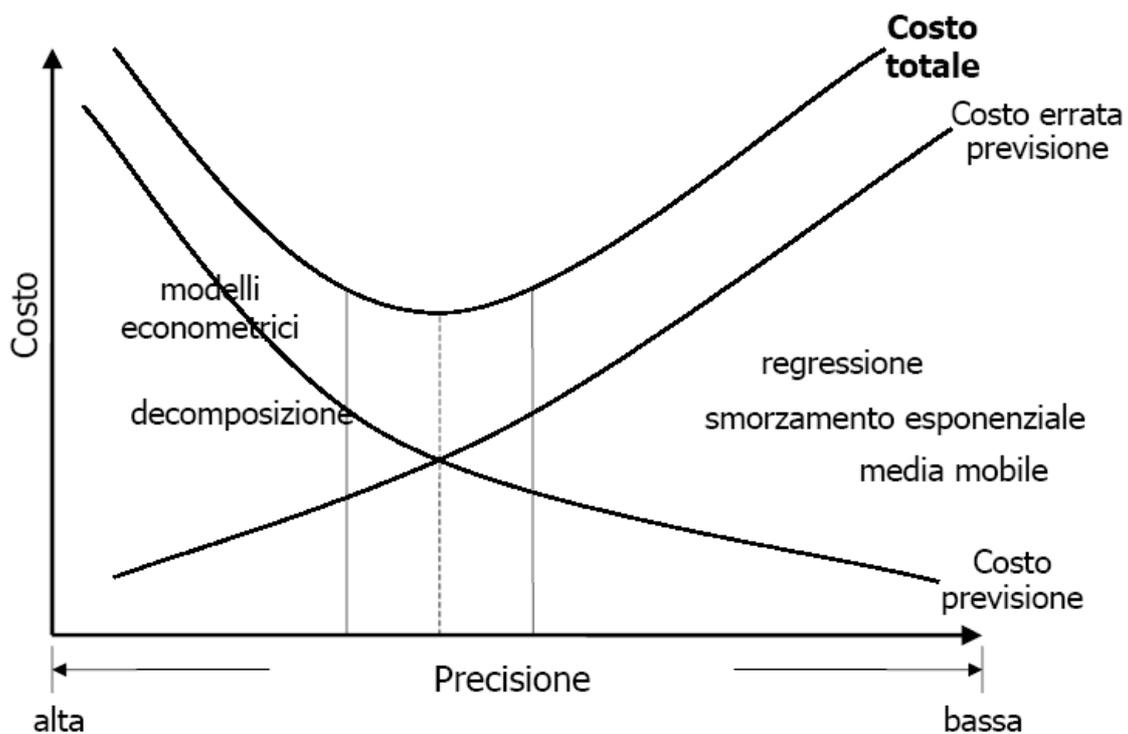
Le tecniche di previsione della domanda si possono suddividere come di seguito specificato:



E' stato adottato il metodo dello smorzamento esponenziale in base ai seguenti criteri di scelta:

- ⇒ grado di precisione;
- ⇒ orizzonte temporale di precisione;
- ⇒ importanza delle precisioni;
- ⇒ disponibilità dei dati;
- ⇒ tipo di andamento dei dati.

TRADE – OFF COSTO – ACCURATEZZA



Il trade – off tra costo e accuratezza della precisione è essenziale per la scelta della tecnica di precisione. L'accuratezza della precisione tende a crescere utilizzando tecniche via via più complesse e rigorose.

Smorzamento esponenziale

È un particolare tipo di media pesata mobile nel quale i valori della domanda sono moltiplicati per un peso che decresce in modo esponenziale spostandosi verso i valori meno recenti della domanda.

$$F_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha) F_t \quad \leftarrow \text{Equazione di prim'ordine}$$

$$F_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha) F_{t-1}$$

D_r = domanda periodo r

F_r = previsione periodo r

α = coefficiente smorzamento

$0 \leq \alpha \leq 1$

N = numero di periodi

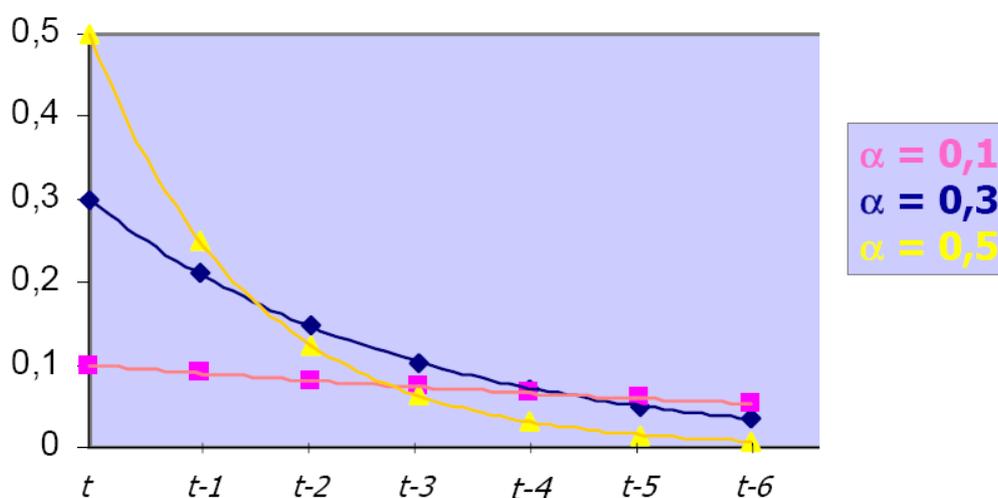
$$F_{t+1} = \sum_{k=0}^{N-1} \alpha (1 - \alpha)^k D_{t-k}$$

Il metodo dello smorzamento esponenziale (o attenuazione esponenziale) consente di attribuire maggiore importanza alla domanda dei periodi più recenti in modo da rifletterne più correttamente le variazioni.

I vantaggi del metodo sono la estrema semplicità e il basso numero di dati richiesti, mentre lo svantaggio più rilevante consiste nella determinazione del coefficiente di attenuazione α .

L'equazione di prim'ordine dello smorzamento esponenziale esprime che la previsione per il periodo $t+1$ si ottiene tramite la media pesata tra la domanda rilevata nel periodo t e la sua previsione nello stesso periodo. I pesi sono determinati dal coefficiente α , che deve essere compreso tra 0 e 1.

Peso assegnato ai dati dei periodi passati



Il modello previsionale basato sulla media esponenziale prevede la ricerca del coefficiente ottimizzante α . La scelta di $\alpha = 0$ porterebbe ad una previsione che sarebbe completamente scollegata dal reale andamento della domanda. In questo caso, infatti, si avrebbe una previsione costante $F_{t+1} = F_t$.

All'opposto, porre $\alpha = 1$ significherebbe ottenere una previsione sempre uguale all'ultimo valore rilevato della domanda. La previsione risulterebbe quindi estremamente reattiva alle variazioni della domanda. Al crescere (risp. al diminuire) del valore di α si ha un minore (risp. maggiore) smorzamento dei periodi precedenti ed una maggiore (risp. minore) reattività della previsione alla domanda rilevata. Queste considerazioni sono riassunte nel grafico della slide, in cui sono rappresentati i pesi attribuiti ai diversi periodi in relazione a valori differenti del coefficiente di attenuazione α .

Per la previsione della Dental Manufacturing è stato adottato il software MINITAB applicato alle vendite dell'anno 2008 (vendite costanti negli ultimi 5 anni) con due indici alfa fornendo i dati presunti per l'anno 2009 e l'errore quadratico medio:

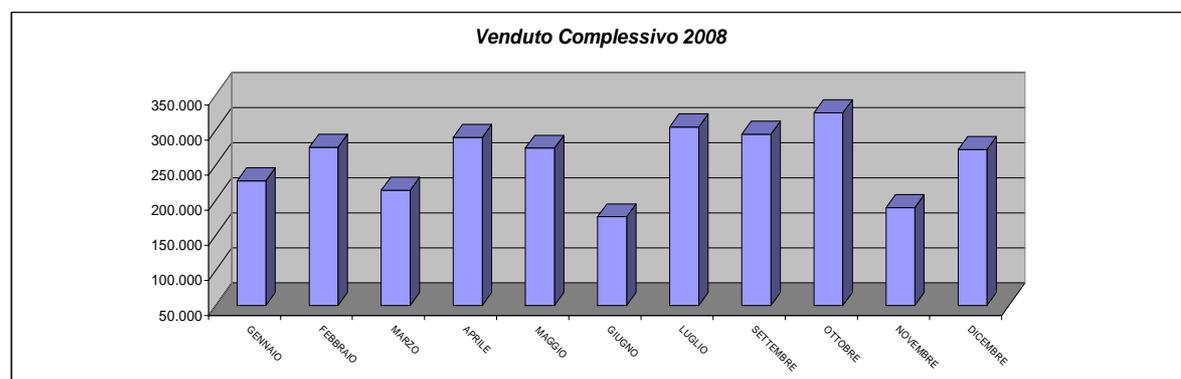
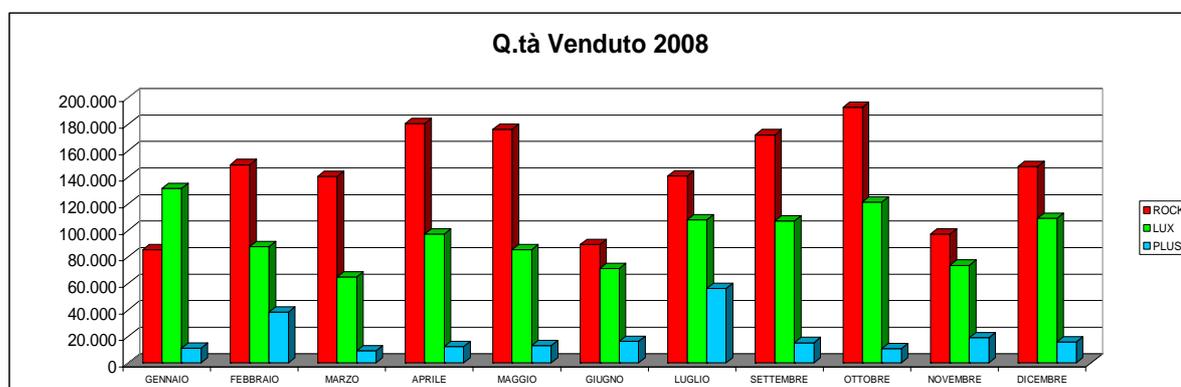
$$\Rightarrow \alpha = 0,8;$$

$\Rightarrow \alpha$ ottimizzato dal supporto informatico a seconda della linea di prodotto.

3.1 VENDITE 2008

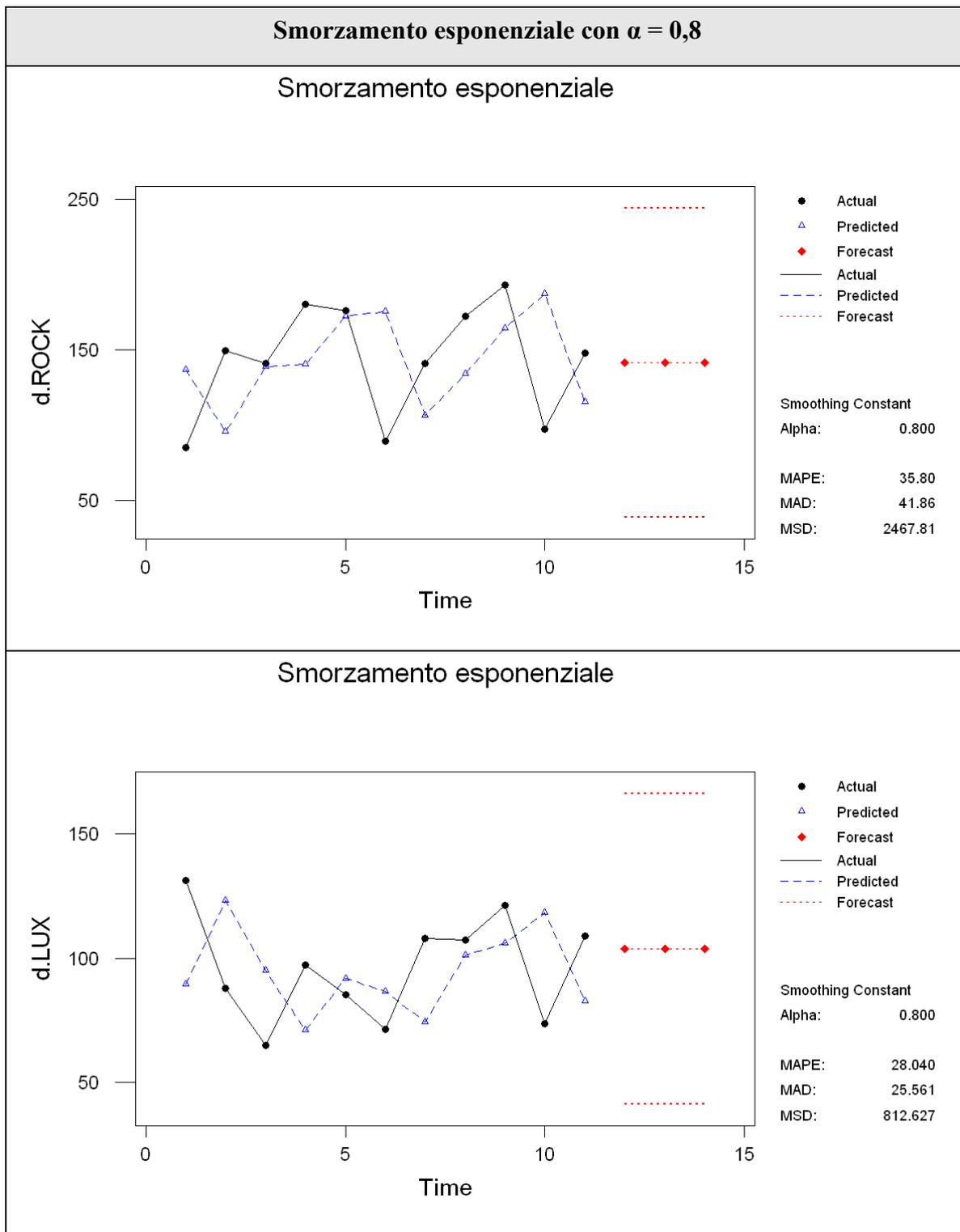
I seguenti dati sono stati estrapolati dal Bilancio aziendale

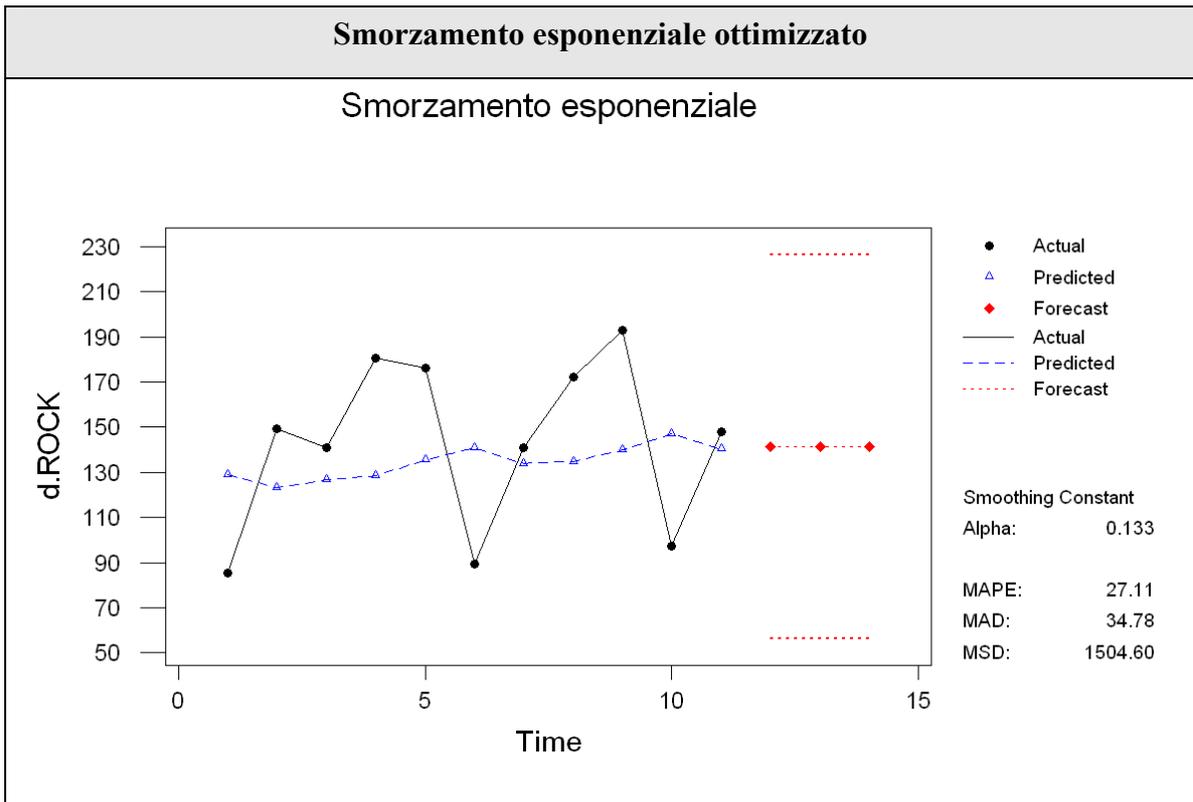
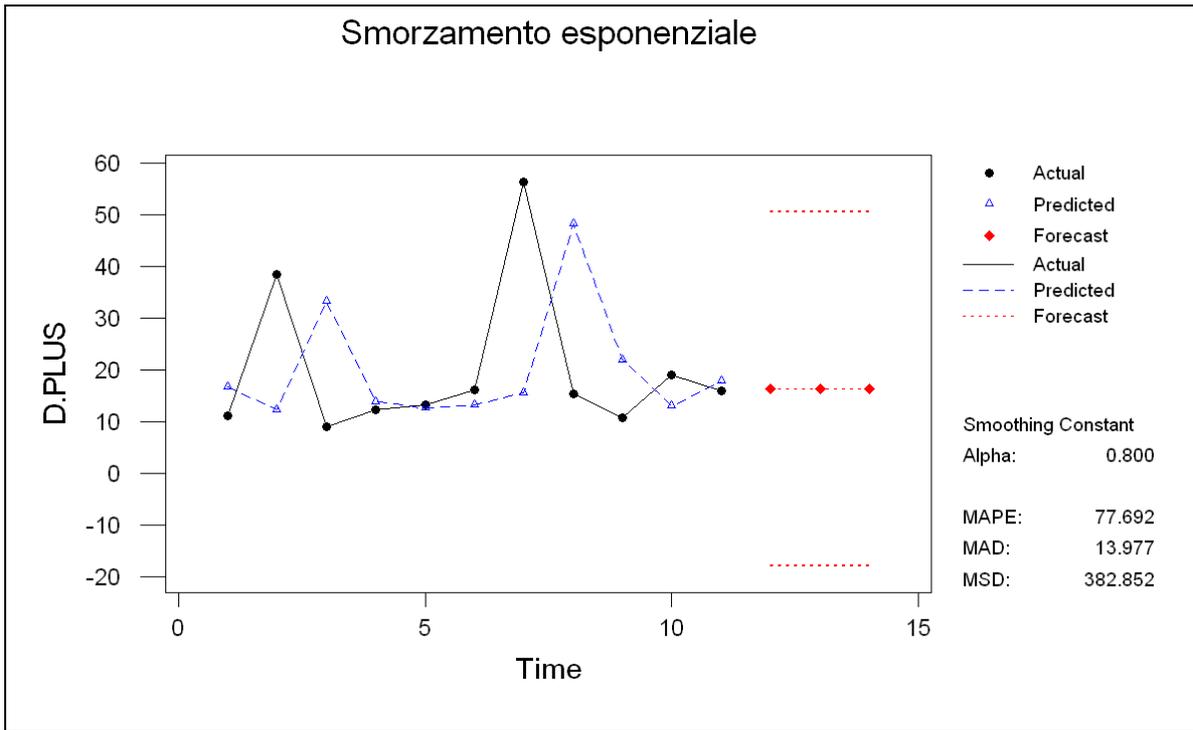
	ROCK	LUX	PLUS	
GENNAIO	85.345	131.449	11.125	227.919
FEBBRAIO	149.520	87.828	38.436	275.784
MARZO	140.809	64.922	9.062	214.793
APRILE	180.513	97.142	12.235	289.890
MAGGIO	176.124	85.267	13.279	274.670
GIUGNO	89.445	71.202	16.162	176.809
LUGLIO	140.962	107.934	56.303	305.199
SETTEMBRE	172.080	107.199	15.343	294.622
OTTOBRE	192.901	121.370	10.773	325.044
NOVEMBRE	97.394	73.774	18.925	190.093
DICEMBRE	148.076	109.025	15.925	273.026
	1.573.169	1.057.112	217.568	2.847.849
	143.015	96.101	19.779	258.895



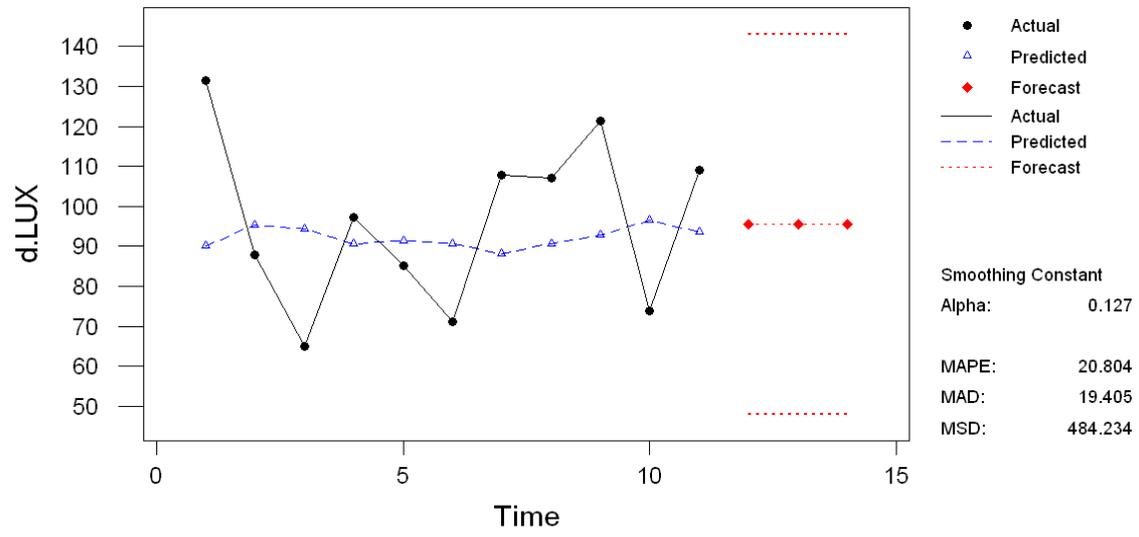
3.2 SMORZAMENTO ESPONENZIALE APPLICATO ALL'AZIENDA DENTAL MANUFACTURING

Con l'ausilio del software MINITAB è stato calcolato lo smorzamento esponenziale per le tre linee di prodotto (ROCK, LUX, PLUS), con due coefficienti di smorzamento. I risultati vengono di seguito messi a confronto:

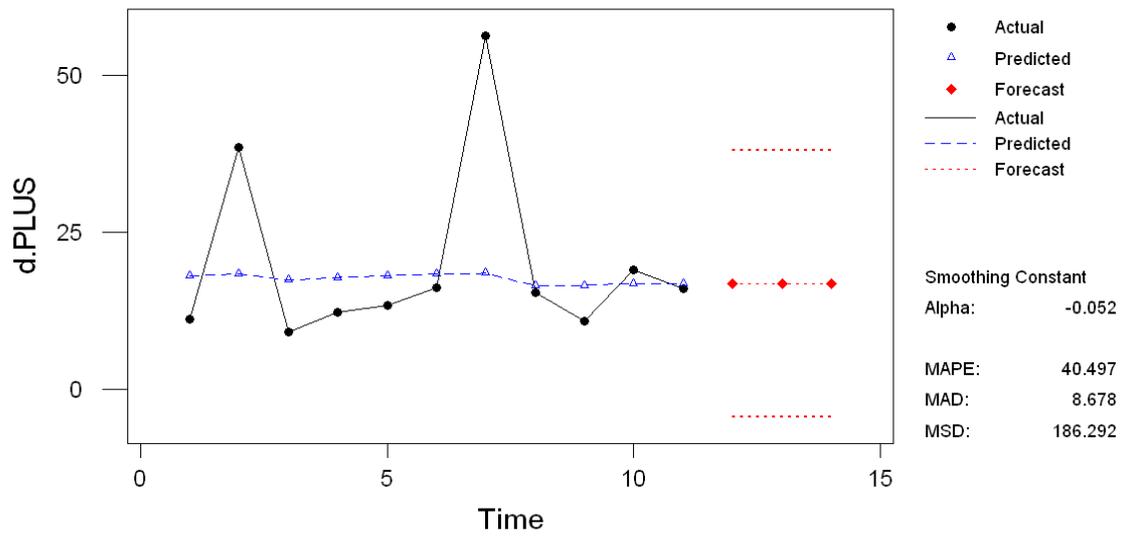




Smorzamento esponenziale



Smorzamento esponenziale



4 Gestione delle scorte

4.1 LE SCORTE

Per un'azienda la gestione delle scorte di magazzino rappresenta un'area critica che ne può fortemente influenzare il risultato economico. Ciò si verifica soprattutto per il trade dove la contrazione dei margini operativi e l'accelerazione dei fenomeni di obsolescenza dei ricambi ha reso, negli ultimi anni, particolarmente critiche le politiche di gestione del magazzino. Una quantità eccessiva di scorte rispetto al fabbisogno, comporta l'immobilizzazione di capitale circolante e di conseguenza maggiori oneri finanziari che vanno ad influenzare il risultato economico; una quantità troppo ridotta può portare, per contro, all'impossibilità di soddisfare in modo tempestivo le richieste della clientela. Appare perciò chiaro che una sana gestione degli approvvigionamenti e degli stock, può e deve essere realizzata in tutte le realtà aziendali, indipendentemente dalla loro dimensione; le tecniche da adottare possono essere concettualmente semplici e poco costose dal punto di vista realizzativo ma idonee a ridurre i costi logistici. Le principali finalità di un buon sistema di gestione delle scorte sono essenzialmente due:

- ⇒ assicurare l'esistenza a magazzino dei materiali necessari all'attività commerciale nel momento in cui essi necessitano;
- ⇒ contenere al minimo gli oneri di gestione del magazzino e i costi di approvvigionamento.

Una corretta gestione delle scorte impone come primo elemento di valutazione l'individuazione del quantitativo minimo di ogni articolo che deve permanere costantemente in magazzino: questo valore è definito scorta minima o scorta di sicurezza ed esprime la quantità limite che deve trovarsi in magazzino al fine di garantire il regolare svolgimento dei processi produttivi e distributivi.

4.2 SISTEMI DI GESTIONE DELLE SCORTE

La gestione dei materiali è uno degli elementi tattici fondamentali della logistica aziendale che si prefigge tre obiettivi fondamentali:

1. garantire la disponibilità del materiale;
2. contenere l'investimento del capitale;
3. contenere i costi logistici.

Il problema è, pertanto, quello di definire l'esatta quantità richiesta in un certo periodo di tempo. I sistemi di gestione dei materiali sono molteplici ma possono essere ricondotti a due categorie fondamentali:

- *sistemi di gestione a fabbisogno*, o criterio look-ahead (guardare avanti);
- *sistemi di gestione a scorta*, o criterio look-back.(guardare indietro).

Queste due categorie fanno riferimento a due differenti criteri per la pianificazione del fabbisogno dei materiali, sulla base del quale può verificarsi l'istante di rilascio di un ordine:

1. un ordine per un certo materiale viene rilasciato perché è stato calcolato che in un istante futuro ci sarà un fabbisogno corrispondente;
2. un ordine per un certo materiale viene rilasciato perché la scorta di quel materiale , a seguito di prelievi per fronteggiare i fabbisogni passati, è diventata troppo piccola rispetto al fabbisogno che è stato pianificato per i periodi futuri.

Tali criteri hanno effetti molto diversi sugli obiettivi aziendali, con la gestione a fabbisogno si riduce la giacenza delle scorte ed i relativi costi ad essa associati dato che i materiali entrano nello stabilimento ad intervalli di tempo gestiti dal piano principale di produzione. Con la gestione a scorta , per evitare fenomeni di mancanza di materiale (stock out), si tende tramite un segnalatore di livello (livello di riordino) ad emettere nuovi ordini in modo che la scorta non sia mai esaurita. (logistica integrata e flessibile)

Esistono due sistemi di gestione delle scorte (metodi puri) a periodo multiplo:

- modelli a quantità d'ordine fissa (detti modelli EOQ, o basati sul lotto economico d'acquisto, oppure modello Q)
- modelli a tempo fisso (definiti anche come metodi a revisione periodica o di riordino a intervallo fisso, oppure modello P)

I sistemi di gestione delle scorte multi-periodo sono progettati per assicurare la costante disponibilità di un articolo nel corso dell'anno. Solitamente l'articolo viene riordinato più volte durante l'anno, in tempi e quantità ottimali, dettati dalla logica del sistema adottato.

L'elemento di distinzione è che i modelli a quantità fissa sono "attivati dall'evento" e i modelli a periodo di tempo fisso sono "attivati dal tempo". In altre parole, con il modello a quantità fissa si segnala l'esigenza di lanciare un ordine al raggiungimento di uno specificato livello di riordino: tale evento, dipendendo dalla domanda del bene considerato può capitare in qualsiasi momento. Al contrario con il modello a periodo fisso l'ordine è ammesso solo alla scadenza di un ciclo predefinito: soltanto lo scorrere del tempo attiva il modello, indipendentemente dalle quantità domandate.

Per usare il modello a quantità fissa, le giacenze devono essere monitorate assiduamente, quindi tale modello è una revisione continua dello stock a magazzino per verificare se si è raggiunto il livello di riordino. Nel modello a tempi fissi, il calcolo delle quantità avviene soltanto nell'istante di reintegro.

Vediamo ora dove possono essere applicati tali modelli prima di passare ad una descrizione più dettagliata:

- Il modello a periodo fisso prevede una maggiore quantità di scorta media per prevenire lo stock out durante il periodo di revisione.
- Il modello a quantità fissa si addice meglio ad articoli costosi perché la quantità media di scorte è inferiore.
- Il modello a quantità fissa si addice meglio ad articoli critici perché esiste un più stretto controllo e quindi una più rapida reazione ad eventuali rotture di stock.
- Il modello a quantità fissa richiede un maggior dispendio di tempo perché prelievo e carico vengono contabilizzati (OM).

4.3 MODELLI A QUANTITA' D'ORDINE FISSA

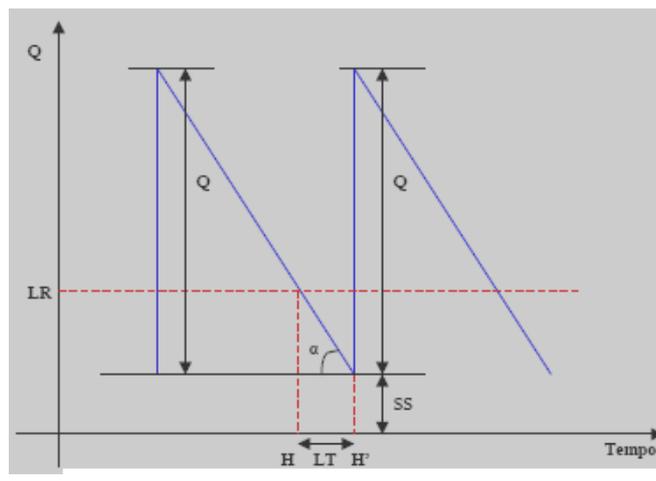
4.3.1 Il punto di riordino

Il punto di riordino rappresenta quel quantitativo di giacenza raggiunto il quale si manifesta la necessità di emettere un ordine al fine di ricostituire la scorta, diminuita per effetto del consumo o della domanda finale. Il punto di riordino coincide quindi con la giacenza sufficiente a far fronte al consumo previsto o alla vendita, durante il tempo di approvvigionamento, o lead-time, noto per ipotesi e costante nell'intervallo di tempo considerato.

Nella figura che vedremo di seguito il lead time è rappresentato dal tempo che intercorre tra l'ordine (H) e l'istante in cui il materiale è disponibile per essere prelevato (H'), D rappresenta il fabbisogno nell'unità di tempo considerato ed è valutata come la tangente dell'angolo alfa, LR rappresenta il livello di riordino ed è quindi rappresentato dalla relazione $LR=LT*D+SS$ dove SS rappresenta la scorta di sicurezza che sarà oggetto di approfondimento.

La domanda nel lead time di reintegro è in realtà una stima o una previsione del consumo atteso delle scorte dal momento di emissione dell'ordine fino alla sua acquisizione.

Infine Q rappresenta il lotto di riordino, che sarà approfondito in seguito.



Per rendere più realistica la situazione, possiamo osservare tre differenti ipotesi di andamento delle giacenze in funzione del tempo di approvvigionamento, nell'istante in cui esse raggiungono il punto di riordino:

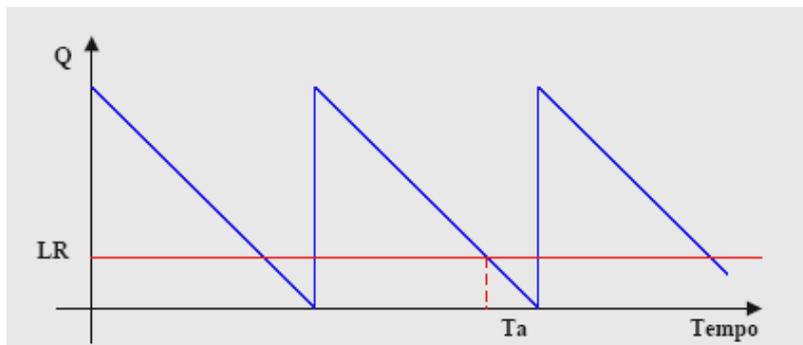


Figura 1

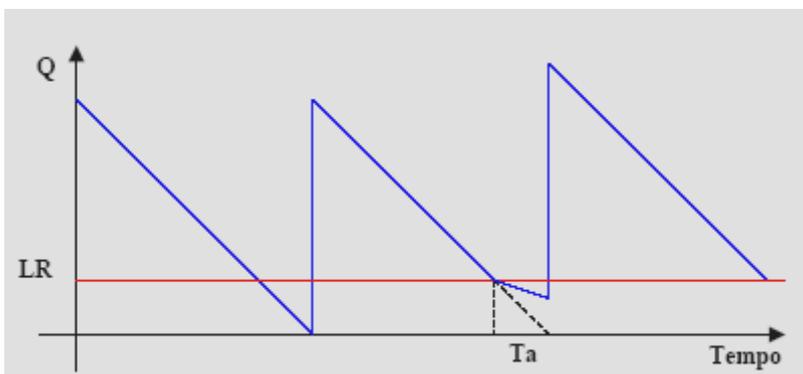


Figura 2

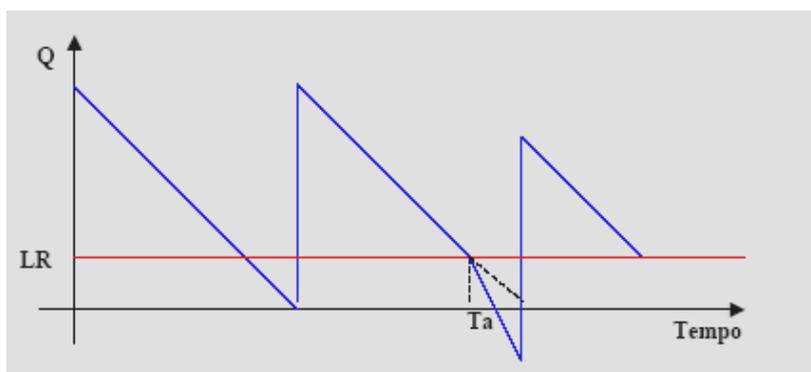


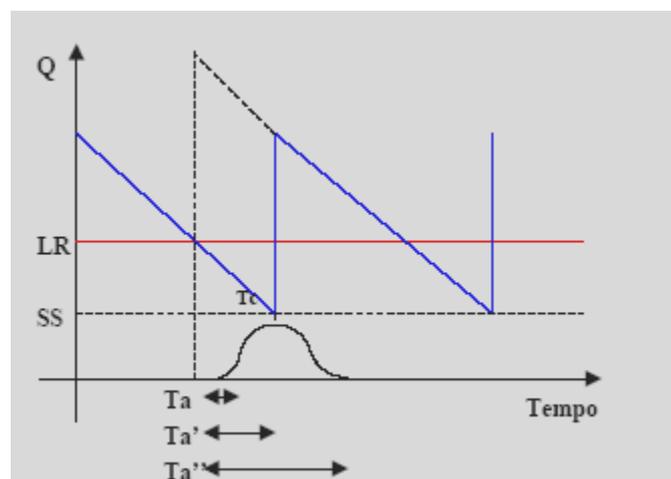
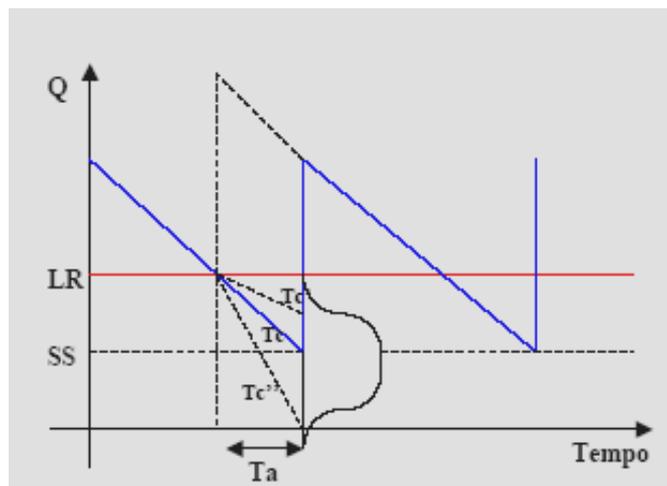
Figura 3

Nel primo caso (figura 1), il consumo nel periodo di approvvigionamento (espresso dalla pendenza della curva) è considerato costante: in tale ipotesi, la scorta di magazzino si esaurisce nello stesso istante in cui arrivano nuove quantità di merci.

Nel secondo caso (figura 2), il consumo durante il periodo di approvvigionamento, risulta inferiore al livello stimato. In questa situazione, quando giungono nuove quantità di merci, la scorta precedente non è completamente esaurita e le giacenze si sommano, andando in eccesso di accumulazione, ovvero in sovra-stock.

Il terzo caso (figura 3), quello più grave, è caratterizzato dal fatto che il consumo si manifesta, nel periodo di approvvigionamento, con livelli superiori a quelli previsti. Questa situazione è in effetti un caso di insufficienza delle scorte, ovvero stock-out.

Possiamo ancora valutare esempi con conseguenze analoghe, considerando anticipi o ritardi rispetto al tempo di approvvigionamento previsto, pur in presenza di livelli costanti di consumo. Osserviamo due casi nelle figure, riferite alla variabilità del tasso di consumo e del tempo di approvvigionamento:



Tali variazioni della domanda, possono essere assorbite da volumi particolari, opportunamente dimensionati, ovvero la scorta di sicurezza.

Per ora, si deve aggiungere a quanto detto, che il punto di riordino si innalzerà, inglobando questa scorta, al fine di garantire la corretta gestione inventariale in presenza di un livello di servizio prefissato.

Si verifica quindi, che la relazione del punto di riordino cambia in questo modo:

$$LR = T_c * T_a + SS$$

Dove T_c rappresenta il tasso di consumo, in unità e T_a il tempo di approvvigionamento

Quindi possiamo concludere che i parametri da dimensionare sono due:

- Il lotto di riordino Q
- Il livello di riordino LR che a sua volta dipende dalla scorta di sicurezza SS .

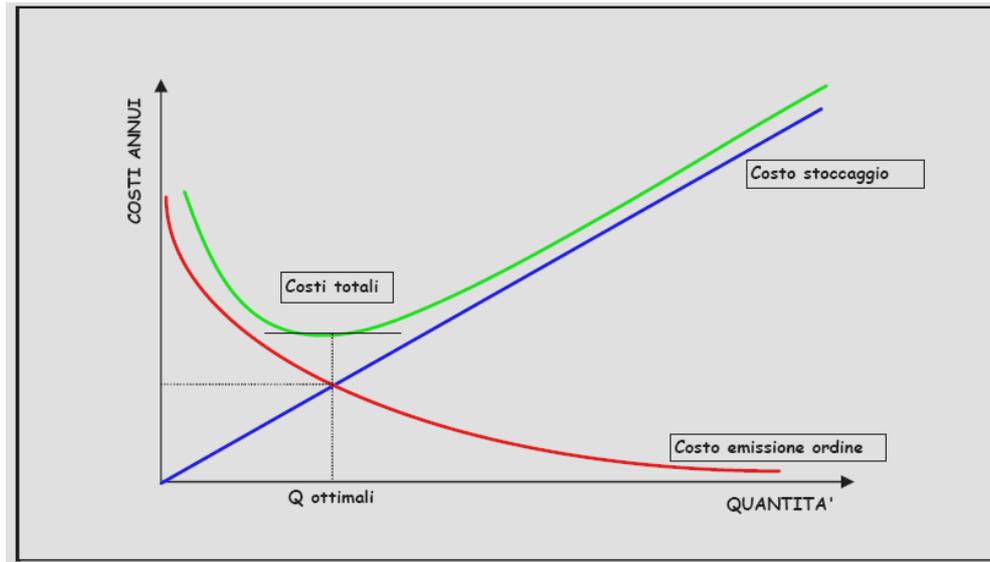
4.3.2 Il lotto economico di acquisto- EOQ (Economic Order Quantity) (logistica integrata e flex)

Lo schema del lotto economico si caratterizza per la richiesta di un continuo controllo della giacenza e per ordini di riassorbimento emessi ad intervalli variabili ma in quantità fisse. Lo schema del lotto economico può essere utilizzato in caso di domanda o consumo dell'articolo costante e deve essere verificata l'ipotesi di indipendenza statistica della domanda

Il modello EOQ si prefigge di stabilire la dimensione ottimale del lotto di acquisto Q attraverso il miglior compromesso tra i seguenti fattori aventi andamenti contrastanti al variare della dimensione del lotto Q :

- ⇒ Il costo di mantenimento a scorta che a parità di domanda D ed essendo proporzionale alla giacenza media, cresce linearmente con Q
- ⇒ Il costo dell'ordine che cala con andamento iperbolico al crescere di Q .

In base a quanto detto, si evince quanto sia importante per una azienda quantificare il lotto economico. In generale si seguono due strade: una, favorevole all'utilizzo di lotti di maggiori dimensioni e l'altra favorevole all'utilizzo di lotti di piccole dimensioni.



Queste due tendenze contrastanti, trovano il loro problema sulla questione relativa ai costi. Infatti, bisogna considerare diversi fattori, sulla base dei quali poter stabilire la dimensione ottimale Q del lotto economico di acquisto:

- ⇒ i costi di mantenimento della scorta, proporzionali alla giacenza media ($Q/2$), graficamente espressi da una retta passante per l'origine, crescente all'aumentare della quantità;
- ⇒ i costi di emissione dell'ordine, proporzionali al numero di ordini emessi ($n = D/Q$), graficamente espressi da una iperbole equilatera, decrescente all'aumentare della quantità;

Per poter applicare tale metodo, bisogna fare alcune ipotesi di base:

- ⇒ la domanda D deve essere nota e costante;
- ⇒ i costi di gestione degli ordini, devono essere noti e costanti;
- ⇒ il costo unitario (costo di acquisto o di produzione) deve essere costante;
- ⇒ il lotto deve essere consegnato in una volta sola, quindi acquisizione istantanea;
- ⇒ il tasso del costo di mantenimento a scorta deve essere noto e costante.

Va inoltre considerato il fatto che la capacità del magazzino non risulta vincolante ai fini del calcolo del lotto Q e si presuppone che il tempo di riordino sia noto e costante.

Cominciamo con il valutare **il costo di gestione degli ordini**.

Indichiamo con C' il costo medio di gestione di un ordine, con Q la dimensione del lotto e con D la domanda del prodotto, possiamo ottenere il costo annuo di gestione degli ordini (C_2) calcolato come segue:

$$C_2 = C' * (D/Q)$$

Per il **costo di mantenimento**, o di giacenza (C_3), indichiamo con H il costo annuo di mantenimento per unità di scorta media, spesso si indica $H=i*C$ dove i è il costo percentuale di mantenimento a scorta e C è il costo d'acquisto.

$$\text{Quindi } C_3 = H * (Q/2)$$

Mentre il **costo per articolo** (C_1), lo valutiamo come prodotto tra la domanda D e il costo unitario per articolo P .

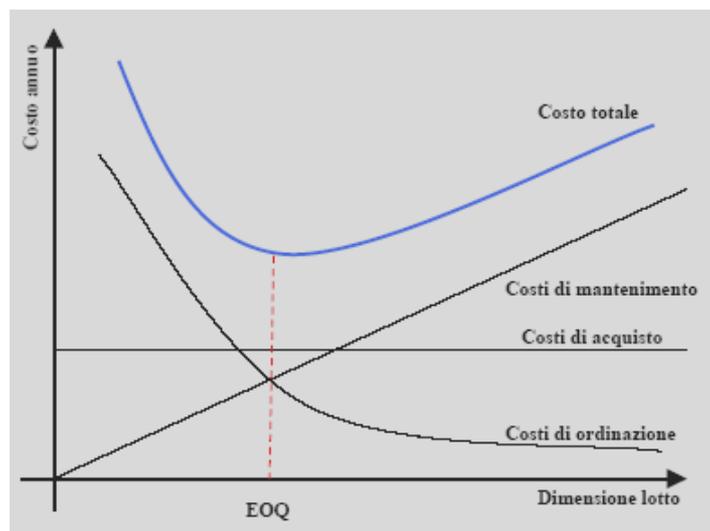
Sommiamo questi termini per ottenere il costo totale C_{tot} :

$$C_{tot} = C_1 + C_2 + C_3 = D * P + C' * (D/Q) + H * (Q/2)$$

Dobbiamo minimizzare questa funzione, quindi calcoliamo la sua derivata prima rispetto a Q , e poniamola uguale a zero.

Otteniamo così il valore del lotto economico di acquisto EOQ:

Possiamo osservare questa situazione in maniera grafica, in corrispondenza del punto di minimo della curva dei costi totali



Una volta noto il valore del lotto economico di acquisto Q , è semplice calcolare il costo minimo unitario:

$$C_{tot} = D \cdot P + C' \cdot (D/Q_{opt}) + H \cdot ((Q_{opt}/2) + S_s)$$

Se si fa riferimento solo ai costi annuali di gestione allora la relazione diventa:

$$C_{tot} = C' \cdot (D/Q_{opt}) + H \cdot ((Q_{opt}/2) + S_s)$$

Nell'applicazione di tale metodo possiamo riscontrare alcune difficoltà relative alla stima dei parametri:

- ⇒ C' costo medio di gestione di un ordine; tale parametro rappresenta il costo che l'azienda sostiene dal momento in cui emette un ordine. Si tratta di un consumo di risorse per tenere i contatti con il fornitore, compilare documenti, ed eseguire controlli sugli stessi. Una volta individuato tale valore esso viene utilizzato come costante di proporzionalità tra costo annuo per emissione ordini e il numero di ordini.
- ⇒ Per quanto riguarda i (costo del denaro), potremmo considerare: l'interesse passivo che fa pagare la banca sulla scoperta di un conto.

4.3.3 Lotto economico di acquisto a valore

Un'altra via da seguire, può essere quella dell'individuazione del lotto economico di acquisto a valore. Con ciò si fa riferimento al valore di impiego ($D \cdot P$) di ciascun materiale oggetto dell'analisi in funzione della previsione di consumo in un arco di tempo:

Il valore di impiego previsto sarà $D_v = D \cdot P$

Indicando con Q_v il lotto economico a valore e ricordando che $Q_{opt} = (2C'D/H)^{1/2}$

$$Q_v = P \cdot (2C'D/H)^{1/2} \quad H = i \cdot P \text{ dove } P \text{ è il prezzo d'acquisto.}$$

$$Q_v = P \cdot (2C'D/i \cdot P)^{1/2} = (2CDP/i)^{1/2} \text{ da cui } Q_v = (2DvC'/i)^{1/2}$$

$$\text{Possiamo anche esprimerlo come : } Q_v = (2C'/i)^{1/2} * D_v^{1/2}$$

Nell'espressione ottenuta possiamo notare come il primo termine non dipenda dal materiale; trattandosi di parametri che dipendono dalla struttura aziendale e quindi tale valore, essendo uguale per tutti i materiali, possiamo esprimerlo come una costante.

Il lotto economico di acquisto a valore di un materiale è una grandezza direttamente proporzionale alla radice quadrata del valore di impiego del materiale $D_v^{1/2}$

4.3.4 I modelli a tempi fissi

In un sistema a tempi fissi, il controllo delle scorte avviene solo ad intervalli predefiniti, per esempio settimane o mesi. Verificare le scorte ed emettere gli ordini ciclicamente è opportuno quando i fornitori visitano regolarmente i clienti e ricevono ordini per intere linee di prodotti, quando la domanda del bene risulti discontinua nel tempo, o quando i clienti vogliono unificare gli ordini per ridurre i costi del trasporto. Altre aziende operano su scadenze fisse per meglio pianificare il controllo degli inventari .

I modelli a periodo fisso generano quantità da ordinare diverse da periodo a periodo, in funzione del tasso di consumo. Esse richiedono generalmente scorte di sicurezza maggiori rispetto a quelle relative ai modelli a quantità fissa . può accadere che una domanda particolarmente elevata azzeri le giacenze immediatamente dopo l'emissione di un ordine, ciò passerebbe inosservato fino al successivo periodo di revisione ecco perché la scorta di sicurezza deve proteggere dallo stock out sia durante il periodo di revisione sia durante il lead time intercorrente tra l'emissione dell'ordine e il ricevimento della merce.

Il criterio di ordinazione a quantità calcolata si articola essenzialmente in due fasi:

- ⇒ nella prima viene determinata l'entità di base di ciascuna commessa, utilizzando opportuni algoritmi ripetitivi
- ⇒ nella seconda fase, i lotti di ordinazione calcolati, vengono opportunamente modificati per tenere conto di eventuali vincoli imposti al problema (ad esempio quantità minime e massime per ordine).

Si possono seguire essenzialmente due metodi:

- ⇒ **metodo del costo minimo unitario CU;**
- ⇒ **metodo del bilanciamento dei costi (economic part period).**

Prima di illustrare i due metodi, è necessario introdurre alcune grandezze. Per determinare i fabbisogni produttivi, dobbiamo trattare il fabbisogno lordo e il fabbisogno netto.

Il fabbisogno lordo è la quantità di prodotti di cui abbiamo complessivamente bisogno e viene così calcolato:

$$FL(t) = FPR(t) + FAD(t)$$

I termini sono espressi tutti in funzione del tempo t. Dalla relazione scritta, abbiamo che FPR rappresenta il fabbisogno primario che deriva dal piano generale di produzione, e FAD rappresenta il fabbisogno addizionale, necessario per soddisfare nuove richieste.

Il fabbisogno netto, invece, è così calcolato :

$$FN(t) = FL(t) - G + IM + SS - OC(t)$$

Dove FL è il fabbisogno lordo, G è la quantità in magazzino o giacenza, IM la quantità impegnata (quantità già disponibile per la vendita), SS la scorta di sicurezza e OC sono gli ordini in corso (materiale ordinato in attesa di essere ricevuto).

Fatta questa premessa, introduciamo i due metodi.

Il **metodo del costo minimo unitario**, consiste nel sommare progressivamente i fabbisogni di ciascun prodotto relativi ai successivi periodi fino a determinare l'istante a cui corrisponde un valore del lotto Q tale da rendere minimo il costo unitario così definito:

$$CU = (C' + C_3)/Q$$

In cui C' è il costo di emissione dell'ordine e C₃ è il costo di mantenimento a magazzino così calcolato:

$$C_3 = H * [\sum FN(t) * (t-1)] \quad Q = \sum FN(t)$$

dove $H = i_p * P$

i_p = percentuale di costo per mantenimento a magazzino relativa ad un periodo.

P = prezzo di acquisto materiale.

(t-1) rappresenta il tempo di immagazzinamento.

Quindi si procede in maniera ricorsiva fino a determinare l'orizzonte temporale a cui corrisponde una dimensione del lotto Q tale da rendere minimo il costo unitario CU.

Il *metodo del bilanciamento dei costi*: l'entità di ciascun ordine viene fissata in maniera tale che il costo totale di immagazzinamento CM del lotto risulti uguale o il più possibile prossimo al costo di C' dell'ordine del lotto stesso.

Questo metodo si può ottimizzare con l'uso delle tecniche Look-back e Look-ahead, le quali si basano sul fabbisogno del periodo immediatamente successivo evitando giacenze lunghe a magazzino.

Si considerano i fabbisogni ai periodi (t) e (t-1):

- *Look-ahead*: $(t^*-1) FN(t^*) \leq FN(t^*+1)$ finché è valida questa relazione conviene immagazzinare. Quando non è più verificata, si emana un nuovo ordine. Al primo membro abbiamo il CM includendo il lotto precedente nel fabbisogno successivo, al secondo membro invece abbiamo il CM non includendo il lotto precedente nel fabbisogno successivo
- *Look-back*: $(t^*-2) FN(t^*-1) > FN(t^*)$ si utilizza questa tecnica se e solo se la tecnica del Look-ahead non va a buon fine al primo tentativo. Il primo membro rappresenta il risparmio, mentre il secondo membro l'aggravio di costo.

Infine si effettua il test addizionale mediante la relazione:

$$(t^*-1) FN(t^*) < EPP$$

EPP è l'Economical Part Period ed è pari al rapporto tra C' e C₃

È usata per evitare che la funzione di analisi risulti influenzata da un eventuale andamento crescente della curva di domanda.

4.4 LA SCORTA DI SICUREZZA

Rappresenta l'ammontare di scorte detenute a magazzino, eccedenti la domanda attesa che, in caso di distribuzione normale, equivarrebbe alla domanda media e può essere stabilita in base a diversi criteri. Con l'approccio più diffuso, l'azienda stabilisce scorte di sicurezza per far fronte alle esigenze di un certo numero di settimane.

In realtà è meglio servirsi di un modello probabilistico che consideri la variabilità della domanda: il modello del lotto economico EOQ di produzione o di acquisto e il modello di gestione "ad intervallo di riordino".

Da questa introduzione si evince il forte legame della scorta di sicurezza con il Lead-Time e il livello di servizio. Teoricamente, la sua dimensione ottimale discende dal confronto tra i costi che l'impresa deve sopportare per mantenere quantità aggiuntive di giacenze con intenti cautelativi e il costo generato da situazioni di insufficienza delle scorte.

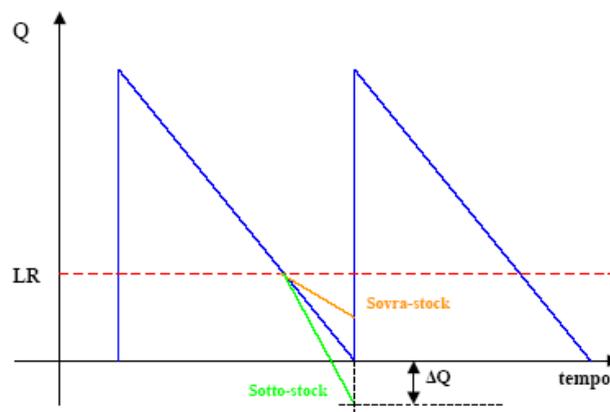
Alla determinazione del valore del livello di riordino concorrono due variabili:

- ⇒ giacenza fisica
- ⇒ quantità ordinata e non ancora ricevuta.

Quindi LR rappresenta la quantità disponibile all'impiego.

Nel caso di domanda costante nell'unità di tempo il livello di riordino è dato dalla relazione $LR = y * LT$ dove y rappresenta il consumo nell'unità di tempo.

Nella realtà la domanda è comunque variabile e può dar luogo a scostamenti, in positivo o in negativo rispetto quanto previsto (vedasi grafico sottostante).



La conseguenza è un accumulo di unità in eccesso (sovrastock) alle quali corrisponde un costo di giacenza non trascurabile; al contrario, quando la domanda effettiva è maggiore rispetto quella prevista, si determina una rottura di stock con ripercussioni sul livello di servizio. La scorta di sicurezza ha quindi lo scopo di fronteggiare una variabilità imprevista, in termini quantitativi, della domanda che potrebbe portare ad uno stock out.

Generalmente questa scorta viene valutata in base al livello di servizio desiderato.

Il livello di servizio LS rappresenta la probabilità di riuscire a far fronte al fabbisogno (ΔQ) eccedente il fabbisogno medio LR corrispondente al lead time d'acquisto (LTa), tra il lancio di un ordine e la disponibilità del materiale .

Esistono due definizioni di livello di servizio:

⇒ *Frequenza relativa o percentuale* di cicli di riordino che possono dar luogo a rotture di stock (RS), indicando con n_{medio} il numero medio di cicli per anno che possono dar luogo a rotture di stock su un totale di n cicli per anno. Quindi se $n_{\text{medio}} = RS$ allora:

$$LS = \frac{n - RS}{n} = 1 - \frac{RS}{n} \quad \text{quindi} \quad RS = n * (1 - LS) \quad n = \frac{D}{Q_{OPT}}$$

⇒ *Fabbisogno effettivamente soddisfatto rispetto al fabbisogno totale di un anno.* Tale definizione è utile per valutazioni economiche. Indicando con D_p la domanda persa a causa dello stockout, allora:

$$LS = \frac{D - D_p}{D}$$

$$\text{dove } D_p = D_{RS} * RS = D_{RS} * (1 - LS) * n$$

Chiaramente queste due definizioni portano a risultati molto diversi dato che nel primo caso viene valutata la frequenza di stock out senza considerare la domanda effettivamente persa, mentre nel secondo si valuta la domanda persa a causa della rottura di stock.

4.4.1 Dimensionamento della scorta di sicurezza

I fattori che principalmente incidono sul dimensionamento della scorta di sicurezza sono:

- ⇒ la variabilità della domanda;
- ⇒ la variabilità del tempo di approvvigionamento;
- ⇒ il tempo di approvvigionamento medio;
- ⇒ il livello di servizio desiderato.

Per ottimizzare i parametri economici mediante la determinazione della scorta di sicurezza, bisogna tener conto della seguente relazione:

$C_{tot} = f(CRS, CGIAC)$ dove:

- ⇒ C_{tot} rappresenta il costo totale annuo dovuto alla gestione della scorta di sicurezza;
- ⇒ C_{GIAC} rappresenta il costo proporzionale all'entità della scorta di sicurezza SS mediamente calcolata nel corso dell'anno:
 $C_{GIAC} = SS * c$ con $c = i * P$ e $i =$ percentuale del prezzo d'acquisto;
- ⇒ C_{RS} rappresenta il costo di mancato servizio a causa della rottura di stock in un anno.
 $C_{RS} = [D_{RS} (1-LS)*n] * C_{MAN}$ dove C_{MAN} rappresenta il costo sostenuto dall'azienda per non aver venduto il materiale.

Si ottiene quindi:

$$C_{tot} = f [CGIAC(SS), CRS(SS)] = \varphi(SS)$$

Dove il problema si riduce nel calcolo del minimo di questa funzione di costo $\varphi(SS)$.

Il livello di servizio è la strada più appropriata in quanto minimizza il trade-off tra costi e benefici, ed è quindi più adatto ad un caso aziendale.

La soluzione scelta nel caso della Dental Manufacturing è rappresentata dal livello di servizio all'85% poiché aumentando questo valore, si avranno costi che non vengono ripagati dai benefici, ma diminuendolo, si sostengono rischi troppo onerosi.

4.5 LA SCORTA DI SICUREZZA IN DENTAL MANUFACTURING

Una questione fondamentale da risolvere in sede di dimensionamento della scorta di sicurezza è il calcolo del lotto economico (EOQ), schema applicabile nel caso in esame dove la domanda del prodotto è supposta costante. Condizione necessaria per l'efficacia di questo modello è la validità delle seguenti ipotesi:

- ⇒ domanda del prodotto (unità/anno) costante;
- ⇒ costo unitario di produzione costante (€/unità);
- ⇒ costo di set-up (€/ordine) costante;
- ⇒ i percentuale di costo per mantenimento a magazzino (%/anno) costante;
- ⇒ capacità dei magazzini: non vincolante.

LOTTO ECONOMICO DI PRODUZIONE E SCORTA DI SICUREZZA			
VARIABILI	LINEE DI PRODOTTO		
	LUX	PLUS	ROCK
P	1,18	1,25	0,86
Y	1.057.112	217.568	1.573.169
y	96.101	19.779	143.015
C ₁	1.247.392,2	271.960	1.352.925,3
C	50	50	50
Q	3.060	2.080	2.190
H	0,3	0,3	0,2
Y/Q	345,5	104,6	718,3
C ₂	17.273,1	5.230	35.917,1
i	25 %	34 %	12 %
GM	280.000	90.000	500.000
EOQ	1.080	397	1.502

Segue

LOTTO ECONOMICO DI PRODUZIONE E SCORTA DI SICUREZZA			
VARIABILI	LINEE DI PRODOTTO		
	LUX	PLUS	ROCK
n	25	50	95
t	9	5	3
TA	21	21	21
SS (k=1)	92.124	19.815	164.588
LR	2.148.404	435.179	3.236.078
RS	3,36	3,36	3,36
D _{RS}	69.050	10.502	123.364
D _P	232.008	35.287	414.503
c1	1.247.392	271.960	1.352.925
c2	30	63	82
c3	27.496	8.506	17.063
cTot	1.274.918	280.529	1.370.070

Dove:

P = costo di produzione di una unità di prodotto (€/prodotto).

Y = domanda annuale del prodotto (prodotto/anno).

y = domanda media (prodotto/mese)

C₁ = P x Y costo annuale di produzione (€/anno).

C = costo di un set-up (€/set-up).

Q = quantità di pezzi per lotto (prodotto/lotto).

H = i x P, costo annuale del magazzinaggio di un pezzo (€/prodotti x anno).

Y/Q = numero di lotti per anno coincidente con il numero di set-up eseguibili in un anno.

C₂ = C x Y/Q.

GM = Giacenza Magazzino

EOQ = Lotto economico di produzione = $\sqrt{\frac{2 \times C \times Y}{i \times p}}$

n = numero di riordini (lotti/anno)

t = intervallo (gg) tra un ordine e il successivo

TA = tempo di approvvigionamento (gg)

SS = scorta di sicurezza (prodotti) = $k \times \sigma_p \times (TA)^{1/2}$

dove:

$$\sigma_p = [\Sigma (Y - y)^2/n]^{1/2}$$

LR = livello di riordino (n° prodotti)

RS = rottura da stock (fuori scorta/anno) = $21 \times (1-0,84)$

D_{RS} = domanda rottura da stock (prodotti x rottura di scorta) = $0,53 \times SS$

D_p = domanda persa per fuori scorta

c1 = costo approvvigionamento (€/anno) = P x Y

c2 = costo riordini (€/anno) = P x n

c3 = costo medio giacenza (€/anno) = i x P x (EOQ/2 + SS)

cTot (€/anno) = c1 + c2 + c3

Se nel magazzino si ha una quantità di pezzi, considerata una scorta sulle vendite di due mesi per l'anno 2008, pari al lotto Q al tempo T1 si avrà una giacenza Q' rispettivamente pari a:

Qt1 = Giacenza annuale – venduto

Quindi:

LUX = $280.000 - 219.277 = 60.723$

PLUS = $90.000 - 49.561 = 40.439$

ROCK = $500.000 - 234.865 = 265.135$

Per determinare il valore ottimale del lotto Q in grado di rendere minimi i costi annuali totali, si utilizza la seguente relazione:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \times C \times Y}{H}} \times \sqrt{\frac{X}{X - Y}}$$

Dove X = produzione giornaliera.

Di seguito si riporta il valore di Qopt per ciascun prodotto:

Prodotto	Qopt
LUX	12.726
PLUS	20.364
ROCK	918.573

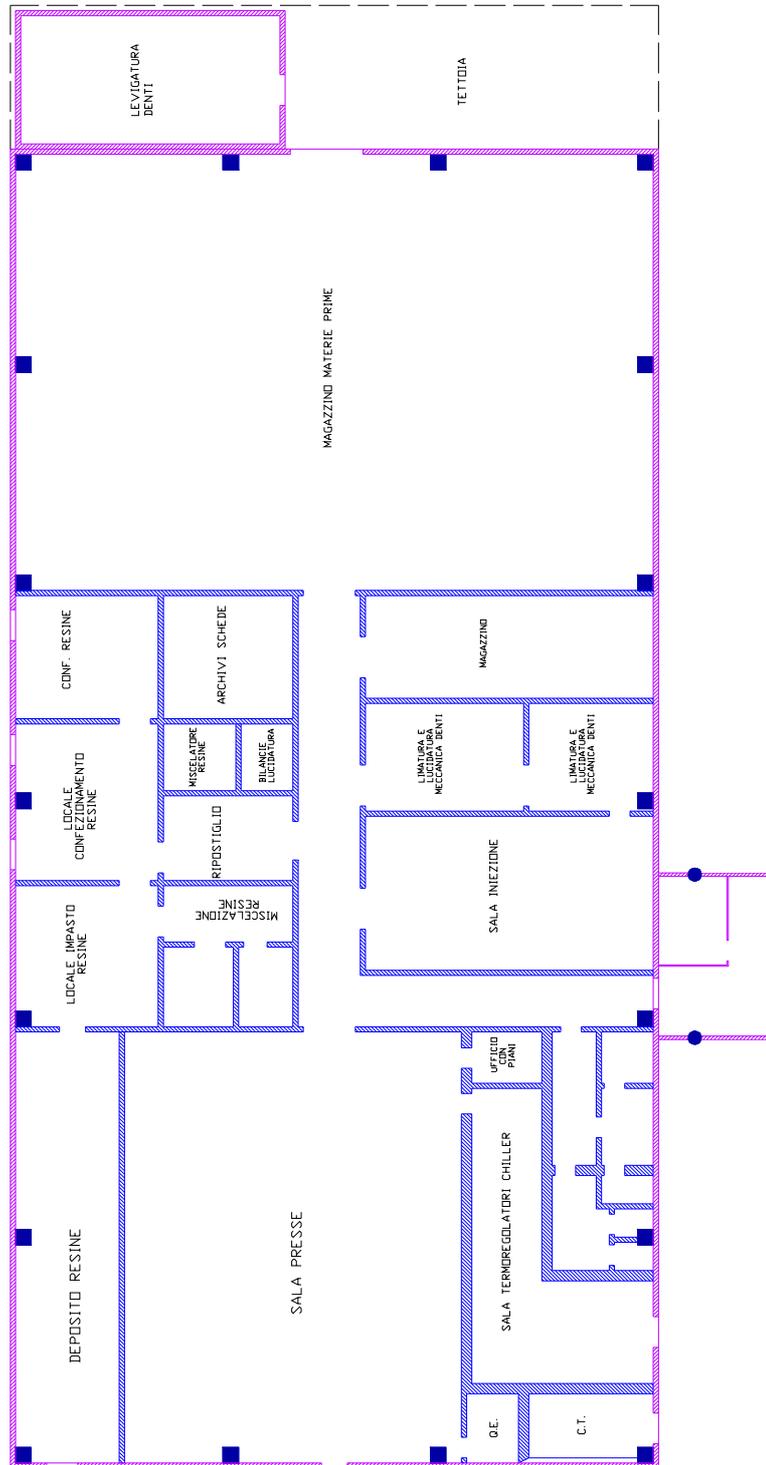
5 STATO DI FATTO DEL MAGAZZINO ATTUALE

Durante i rilievi condotti in azienda sono state individuate quattro tipologie di magazzini:

1. **magazzino materie prime**; riservato al deposito di sostanze quali solventi e prodotti chimici funzionali al ciclo produttivo;
2. **magazzino semilavorati**; contenente prodotti semilavorati e dislocato su una superficie di 60 mq;
3. **magazzino prodotti finiti**; suddiviso in più locazioni dove la separazione avviene sulla base di criteri di vendita. La ricerca del prodotto viene effettuata mediante un apposito dispositivo informatizzato attraverso il quale l'operatore riesce ad individuare la posizione dell'articolo e l'eventuale giacenza in magazzino. La superficie è di 220 mq.
4. **magazzino prodotti vari**; contenente cere per modellazione, collanti, alginati, resine e materiali per l'impronta. La suddivisione avviene per zone dove la catalogazione avviene mediante scaffalature tradizionali o in cassettiere per i prodotti di dimensioni ridotte. La superficie è di 100 mq.

La situazione attuale si è presentata molto complessa dal punto di vista organizzativo vista la molteplicità dei prodotti (circa 22.000) e vista la scarsa capacità ricettiva del magazzino a fronte della produzione in loco e di quella intercontinentale indiana. Il lay out del magazzino viene riportato sulle planimetrie seguenti (in rosso sono indicate le scaffalature).

5.1 PLANIMETRIA DELLO STATO ATTUALE



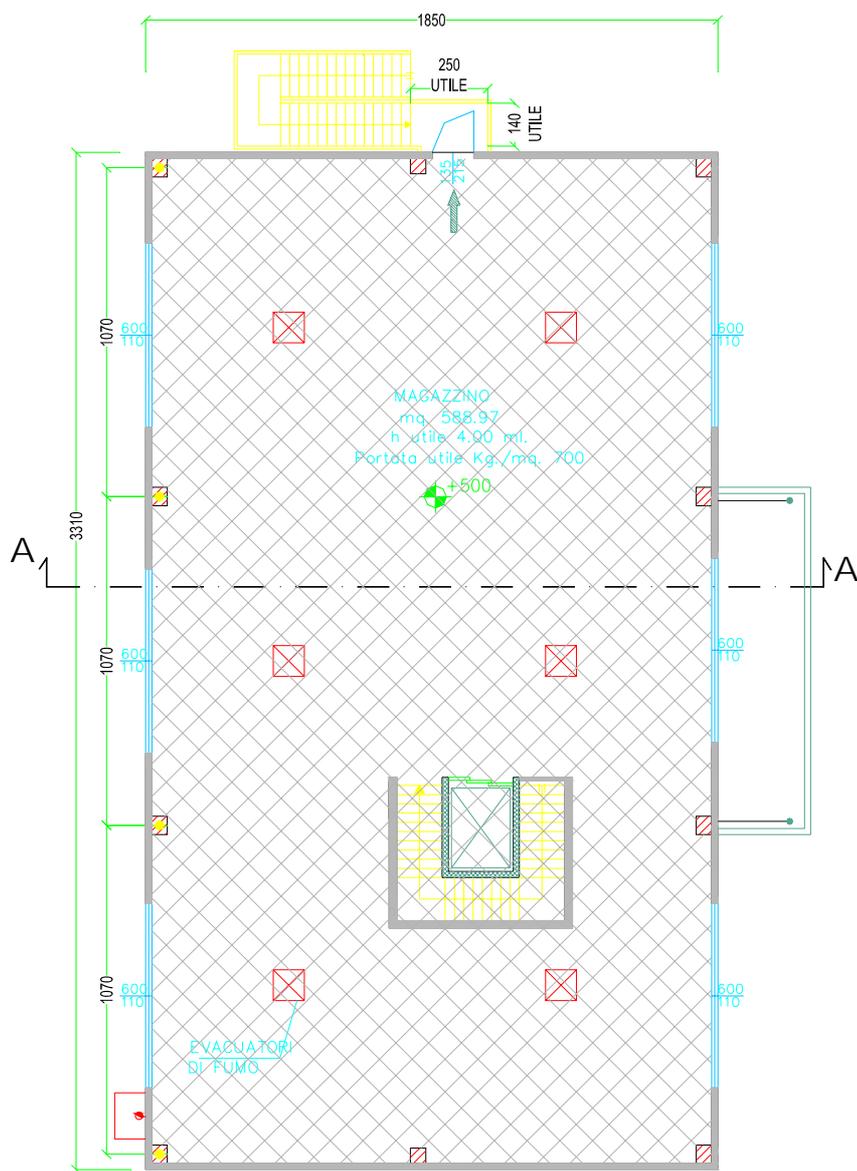
6 PROPOSTE PER LO STATO FUTURO

6.1 PREMESSA

Sulla base delle esigenze aziendali si è deciso di ampliare la zona dedicata a magazzino, progettando un nuovo edificio esterno attiguo all'azienda in modo da consentire un efficiente lavoro e un'ottimizzazione dei flussi logistici. Il progetto riguarda una superficie di 578 mq su due livelli ed è stato effettuato in conformità alle norme tecniche antincendio vigenti ed in particolare alla UNI EN 12845; di seguito vengono riportati alcuni parametri significativi:

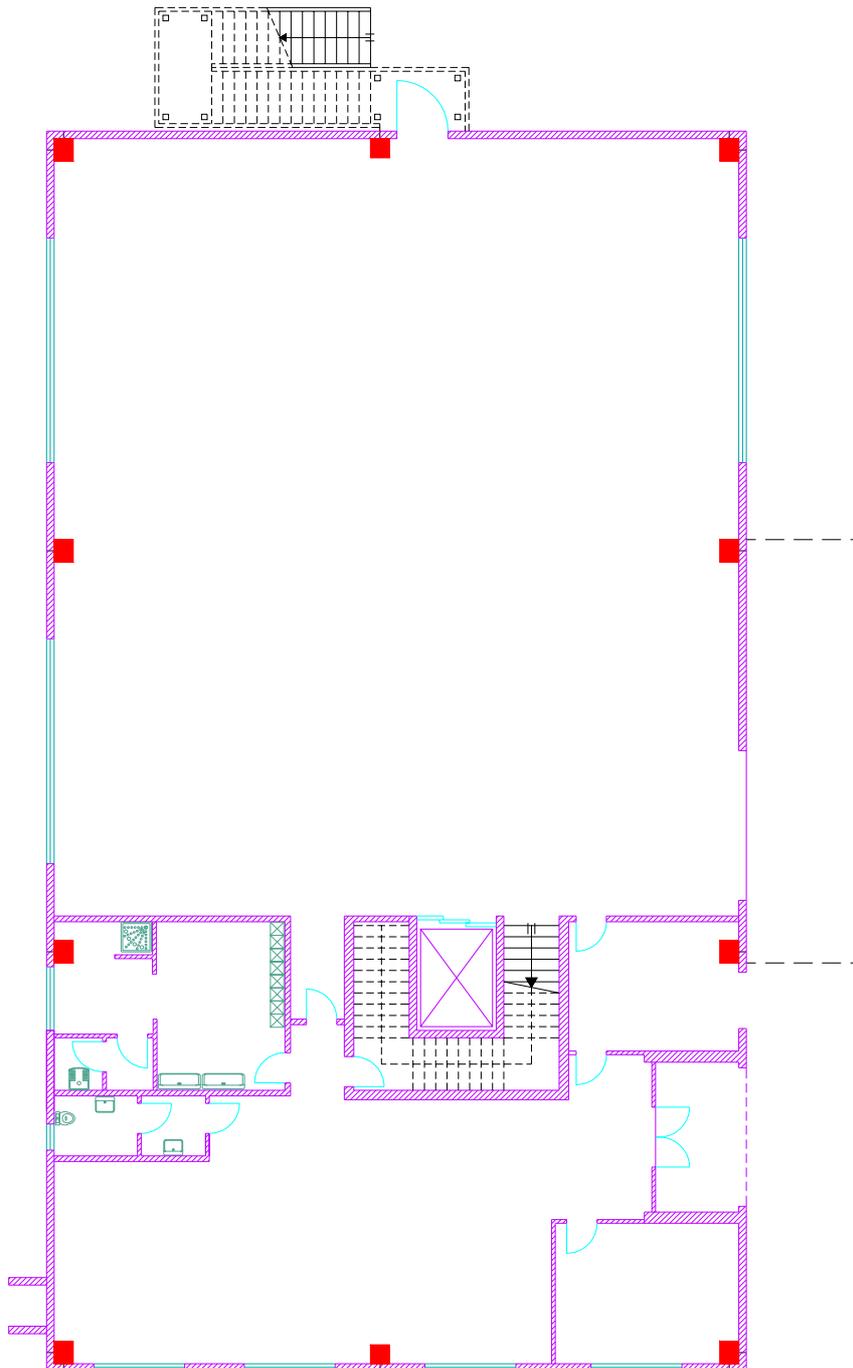
- ⇒ sola protezione a soffitto;
- ⇒ altezza del soffitto (estradosso inferiore costoloni): 4 m.
- ⇒ tipo di stoccaggio: scaffalature piane grigliate.
- ⇒ Configurazione di immagazzinamento: superficie a vista in plastica non espansa (denti in piccole confezioni di cartone).
- ⇒ Altezza massima di impilamento consentita: 3,2 m.
- ⇒ Larghezza minima corridoi di separazione tra scaffali: 1,2 m.
- ⇒ Larghezza massima scaffali: 1m.

6.2 PLANIMETRIA STATO FUTURO



PIANTA PIANO PRIMO

-  Area magazzino
-  Area uffici
-  Area servizi



Piano terra

6.3 ERGONOMIA DELLA POSTAZIONE DI LAVORO

Generalmente le operazioni di picking sono eseguite manualmente dagli operatori per cui è importante, al momento di progettare un magazzino, tener presente i criteri d'ergonomia per facilitare le loro manovre.

Come riportato nella figura a lato, sono stati identificati i pesi limite raccomandati sulla base dell'altezza delle braccia e della loro estensione.

Nel caso specifico, il peso delle scatole è inferiore al Kg e non rappresenta quindi un rischio per la salute dell'operatore a prescindere dagli altri due parametri suddetti. Ciò nonostante, per una maggiore comodità si cercherà comunque di far effettuare all'operatore le operazioni di prelievo ad un'altezza non eccessiva. A tal fine verrà acquistata una scala a castello mobile in alluminio (vedasi immagine sottostante).



Scala a castello mobile

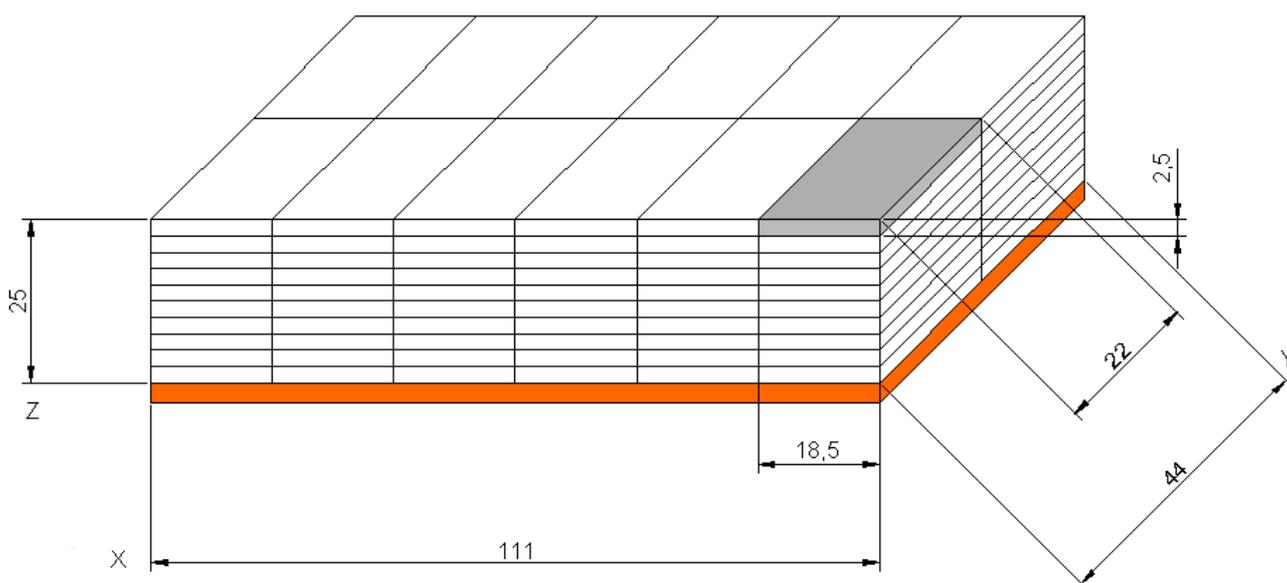
6.4 PRIMA PROPOSTA: MAGAZZINO MANUALE CON SCAFFALATURE TRADIZIONALI

La valutazione è stata condotta considerando il riutilizzo delle attuali scaffalature tradizionali piane e riducendo così i costi diretti di acquisto.

Di seguito vengono riportate le dimensioni reali della singola scaffalatura e quelle effettive tenuto conto dell'ingombro della struttura (es. montanti).

	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)
Dimensioni reali	120	50	40
Dimensioni effettive	111	44	25

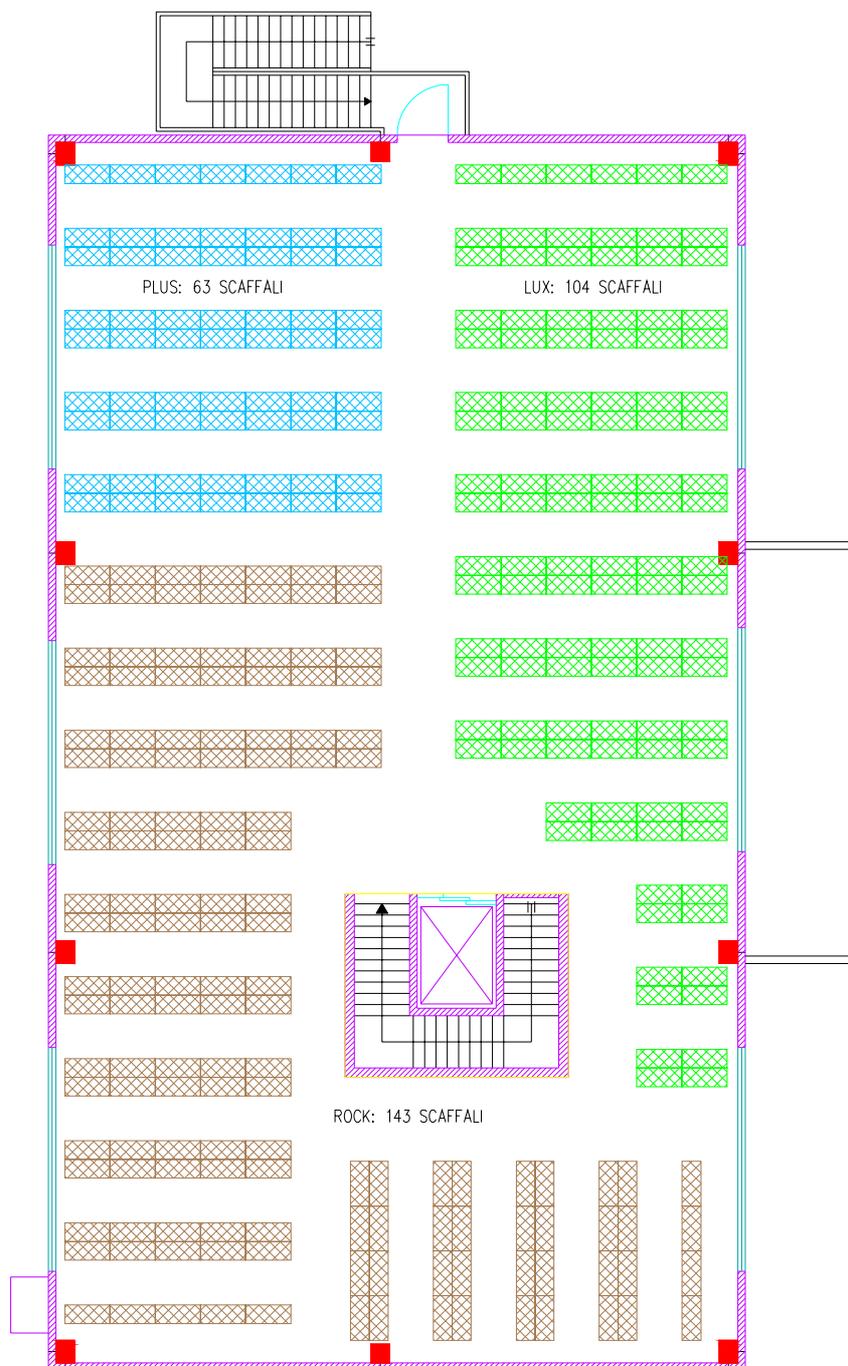
L'unità di carico è rappresentata da scatole di cartone con dimensioni pari a: 18,5 cm x 22 cm x 2,5 cm. Di seguito si riporta la simulazione di un vano.



I ripiani di ciascuna scaffalatura sono nove (9) in modo che l'ultima scatola si trovi all'altezza di 330 cm (tenuto conto che il primo ripiano si trova a 10 cm da terra), raggiungibile dall'operatore con l'impiego di una scala a castello (vedasi anche immagine alla pagina precedente).

Di seguito viene riportato il lay out del magazzino con la disposizione delle scaffalature e corridoi di dimensioni pari a 120 cm, trasversali al corridoio centrale di dimensioni pari a 200 cm e direzione assiale alla via d'uscita prevista.

Il criterio di immagazzinamento segue la logica LIFO (Last-in, first-out).



Questa politica di allocazione fisica consiste nell'assegnare alle varie referenze le posizioni di prelievo e di carico indistintamente mantenendo una correlazione tra le referenze dei prelievi congiunti che vengono stoccati in posizioni adiacenti. Il vantaggio che deriva dalla percorrenza trasversale nel senso di attraversamento completo di ogni corridoio in cui è previsto almeno un prelievo e/o prelievi contemporanei sui due lati è quello di minimizzare la percorrenza complessiva ordinando i prodotti in base a valori crescenti di frequenze di prelievo.

Nello specifico, per ogni linea produttiva, sono state effettuate le seguenti analisi:

PROPOSTA 1	LINEA PRODOTTO	NR SCAFFALI	INGOMBRO SINGOLO SCAFFALE MQ.	NR CORRIDOI	SUPERFICIE ZONA (MQ)	SUPERFICIE REALE UTILIZZO (MQ)	SCATOLE PER SCAFFALE	TOTALE SCATOLE
	PLUS	63	0,60	5	84	37,80	1.080	68.040
	LUX	104	0,60	12	144	62,40	1.080	112.320
	ROCK	143	0,60	15	190	85,80	1.080	154.440
CAPACITA' TOTALE								334.800

Dove la Superficie reale di utilizzo (mq) = n° scaffali x Ingombro singolo scaffale (mq).

A questo punto viene calcolato l'indice di saturazione superficiale:

$$I_s = \frac{N^{\circ} \text{ unità di carico}}{A_t}$$

Dove A_t è la superficie totale del magazzino al netto degli spazi inutilizzati:

⇒ <i>corridoio centrale</i>	32 mq
⇒ <i>area attigua montacarichi</i>	92 mq
⇒ <i>area montacarichi</i>	30 mq
⇒ <i>corridoi laterali</i>	(9 + 10 + 18) = 37 mq
⇒ <i>pilastrini</i>	3 mq
⇒ TOTALE	194 mq

$$A_t = 384 \text{ mq}$$

$$I_s = 334.800 / 384 = 871,9 \text{ unità/mq}$$

Di seguito si riporta la suddivisione percentuale della superficie in riferimento alle vendite per l'anno 2008:

Linea di Prodotto	% Superficie dedicata (mq)
rock	212,1
lux	142,5
plus	29,3

Un altro parametro significativo è l'*Indice di selettività*:

$$I_{SL} = \frac{N_{DIR}}{N_{TOT}}$$

Dove:

- N_{DIR} rappresenta il numero di unità di carico che si possono prelevare direttamente senza spostare le altre;
- N_{TOT} è il numero totale di scatole.

Nel nostro caso risulta:

$$I_{SL} = 0,05$$

6.4.1 Vantaggi e svantaggi

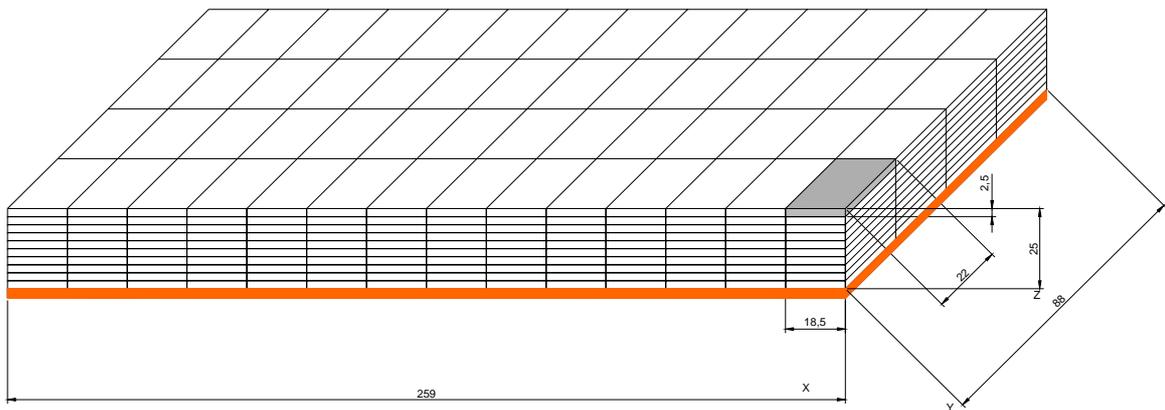
In questo caso l'unico vantaggio è il risparmio economico derivante dal riutilizzo delle scaffalature esistenti, per contro si registra un'elevata possibilità di interferenze tra le operazioni di carico e prelievo effettuate indistintamente su entrambi i lati della scaffalatura.

6.5 SECONDA PROPOSTA: MAGAZZINO MANUALE CON SCAFFALATURE PICKING (PARALLELE AL CORRIDOIO CENTRALE)

La presente soluzione consiste in un sistema di stoccaggio con picking manuale seguendo il principio “uomo verso merce”. Le scaffalature sono parallele al corridoio centrale e formate da spalle verticali e correnti orizzontali con ripiani. Di seguito vengono riportate le dimensioni reali della singola scaffalatura e quelle effettive tenuto conto dell’ingombro della struttura (es. montanti).

	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)
Dimensioni reali	270	90	30
Dimensioni effettive	259	88	25

L’unità di carico è rappresentata da scatole di cartone con dimensioni pari a: 18,5 cm x 22 cm x 2,5 cm. Di seguito si riporta la simulazione di un vano.



I vantaggi di questo sistema sono:

- ⇒ facile montaggio;
- ⇒ grande versatilità.

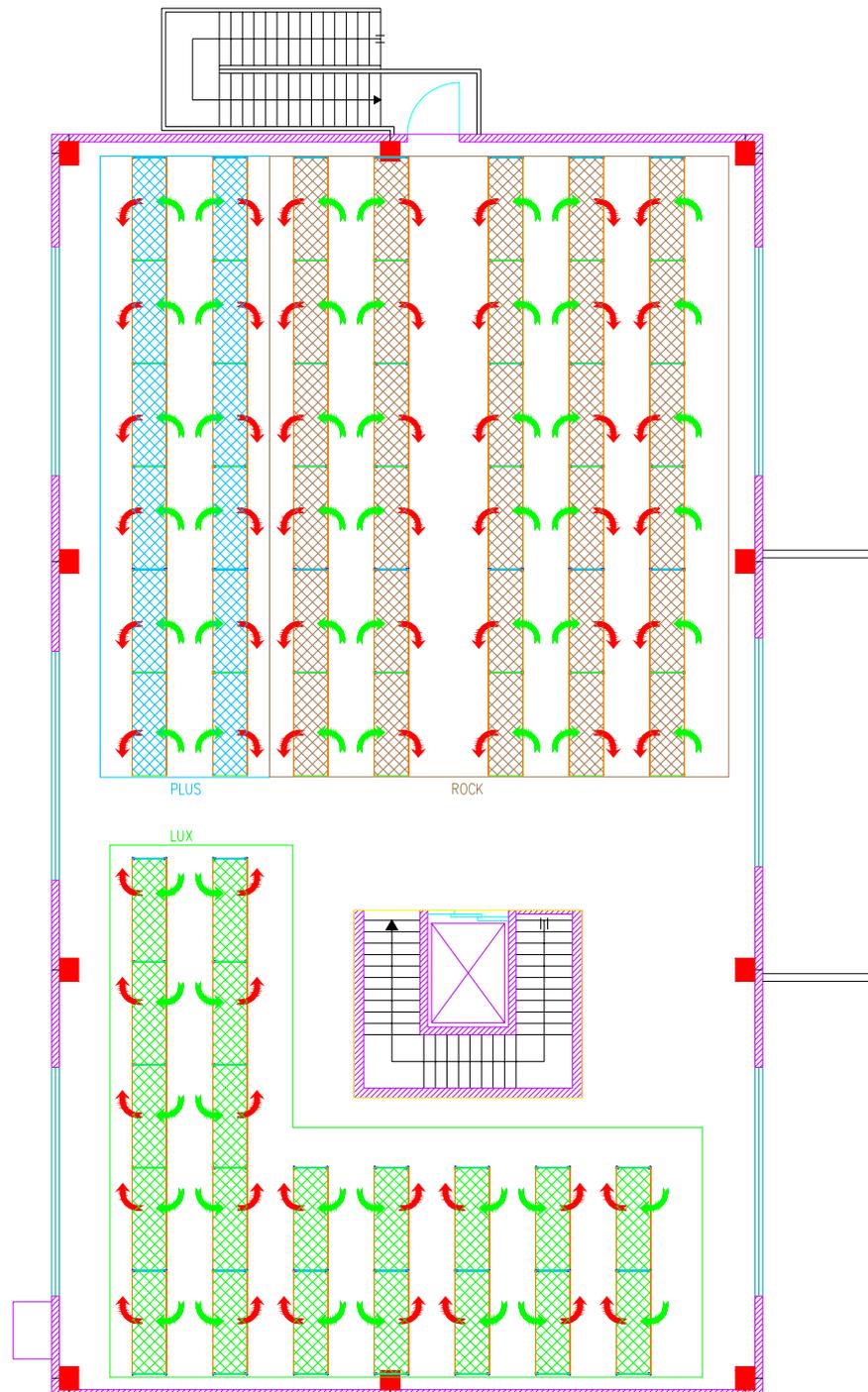
Inoltre il corridoio di servizio non rappresenta più solo una via d’uscita ma anche un’area di manovra per le operazioni di carico e scarico.

I ripiani di ciascuna scaffalatura sono dieci in modo che l’ultima scatola si trovi all’altezza di 300 cm, raggiungibile dall’operatore con l’impiego di una scala a castello (vedasi anche immagine del paragrafo 6.2). Nell’immagine a lato viene rappresentata questa tipologia di scaffalatura anche se il numero di ripiani è tre contro i dieci del nostro caso.



Di seguito viene riportata la planimetria del magazzino con la disposizione delle scaffalature con i corridoi tra scaffali di dimensioni pari a 120 cm paralleli al corridoio centrale di dimensioni pari a 200 cm e direzione assiale alla via d'uscita prevista.

Il criterio di immagazzinamento segue la logica FIFO (First-in, first-out).



Questa tipologia di allocazione assegna distintamente le posizioni di prelievo e di carico mantenendo sempre la correlazione tra le referenze dei prelievi congiunti che vengono stoccati in posizioni adiacenti. La percorrenza longitudinale consente agli operatori una maggiore varietà di percorsi evitando il passaggio obbligato per il corridoio centrale che per ipotesi è stato pensato come corridoio di lavoro e non di servizio.

Nello specifico, per ogni linea produttiva, sono state effettuate le seguenti analisi:

PROPOSTA 2	LINEA PRODOTTO	NR SCAFFALI	INGOMBRO SINGOLO SCAFFALE MQ.	NR CORRIDOI	SUPERFICIE ZONA (MQ)	SUPERFICIE REALE UTILIZZO (MQ)	SCATOLE PER SCAFFALE	TOTALE SCATOLE
	PLUS	12	2,43	2,5	72	29,16	5.600	67.200
	LUX	20	2,43	8,0	136	48,60	5.600	112.000
	ROCK	30	2,43	5,5	195	72,90	5.600	168.000
CAPACITA' TOTALE								347.200

Dove la Superficie reale di utilizzo (mq)= n° scaffali x Ingombro singolo scaffale (mq).

A questo punto viene calcolato l'indice di saturazione superficiale:

$$Is = \frac{\text{N° unità di carico}}{At}$$

Dove *At* è la superficie totale del magazzino al netto degli spazi inutilizzati ed è pari a **402 mq**

$$Is = 347.200 / 402 = 863,7 \text{ unità/mq}$$

Di seguito si riporta la suddivisione percentuale della superficie in riferimento alle vendite per l'anno 2008:

Linea di Prodotto	% Superficie dedicata (mq)
rock	222,1
lux	149,2
plus	30,7

Un altro parametro significativo è l'*Indice di selettività*:

$$I_{SL} = \frac{N_{DIR}}{N_{TOT}}$$

Dove:

- N_{DIR} rappresenta il numero di unità di carico che si possono prelevare direttamente senza spostare le altre;
- N_{TOT} è il numero totale di scatole.

Nel nostro caso risulta:

$$I_{SL} = 0,025$$

6.5.1 Vantaggi e svantaggi

In questo caso i vantaggi sono la separazione tra le operazioni di carico e prelievo effettuate su un lato o sull'altro della scaffalatura e l'utilizzo del corridoio centrale come sede di lavoro e non di servizio. Gli svantaggi sono innanzitutto il costo di acquisto delle nuove tipologie di scaffalatura e l'eccessiva lunghezza dei corridoi di lavoro che impone percorsi forzati con il conseguente aumento dei tempi di percorrenza e di preparazione dell'ordine.

6.6 TERZA PROPOSTA: MAGAZZINO MANUALE CON SCAFFALATURE PICKING (PERPENDICOLARI AL CORRIDOIO CENTRALE)

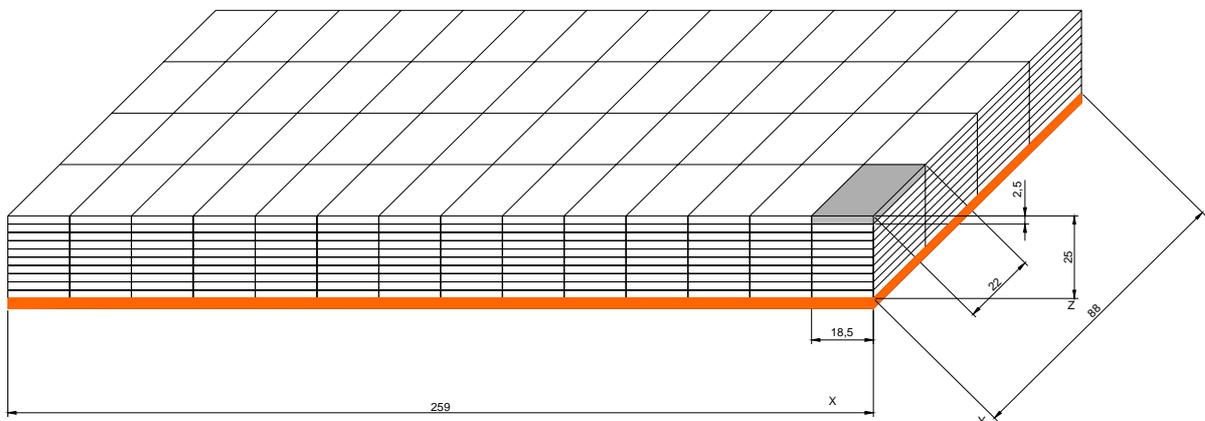
La presente soluzione consiste in un sistema di stoccaggio con picking manuale seguendo il principio “uomo verso merce”. Le scaffalature sono trasversali al corridoio centrale e formate da spalle verticali e correnti orizzontali con ripiani di rete metallica che si appoggiano sulla struttura ideati per facilitare il passaggio dell’acqua nel caso si attivi l’impianto antincendio.

Di seguito vengono riportate le dimensioni reali della singola scaffalatura e quelle effettive tenuto conto dell’ingombro della struttura (es. montanti). Considerato che in prossimità del montacarichi si riduce lo spazio disponibile, si è deciso di adottare in queste aree scaffalature di dimensioni ridotte.

SCAFFALATURE CON X = 270			
	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)
Dimensioni reali	270	90	30
Dimensioni effettive	259	88	25

SCAFFALATURE CON X = 230			
	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)
Dimensioni reali	230	90	30
Dimensioni effettive	219	88	25

L’unità di carico è rappresentata da scatole di cartone con dimensioni pari a: 18,5 cm x 22 cm x 2,5 cm. Di seguito si riporta la simulazione di un vano.

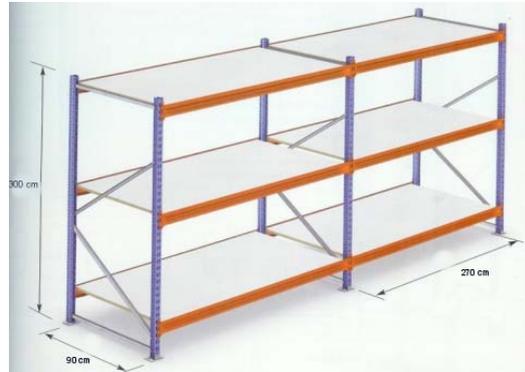


I vantaggi di questo sistema sono:

- ⇒ facile montaggio;
- ⇒ grande versatilità.

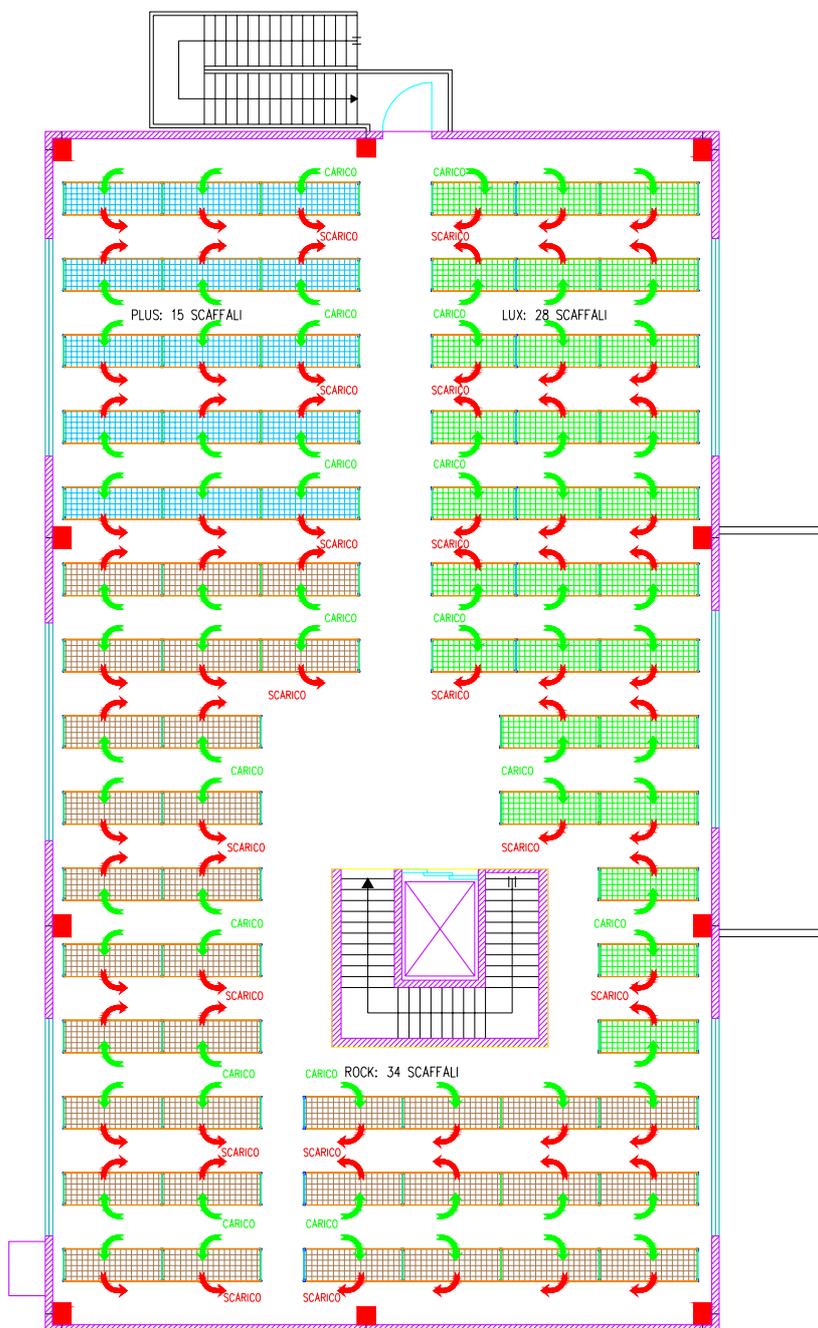
Inoltre il corridoio di servizio non rappresenta più solo una via d'uscita ma anche un'area di manovra per le operazioni di carico e scarico.

I ripiani di ciascuna scaffalatura sono dieci in modo che l'ultima scatola si trovi all'altezza di 300 cm, raggiungibile dall'operatore con l'impiego di una scala a castello (vedasi anche immagine del paragrafo 6.2). Nell'immagine a lato viene rappresentata questa tipologia di scaffalatura anche se il numero di ripiani è tre contro i dieci del nostro caso.



Di seguito viene riportata la planimetria del magazzino con la disposizione delle scaffalature con i corridoi tra scaffali di dimensioni pari a 120 cm paralleli al corridoio centrale di dimensioni pari a 200 cm e direzione assiale alla via d'uscita prevista.

Il criterio di immagazzinamento segue la logica FIFO (First-in, first-out).



Di seguito si riporta la suddivisione percentuale della superficie in riferimento alle vendite per l'anno 2008:

Linea di Prodotto	% Superficie dedicata (mq)
rock	215,2
lux	144,6
plus	29,8

Un altro parametro significativo è l'*Indice di selettività*:

$$I_{SL} = \frac{N_{DIR}}{N_{TOT}}$$

Dove:

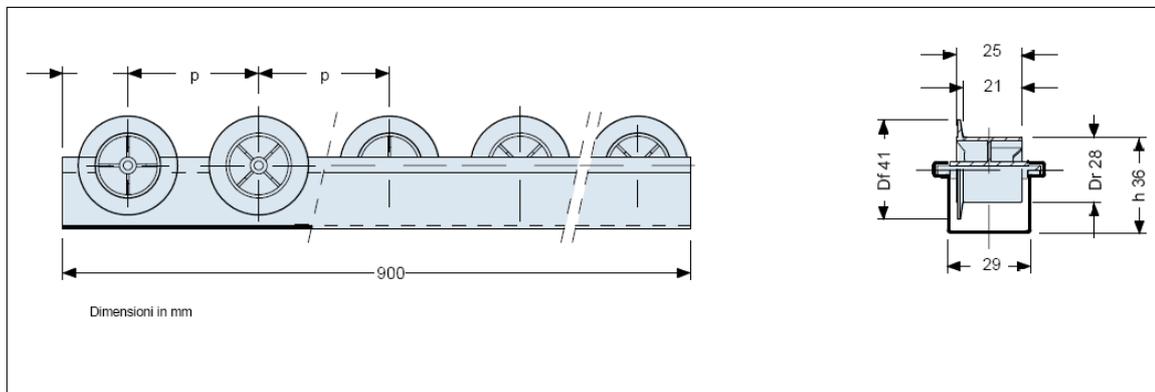
- N_{DIR} rappresenta il numero di unità di carico che si possono prelevare direttamente senza spostare le altre;
- N_{TOT} è il numero totale di scatole.

Nel nostro caso risulta:

$$I_{SL} = 0,02$$

6.6.1 Profili a rullini

A quest'ultima proposta è applicabile l'optional di inserimento di rulliere per consentire meccanicamente le operazioni di carico e scarico, in particolare adottando i componenti di figura



Essi sono montati in formazione a più file parallele tra loro, in funzione del tipo di oggetto da movimentare, entro speciali pettini e quindi fissati su telai autoportanti completi di piano di posa, di espositore per il prelievo e di guide d'introduzione regolabili. I telai sono a loro volta bloccati in pendenza, su più livelli, a coppie di spalle autoportanti verticali. Risulta così composta una struttura solida e compatta con piani di scorrimento ideali e silenziosi. Il flusso dei materiali si succede ininterrottamente secondo il sistema logistico **FIFO (First In-First-Out)**, cioè:

il primo collo introdotto sarà il primo ad essere prelevato.

6.6.2 Vantaggi e svantaggi

Con questa soluzione, ed in particolare con l'optional rulliere, la merce si deposita in un estremo e scorre da sola fino al lato opposto sulla corsia d'uscita. Questo sistema garantisce la perfetta rotazione del prodotto, evitando interferenze nei compiti di approvvigionamento e raccolta di materiale ed aumenta la velocità di preparazione degli ordini. Si tratta di un sistema di picking dinamico che richiede una corsia per il carico o riapprovvigionamento ed una per la preparazione.

Vantaggi:

- ⇒ Perfetta rotazione (sistema FIFO); la prima merce che entra è anche la prima che esce;
- ⇒ Maggior numero di referenze;
- ⇒ Diminuzione del tempo; poiché nella parte frontale della scaffalatura si trova un numero maggiore di referenze, il tempo impiegato nella preparazione degli ordini si riduce in maniera considerevole, giacché i tragitti per accedere alle diverse referenze sono molto più corti;
- ⇒ Possibilità di installare un sistema "pick to light" che consiste nel collocare nella parte frontale delle scaffalature dei dispositivi automatici connessi al sistema di gestione del magazzino che indicano all'operatore da dove prendere la merce per l'ordine che sta preparando e in quale quantità senza bisogno di supporto cartaceo. Con questo sistema si incrementa il rendimento degli addetti e si limitano gli errori.

L'unico svantaggio è rappresentato dal costo di acquisto delle nuove tipologie di scaffalatura e degli optional (rulliere).

7 CONCLUSIONI

Il magazzino rappresenta la struttura logistica costituita da locali, attrezzature e personale in grado di ricevere materie, merci, prodotti e di custodirli, conservarli e renderli disponibili per lo smistamento, la produzione e la consegna. La sua funzione è quella di separare due o più segmenti del processo produttivo e distributivo, dotati di differenti dinamiche al fine di ottenere una riduzione dei costi, garantire la capacità di stoccaggio e assicurare il flusso delle materie, dei componenti e dei prodotti.

E' possibile immaginare il magazzino come un serbatoio di un'azienda in quanto consente di conciliare le esigenze di approvvigionamento con quelle di utilizzazione di determinati materiali e le esigenze di produzione con quelle di vendita di determinati prodotti finiti.

E' perciò opportuno che le strutture fisiche da destinare a deposito debbano essere realizzate in modo da sfruttare il più possibile lo spazio disponibile e assicurare la migliore conservazione delle scorte.

Il lavoro è stato orientato allo sviluppo di modelli di simulazione del lay out di un nuovo magazzino manuale all'interno di un'azienda del comparto chimico, Dental Manufacturing S.p.a, produttrice di denti in resina. Lo stato attuale presenta una situazione molto complessa; le cause sono sostanzialmente:

- ⇒ la varietà di articoli, infatti i denti in resina commercializzati vengono prodotti su tre linee in una gamma molto vasta di colori e forme (triangolare, quadrangolare, ovoidale, affusolata) a seconda dei parametri estetici richiesti dal mercato;
- ⇒ la dislocazione delle aree di deposito, che viene effettuata su più locali dell'azienda a causa della carenza di spazi.

Il sistema di immagazzinamento adottabile è rappresentato da scaffalature metalliche per picking per stoccare carichi leggeri, formate da spalle verticali e ripiani orizzontali che permettono di collocare la merce frazionata o in contenitori di piccole dimensioni. Nel caso specifico si tratta di scatole di cartone con dimensioni (cm) 18,5 x 22 x 2,5.

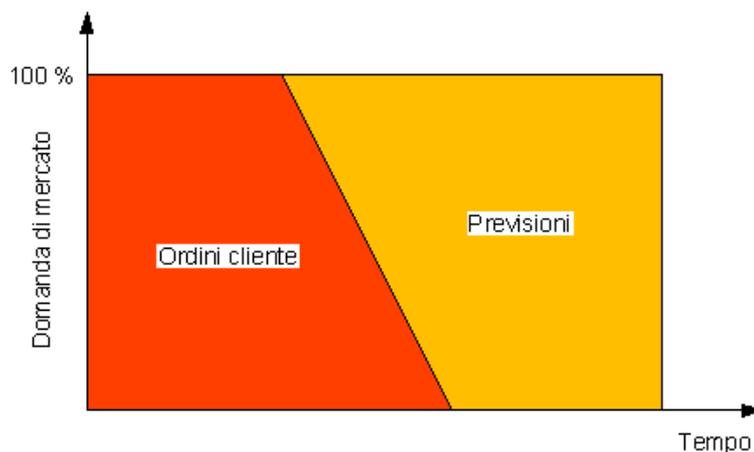
Generalmente le operazioni di picking vengono eseguite manualmente dagli operatori ed è pertanto importante, in fase di progettazione del magazzino, tener conto dei principi di ergonomia per facilitare le operazioni di prelievo e deposito; è stata quindi fissata l'altezza massima delle scaffalature a 3,2 metri raggiungibili con l'ausilio di una scala a castello in alluminio dotata di ruote.

A partire dalle disposizioni progettuali, sono emersi i seguenti dati iniziali:

- ⇒ superficie disponibile pari a 500 mq su due livelli, col piano superiore adibito allo stoccaggio del prodotto finito ed il piano inferiore destinato alla preparazione dell'ordine e alla spedizione;
- ⇒ altezza massima di impilamento pari a 3,2 metri;
- ⇒ larghezza massima degli scaffali pari a 1 metro.

La decisione aziendale riguardo il dimensionamento del magazzino, si è basata principalmente sulla previsione delle dimensioni future del mercato, aspetto indispensabile alla pianificazione della produzione e alla gestione delle scorte rappresentative della giacenza sia in termini di spazio che di costi.

L'estensione temporale di piani e programmi richiede la conoscenza del livello e della composizione della domanda di mercato per orizzonti di tempo medio lunghi; sui quali non esiste un portafoglio ordini – cliente ed occorre pertanto fare ricorso a previsioni:



Il modello previsionale adottato si è basato sull'utilizzo dello smorzamento esponenziale ricercando il coefficiente ottimizzante α .

I risultati più significativi, ottenuti mediante l'utilizzo del software MINITAB, riguardano la decisione di ampliare la zona destinata allo stoccaggio dei prodotti PLUS e di mantenere l'area dedicata al ROCK e al LUX proporzionale alle vendite.

Sulla base delle valutazioni esposte sono state formulate tre proposte circa il dimensionamento del magazzino manuale; di seguito vengono riassunti i risultati ottenuti al capitolo 5:

1. **Prima proposta;** prevede il riutilizzo delle scaffalature piane esistenti riducendo i costi diretti di acquisto. A partire dalla superficie totale disponibile (tenuto conto degli ingombri e in particolare dell'area attigua al montacarichi), le scaffalature sono state disposte trasversalmente al corridoio centrale che ha orientamento nord-sud.
2. **Seconda proposta;** prevede l'acquisto di nuove tipologie di scaffalature con disposizione parallela al corridoio centrale.
3. **Terza proposta;** prevede l'acquisto di nuove tipologie di scaffalature uguali a quelle della seconda proposta ma con dimensioni ridotte nei punti di maggior ingombro e di rulliere inclinate di circa 2,5 ° rispetto al piano, per consentire un flusso della merce per gravità. La disposizione degli scaffali è trasversale al corridoio centrale.

In sintesi i parametri significativi di confronto delle tre proposte sono:

Proposte	Is Unità/mq	I _{SL}	N° Scaffali	N° corridoi	N° scatole
Prima	871,9	0,05	310	32	334.800
Seconda	863,7	0,025	62	17	347.200
Terza	1279,6	0,02	77	32	498.400

Alla luce di quanto esposto emerge inequivocabilmente come la terza proposta sia la più vantaggiosa. Infatti:

1. la potenzialità ricettiva conseguente è maggiore di circa un 50 % rispetto alle altre due proposte;
2. i flussi logistici risultano ottimizzati;
3. il sistema evidenzia una maggiore dinamicità del picking;
4. i prodotti presentano la migliore rotazione (FIFO);
5. migliore efficienza attribuita alle operazioni di prelievo e preparazione ordine.

Le scorte di sicurezza possono essere definite come l'ammontare di scorte detenute a magazzino, eccedenti la domanda attesa che, in caso di distribuzione normale, equivarrebbe alla domanda media. Nel caso della Dental Manufacturing S.p.a le scorte di sicurezza (vedasi anche par. 4.3) sono quelle di seguito specificate:

	LINEE DI PRODOTTO		
	LUX	PLUS	ROCK
SS (k=1)	92.124	19.815	164.588

8 BIBLIOGRAFIA

Logistica integrata e flessibile – A. Pareschi, E.Ferrari, A. Persona, A Regattieri Ed. Progetto Leonardo Bologna.

Organizzare il magazzino – A. Payaro Ed. Progetto Leonardo Bologna.