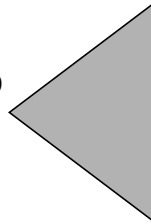




Il dimensionamento dei magazzini

I magazzini hanno
diversi ruoli:



- contenitori di prodotti finiti (*warehousing*)
- contenitori di scorte di materiali (*storage*)
- trasformatori (*transit point*) di flussi di materiale secondo tempi e quantità

Le aree del magazzino

Ricevimento e controllo (*scarico merci, verifica di corrispondenza della merce con l'ordinato, controllo qualità preventivo, identificazione, etichettatura*)

Stoccaggio

Prelievo di unità di carico e prelievo frazionato

Allestimento ordini (*consolidamento, controlli, imballaggio finale*)

Spedizione (*raggruppamento e carico mezzi*)



Alcuni video

Ricevimento merci con RFID https://www.youtube.com/watch?time_continue=1&v=QbpExJxsyHw&feature=emb_logo

Stoccaggio intensivo pallet https://www.youtube.com/watch?time_continue=11&v=QU_qqJPc4U&feature=emb_logo

The Smart Piece Picking System https://www.youtube.com/watch?time_continue=120&v=s_27lcvxzMk&feature=emb_logo

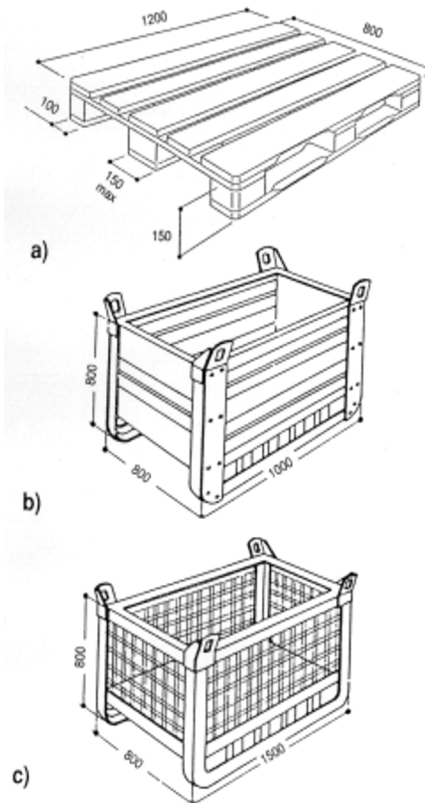
Il picking automatico https://www.youtube.com/watch?time_continue=98&v=fD_2ukA9UBc&feature=emb_logo

I magazzini intensivi <https://www.mecalux.it/video-stoccaggio/cicli-combinati-a-doppia-profondita-la-riubicazione>



Unità di carico - Generalità

- raggruppamento di materiali disposto in modo tale da poter essere movimentato e trasportato mediante mezzi di trasporto meccanici
 - PALLET (a): di legno, metallo, materie plastiche, cartone o altro materiale di dimensioni unificate.
 - CONTENITORI (b/c): in questo caso l'unità di grado è anche in grado di proteggere i materiali al suo interno;





Unità di carico – Criteri di scelta

- Per facilitare il trasporto è bene che le unità di carico:
 - risultino sovrapponibili;
 - possano essere movimentate con le forche;
 - risultino stabili anche nel caso in cui appoggino solo parte della superficie teorica di appoggio;
 - siano adatte al carico su autocarro o altri mezzi di trasporto interno o esterno;
 - abbiano la resistenza necessaria per resistere agli urti e ai sovraccarichi
 - siano resistenti alle deformazioni



Storage system design

Concetti di base

SLOT o storage location

*scaffalature,
bidoni, aree
evidenziate nel
pavimento...*

SKU = Stock Keeping Unit

*Indica uno specifico articolo
messo a stock in una specifica
posizione.*

***Una progettazione ed una gestione efficiente del
sistema di storage influenza in maniera determinante i
costi di material handling e di immobilizzo a scorta***



Tipologie di impianti di stoccaggio per unità pallettizzate

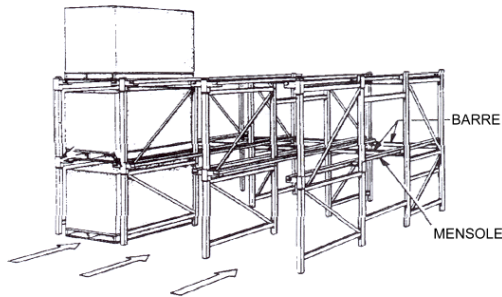


Catasta (*Block Stacking Policy*). I pallet vengono accatastati in blocchi monoprodotto separati dai **corridoi** necessari per la movimentazione. Al crescere delle dimensioni dei blocchi migliora la saturazione superficiale ma peggiora il livello di **selettività**.

Lo sviluppo in altezza della catasta richiede la **sovrapponibilità** dei pallet (si possono ottenere in tal caso buoni coefficienti di utilizzazione superficiale). Questo sistema risulta il più flessibile ed il **meno costoso** in quanto non presuppone l'acquisto di nessuna attrezzatura e la superficie dedicata alla catasta può velocemente essere resa disponibile - vedi ad esempio i prodotti fortemente **stagionali**.



Tipologie di impianti di stoccaggio per unità pallettizzate



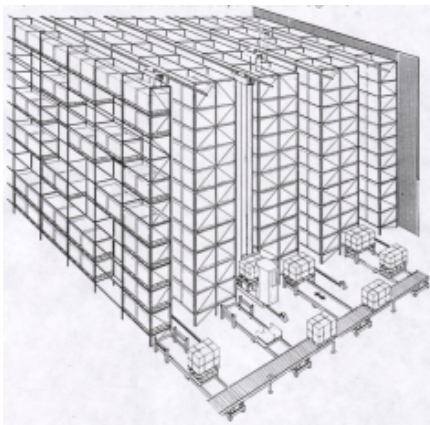
Scaffalature Drive-In (o *Drive-Through*): si ripropone lo schema della catasta utilizzando tuttavia apposite strutture per il sostegno dei pallet (si evitano così i problemi posti dalla **sovrapponibilità** di questi ultimi). I mezzi di movimentazione possono entrare da un lato del modulo (*drive-in*) oppure entrare da due lati (*drive-through*). In quest'ultimo caso si riduce la saturazione superficiale per la maggiore incidenza dei **corridoi di movimentazione** ma è favorita la gestione **FIFO** dei prodotti in quanto è possibile estrarre le colonne di unità di carico nell'ordine in cui sono state stoccate. Si ottengono migliori risultati per quanto riguarda i coefficienti di utilizzazione superficiale e volumetrica rispetto alla catasta grazie al **maggiore sviluppo in altezza**.



Tipologie di impianti di stoccaggio per unità pallettizzate

Magazzini automatizzati serviti da trasloelevatori:

i trasloelevatori rappresentano l'unico mezzo in grado di consentire la realizzazione di magazzini intensivi, aventi cioè **altezze superiori a 12 m.**



ATTENZIONE

C'è da notare che un magazzino automatizzato, una volta progettato e realizzato, ha **definite** sia la **potenzialità ricettiva** sia la **potenzialità di movimentazione.**



I MAGAZZINI INDUSTRIALI - Generalità

Gli aspetti principali da considerare nelle scelte costruttive, ubicazionali e gestionali di un magazzino industriale sono:

- Incidenza economica:
 - ✓ Capitali immobilizzati
 - ✓ Costi senza ricavi

Riduzione delle scorte
- Esigenza di spazio:
 - ✓ Ogni m² di superficie o m³ di spazio corrispondono a costi(ammortamenti, energia, ecc.) senza alcun ricavo

Riduzione dell'area e dello spazio occupato
- Funzionalità:
 - ✓ Normalmente un magazzino è strettamente connesso con i reparti di produzione

Riduzione dei movimenti interni alla fabbrica



I MAGAZZINI INDUSTRIALI – Fattori ubicazionali

Nell'ubicazione dei magazzini all'interno dell'impianto si deve tener conto di:

- ✓ Rispetto del flusso di materiale interno
- ✓ Facilitazione degli accessi da parte dei mezzi di trasporto
- ✓ Possibilità di posizionamento all'aperto dei materiali
- ✓ Difficoltà di conservazione delle merci, pericoli di incendi
- ✓ Temperatura, umidità, ventilazione richieste dai materiali



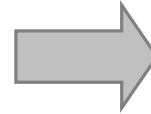
I MAGAZZINI INDUSTRIALI – Indici di prestazione

✓ Potenzialità ricettiva: Espressa in termini di unità di carico stoccabili nel magazzino

✓ Indice di utilizzazione superficiale, I_s :

$$I_s = \frac{A_u}{A_t}$$

- A_u è l'area utilizzata
- A_t è l'area totale



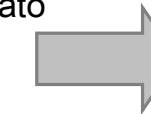
I_s deve tendere a 1;

Può anche essere espresso in termini di unità di carico immagazzinabili per metro quadrato di area operativa di stoccaggio.

✓ Indice di utilizzazione volumetrica, I_v :

$$I_v = \frac{V_u}{V_t}$$

- V_u è il volume utilizzato
- V_t è il volume totale



I_v deve tendere a 1;

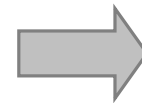
Può anche essere espresso in termini di unità di carico immagazzinabili per metro cubo di volume di stoccaggio.

✓ Indice di selettività, I_{sl} :

$$I_{sl} = \frac{N_{dir}}{N_{tot}}$$

• N_{dir} è il numero di u.d.c. che si possono prelevare direttamente senza spostare altre u.d.c.

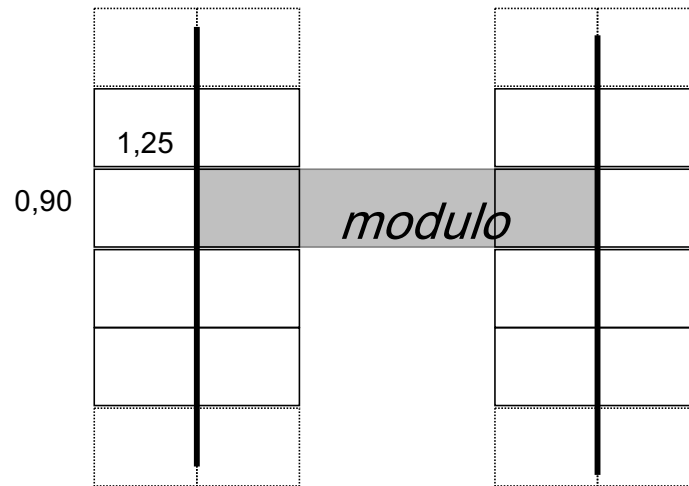
• N_{tot} è il numero totale di u.d.c.
U.d.c. unità di carico



$I_{sl} \leq 1$



Esempio di valutazione delle prestazioni dei magazzini



Il modulo è il più piccolo elemento che, replicato, consente di ottenere l'intera struttura del magazzino

Un magazzino con scaffalature bifronti (0.90x1.25x1.40) è servito da carrelli con spazio di manovra di 3 metri e altezza massima della presa forche di 6.5 metri. Calcolare il massimo coefficiente di utilizzazione superficiale ottenibile.

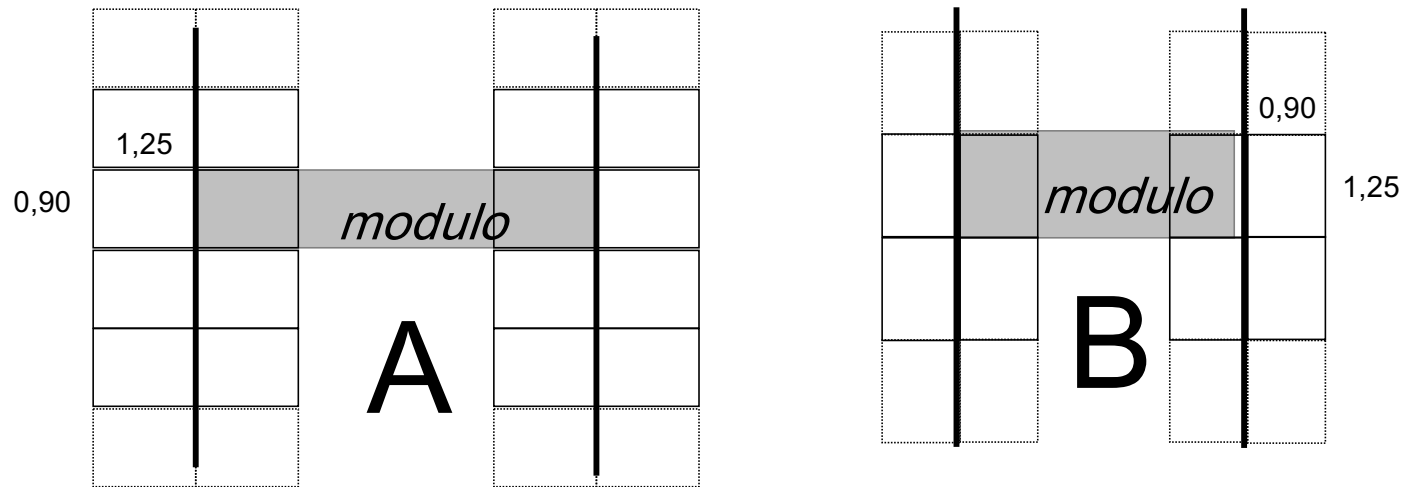
$$\text{Dimensioni del modulo in pianta} = 0.90 \times (1.25 \times 2 + 3.00) = 4.95 \text{ m}^2$$

$$\text{Numero di livelli di stoccaggio} = \text{int}[6.50 / 1.40] + 1 = 4 + 1 = 5 \quad (\text{Pallet per modulo} = 10)$$

$$\text{Coefficiente di utilizzazione superficiale} = 10 / 4.95 = 2.02 \text{ pp} / \text{m}^2$$



Esempio di valutazione delle prestazioni dei magazzini



La disposizione con “lato lungo” (B) sul muro comporta un decremento medio di 40 cm nella larghezza del corridoio rispetto alla disposizione del caso (A)

A: Dimensioni del modulo in pianta = $0,90 \times (1,25 \times 2 + 3,00) = 4,95 \text{ m}^2$

B: Dimensioni del modulo in pianta = $1,25 \times (0,90 \times 2 + 3) = 6 \text{ m}^2$

La disposizione con “lato corto” (A) sul muro è preferibile



Storage policies

Una “storage policy” rappresenta un insieme di regole che determinano in quale luogo del magazzino debbano essere stoccati i materiali in arrivo.

Dedicated Storage (Fixed Slot) ad ogni SKU viene assegnato un numero predeterminato di file di stoccaggio.

Randomized Storage (Shared Slot) - Ogni SKU può essere stoccata in ogni (generalmente la più vicina) fila di stoccaggio disponibile.

Class Based Storage – La class based storage policy, in cui ogni SKU viene assegnata ad una determinata classe di stoccaggio, rappresenta una combinazione delle politiche di stoccaggio dedicated e randomized.



Storage policies - Dedicated Storage

Indicando con I_{pt} l'inventario della SKU (p) al tempo (t), la dimensione del magazzino richiesta (M_{DED}) è uguale alla somma degli inventari massimi di ogni singola SKU

$$M_{DED} = \sum_p \max_t \{I_{pt}\} = M_{MAX}$$

VANTAGGI

Facilità di controllo (ogni fila di stoccaggio può essere identificata con una etichetta permanente)

SVANTAGGI

Elevato spreco di spazio, specialmente con prodotti stagionali



Storage policies - Randomized Storage

Indicando con I_{pt} l'inventario della SKU (p) al tempo (t), la dimensione del magazzino richiesta (M_{SHA}) è uguale al massimo della somma degli inventari di ogni singola SKU nel periodo di tempo preso in considerazione.

$$M_{SHA} = \max_t \left\{ \sum_p I_{pt} \right\}$$

VANTAGGI

Ottimizzazione dell'occupazione di spazio nel magazzino. Nel caso in cui la maggior parte dei prodotti presenti in magazzino non siano correlati si può arrivare ad occupare la metà dello spazio occupato dalla *dedicated storage policy*.

SVANTAGGI

Il controllo delle SKU e delle locazioni è più complicato poiché deve essere ricordata l'identità della singola SKU stoccata in ogni slot per effettuare le operazioni di ritiro
Complicata la definizione degli Slot per i carichi in ingresso



Storage policies - Class Based Storage

Lo stoccaggio casuale viene applicato alle SKU di una determinata classe, mentre la politica di stoccaggio dedicata viene applicata tra le classi. Le classi possono essere formate da SKU che hanno i singoli livelli di inventario negativamente correlati. Indicando con I_{pt} l'inventario della SKU (p) al tempo (t) si ha:

$$N_J = \text{dimensione zona per la classe } j - \text{esima} = \max_t \left\{ \sum_{p \in J} I_{pt} \right\}$$
$$N_{\text{TOTALE}} = \sum_J N_J$$

VANTAGGI

all'interno di ogni singola zona è possibile una compensazione temporale tra i massimi di giacenza degli articoli
bassi tempi di accesso alle SKU rispetto alla *randomized storage policy*

SVANTAGGI

La riduzione del tempo medio di accesso ottenibile, rispetto ad una allocazione completamente casuale delle unità di carico, è più consistente se il numero di classi individuate è elevato anche se la complessità gestionale aumenta in modo consistente per suddivisioni in un numero di classi superiore a 4 o 5



Kiva - Amazon

<https://www.youtube.com/watch?v=ULswQgd73T>



Stock handling policies

Una “stock handling policy” rappresenta un insieme di regole che determinano quale materiale in uscita debba essere prelevato dalla zona di stoccaggio

FIFO (first-in, first-out): richiesta quando è necessaria una alta rotazione degli articoli (es. deteriorabilità);

- l'articolo più vecchio deve essere accessibile.
- non è consentito il (multilayer) block stacking.
- controllo costante sullo stoccaggio / ritiro degli articoli al fine di assicurare che l'articolo più vecchio possa essere identificato.

LIFO (last-in, first-out): ad es. si preleva sempre il più nuovo articolo (“multilayer block stacking”, l'articolo in cima alla più nuova pila/catasta/stack).

NINO (nearest-in, nearest-out): se i livelli dell'inventario di ogni SKU vengono controllati, un politica NINO può garantire approssimativamente un rotazione uniforme degli articoli. Se, invece, l'inventario non viene controllato, usando una politica NINO si può verificare che un articolo rimanga in uno slot lontano per un lungo periodo di tempo.



I MAGAZZINI INDUSTRIALI – Modalità e tempi di accesso

➤ CICLO SEMPLICE:

Comprende tutte le fasi necessarie per prelevare dal magazzino o immettere nel magazzino una unità di carico. La sua durata è data da due componenti:

- Tempi fissi di ciclo uguali per tutti i cicli ed indipendenti dalla localizzazione del vano.
- Tempi variabili funzione della traslazione orizzontale del carrello e della traslazione verticale delle forche in relazione alla posizione del vano considerato

➤ CICLO COMBINATO:

Associa ad una operazione di immissione una operazione di prelievo allo scopo di ridurre la percorrenza a vuoto all'interno del magazzino ed aumentare quindi la produttività del sistema.



Politiche di gestione operativa dei magazzini

Indice di rotazione (IR) $\frac{\text{flusso in uscita}(\Delta t)}{\text{giacenza media}(\Delta t)}$

*È un indicatore dell'entità della scorta rispetto al flusso.
Per sintetizzare situazioni di scorta relative a prodotti non omogenei si può usare l'IR a valore economico.*

Indice di movimentazione (IM) $\frac{\text{unità di carico movimentate}}{T}$

Corrisponde al numero di prelievi, anche relativi ad unità di carico non complete. Tiene conto di eventuali ricircoli e può pertanto differire dal flusso di unità in uscita

Indice di accesso (IA) $\frac{IM_i}{\text{num. celle dedicate al prodotto } i}$

Rappresenta il numero di accessi medi nel periodo fissato relativi ad un singolo vano ed è quindi proporzionale alla probabilità che un accesso generico sia riferito al vano considerato.

IM = (flusso in uscita) se si movimentano solo unità di carico intere ed in assenza di ricircoli

**IA = IR se IM = (flusso in uscita) e se
le celle dedicato sono pari alla giacenza media di ciascun prodotto**



Dimensionamento impianti di stoccaggio

Dati in ingresso:

- Caratteristiche unità di carico
- Tipologia del sistema di movimentazione
- Altezza utile del fabbricato
 - Da vincoli geometrici

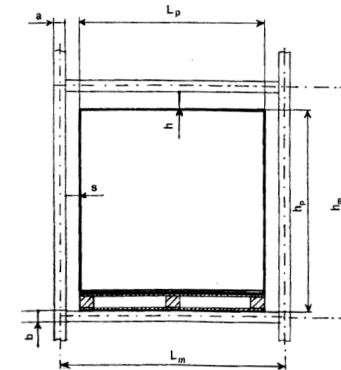
Risultato del dimensionamento:

- Layout del magazzino
 - numero corridoi, altezza, lunghezza e disposizione delle scaffalature

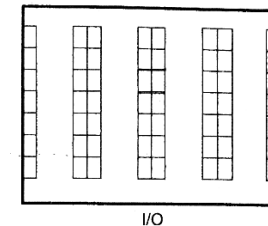


Dimensionamento del layout

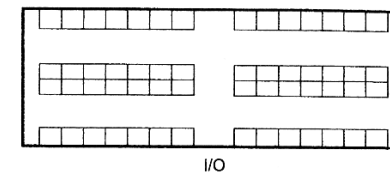
- Dimensionamento del vano pallet
 - In base alle caratteristiche dimensionali dell'unità di carico (u.d.c.)
- Scelta del macro-layout
 - Longitudinale o trasversale in base a vincoli geometrici
- Numero di livelli di stoccaggio
 - In base ad altezza edificio e altezza forche
- Scelta del numero, posizione e lunghezza corridoi
 - In base ai vincoli dimensionali quella che assicura la migliore saturazione superficiale e lo sfruttamento più razionale possibile



layout A
longitudinale



layout B
trasversale

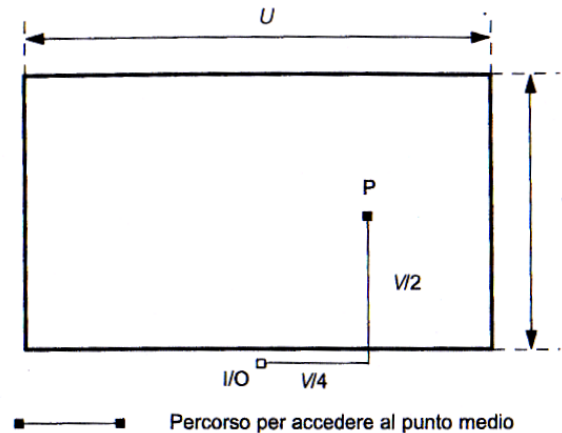




Numero di corridoi: Layout ottimale

IPOSTESI

- Nessun vincolo di magazzino
- Pianta rettangolare (fronte U , profondità V , area A)
- I/O centrale
- Scaffalatura continua
- Equiprobabilità di accesso ai vani
- Cicli di movimentazione semplice



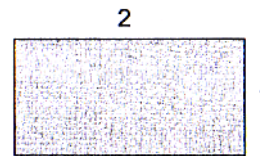
Si può dimostrare analiticamente che la percorrenza attesa r (due volte andata e ritorno) risulta minimizzata (a parità di area occupata) se:

$$U = 2 \cdot V \Rightarrow U = \sqrt{2 \cdot A}$$



Layout ottimale per altre configurazioni

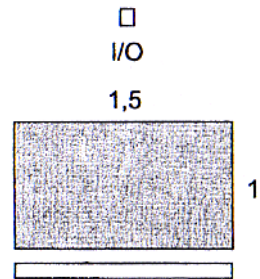
- Il rapporto ottimale tra i lati si modifica al cambiare della posizione del punto di I/O sul fronte del magazzino



Punto di input/output nel centro del fronte U

andata attesa: $U/4 + V/2$

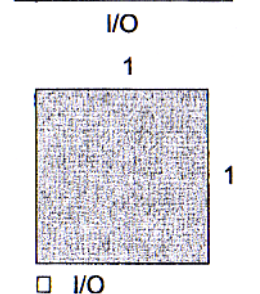
rapporto ottimale: $U = 2V$



Punto di input/output uniformemente distribuito nel fronte U

andata attesa: $U/3 + V/2$

rapporto ottimale: $U = 1,5V$



Punto di input/output nel vertice del fronte U

andata attesa: $U/2 + V/2$

rapporto ottimale: $U = V$



Esempio di dimensionamento area stoccaggio: dati

DATI:

- Potenzialità ricettiva richiesta: $PR = 5.000$ u.d.c.
- Potenzialità di movimentazione: $PM = 50$ u.d.c./g in ingresso e 50 in uscita (100 cicli semplici)
- Dimensioni vano (lpxh) $1\text{m} \times 1,3\text{m} \times 1,5\text{m}$
- Altezza utile $H_{EDIF} = 6,5\text{m}$; Altezza massima forche $H_{FORCHE} = 5,5\text{m}$
- Ampiezza corridoi 3m
- Pianta rettangolare, I/O frontale/centrale, Equiprobabilità di accesso ai vani)
- Tempo carico 7h/g



Esempio di dimensionamento area stoccaggio (1/2)

- Numero di livelli di stoccaggio

$$J = \min \begin{cases} J = \text{int}[H_{edif} / \delta] = \text{int}[6,5 / 1,5] = 4 \\ J = \text{int}[H_{forche} / \delta] + 1 = \text{int}[5,5 / 1,5] + 1 = 4 \end{cases}$$

- Dimensioni del modulo unitario in pianta

$$S_{MOD} = l \cdot (2p + L_{corr}) = 1 \cdot (1,3 \cdot 2 + 3) = 5,6 \text{ m}^2$$

- Coefficiente di utilizzazione superficiale

$$Ut.Sup. = \frac{N_{PALLET}}{S_{MOD}} = \frac{8 \text{ pp} / \text{mod}}{5,6 \text{ m}^2 / \text{mod}} = 1,43 \text{ pp} / \text{m}^2$$

- Area di stoccaggio intensivo

$$A = \frac{PR}{UtSup} = \frac{5000}{1,43} = 3497 \text{ m}^2$$

- Fronte teorico ottimale

$$U = \sqrt{2A} = \sqrt{2 \cdot 3497} = 83,6 \text{ m}$$

- Numero corridoi corrispondenti

$$N_{CORR} = \frac{U}{L_{MOD}} = \frac{83,6}{(1,3 \cdot 2 + 3)} = 14,9 \cong 15 \text{ corridoi}$$



Esempio di dimensionamento area stoccaggio (2/2)

- Dimensione reale del fronte

$$U = N_{CORR} \cdot L_{MOD} = 15 \cdot 5,6 = 84m$$

- N vani

$$N_{VANI} = \frac{PR}{N_{CORR} \cdot N_{PALLET}} = \frac{5000}{15 \cdot 8} = 41,7 \Rightarrow 42 \text{ vani}$$

- Profondità del magazzino

$$V = N_{VANI} \cdot l = 42 \cdot 1 = 42m$$

$$V = \frac{U}{2} = \frac{84}{2} = 42m$$

- Potenzialità ricettiva

$$PR = N_{VANI} \cdot N_{PALLET} \cdot N_{CORR} = 42 \cdot 8 \cdot 15 = 5040 \text{ posti pallet}$$



Esempio di dimensionamento: il magazzino dimensionato

