



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

**Appunti universitari**

**Tesi di laurea**

**Cartoleria e cancelleria**

**Stampa file e fotocopie**

**Print on demand**

**Rilegature**

NUMERO: 1370A -

ANNO: 2015

# A P P U N T I

STUDENTE: Di Tullio

MATERIA: Impianti Industriali e Sicurezza sul Lavoro,  
Prof. Carlin

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.  
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

## IMPIANTI INDUSTRIALI E SICUREZZA SUL LAVORO

Impianto industriale: "unità produttiva" ubicata in un dato luogo e variamente denominata (stabilimento, fabbrica, officina...) in cui viene effettuata una produzione di beni

L'industria permette la trasformazione dei beni per aumentare il valore:

"materiale in ingresso"  $\xrightarrow{\text{IN}}$  "Fabbrica" (o impianto industriale)  $\xrightarrow{\text{OUT}}$  "materiali in uscita"  
 materie prima o semilavorato  $\xrightarrow{\text{trasformazione}}$  prodotto finito

Gli obiettivi che si propone un'attività industriale (quindi qualsiasi impianto) sono:

- risultare in armonia con lo sviluppo economico e sociale del paese
- essere competitivo nel mercato proponendo prodotti di qualità al minor costo
- richiedere investimenti minimi perseguendo migliori risultati economici e qualitativi
- rispetto dell'ambiente e della sicurezza del personale

Il sottoinsieme impianto industriale si inserisce nel macroinsieme della impresa o azienda che si interessa al perseguimento degli obiettivi economici

Il processo tecnologico è la trasformazione realizzata dal sistema di produzione per ottenere un prodotto finito da una materia prima o da un semilavorato

Il progetto di un nuovo impianto industriale comprende lo studio del "Plant layout": disposizione planimetrica degli spazi, comprende uno studio impiantistico.

Si analizza il layout ottimale che può essere riadattato anche per sviluppi futuri, si sceglie l'impostazione dell'edificio atto a contenerlo e si effettua un trade-off → scelta delle varie opportunità a scapito di altre.

È bene distinguere layout ottimale (duraturo perché adattabile a cambiamenti) da layout ottimo (cambiando le condizioni al contorno invecchia rapidamente).

### - IMPOSTAZIONI PROGETTUALI DELLO STABILIMENTO

I criteri di scelta più convenienti per la costruzione di un nuovo impianto sono:

- scelta del plant layout (planimetrica)
- costi di costruzione del fabbricato
- costi di acquisto del terreno occorrente, costo di gestione e di manutenzione
- esigenze dei macchinari e delle lavorazioni
- costruzione di un fabbricato industriale ad un piano (flusso produttivo orizzontale) o a più piani (flusso produttivo verticale). Nell'era moderna la prima tipologia è preferibile! → è possibile realizzare maglie più ampie rispetto al caso a più piani

Le parti costituenti di un fabbricato industriale sono:

Fondazioni + strutture portanti + coperture e pareti + tamponamenti laterali (pariti esterni) + pavimentazioni + strutture vari.

- Fondazioni: è utile distinguere fondazioni del fabbricato e fondazioni dei macchinari sottoposte all'azione di forze dinamiche. È utile classificare le fondazioni in:
  - Fondazioni superficiali (plinti isolati → blocco di calcestruzzo a forma di parallelepipedo, travi continue, a platea → piastra superficiale)
  - Fondazioni profonde (pali battuti, pali trivellati, micropali)

Le fondazioni dei macchinari, oltre a resistere a sollecitazioni di tipo dinamico devono evitare la messa in risonanza e la trasmissione delle vibrazioni al terreno con grande massa e impiego di supporti elastici e antivibranti tra macchinari e fondazioni.

La scelta delle fondazioni dipende dai carichi da sopportare e dalle caratteristiche geotecniche del terreno. È possibile distinguere:

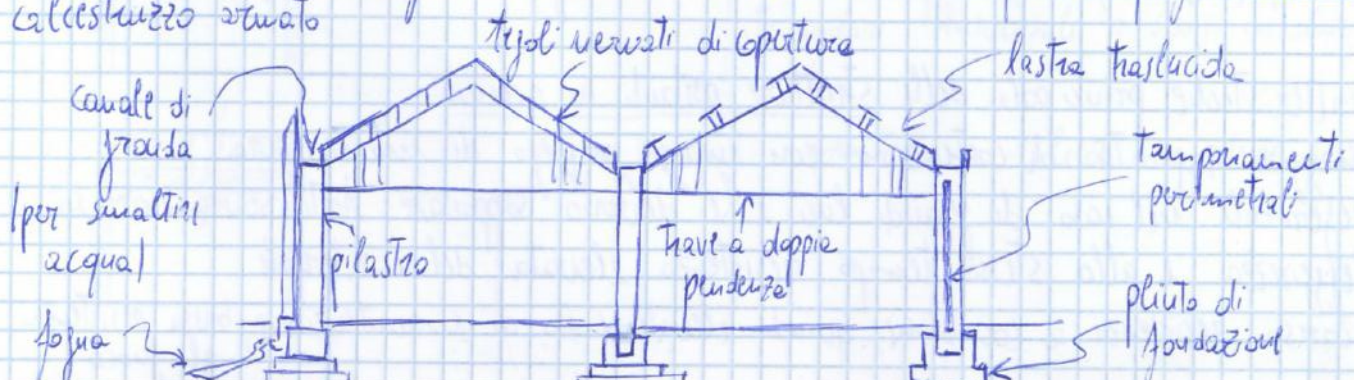
- terreni compatti (rocce e ghiaie addensate garantiscono capacità portante sufficiente per assorbire i carichi)
- terreni sciolti (argille, sabbie non addensate richiedono un ricorso a fondazioni profonde per la capacità portante limitata)
- terreni inconsistenti (le fondazioni richiedono opere speciali)

- Strutture portanti: parti strutturali fondamentali del fabbricato che devono sopportare i seguenti carichi → carico permanente o fisso (peso proprio della struttura), azioni sismiche e telluriche, sovraccarichi costituiti da vento e neve o da eventuali carichi sospesi (come mezzi di trasporto e serbomezzi)

Le tipologie di strutture portanti variano a seconda del materiale di costruzione utilizzato:

- cemento armato normale (getto nel pilastro) o precompresso
- in carpenteria metallica (acciaio)
- in laterizio armato (materiali ceramici che costituiscono il classico mattone forato)

Schema d'insieme di un fabbricato industriale costituito da componenti prefabbricati in calcestruzzo armato



→ bassa capacità termica

Valori più comuni per le maglie fabbricate in acciaio (valore in cm):

12x12, 16x16, 12x16, 12x24, 20x20 recentemente sono anche utilizzate  
12x30, 12x36, 14x28 → è possibile realizzare maglie particolari a seconda della necessità impiantistica.

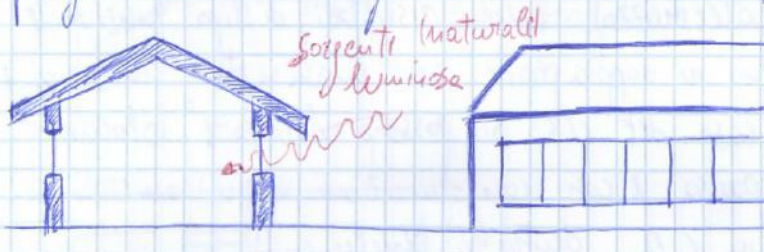
- Caratteristiche principali delle strutture in laterizio:

- nel passato sono stati impiegati per la realizzazione di capannoni a volta (lungari)
- i costi di esecuzione sono contenuti e si arriva a luci fino a 20 m
- il volume sopra i tranti è scarsamente utilizzato, i costi di riscaldamento sono elevati
- impossibilità di richiesta di mezzi sospesi e dell'impiantistica relativa a servizi.

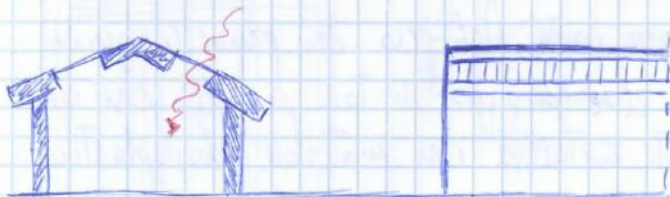
- Coperture oltre alla facilità di posa in opera e di manutenzione devono garantire:

- impermeabilizzazione e protezione dalle intemperie
- isolamento di tipo acustico e di tipo termico con acclimazione dell'ambiente (mantenimento di un clima adatto ambientale)
- resistenza meccanica, pedonabilità, durata e leggerezza
- illuminazione naturale dell'ambiente sottostante, ventilazione ed evacuazione di fumi e artificiali

Tipologie di strutture di fabbricati industriali: (posa in opera = fornitura + installazione)

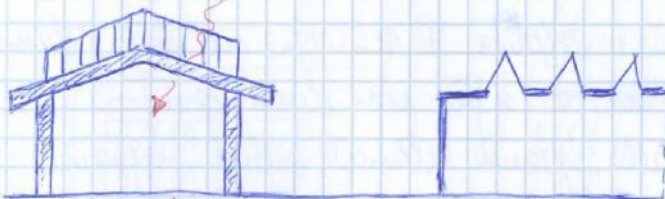


con tetto a falde e serramenti a nastro sulle pareti perimetrali (per comodità non si addossano le unità esterne contro le pareti)

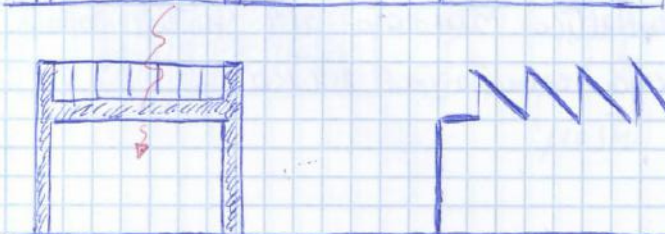


con tetto a falde e fasce finestrate sul tetto

(per l'installazione di scaffalature monofronti bisogna evitare l'iperstaticità della struttura)

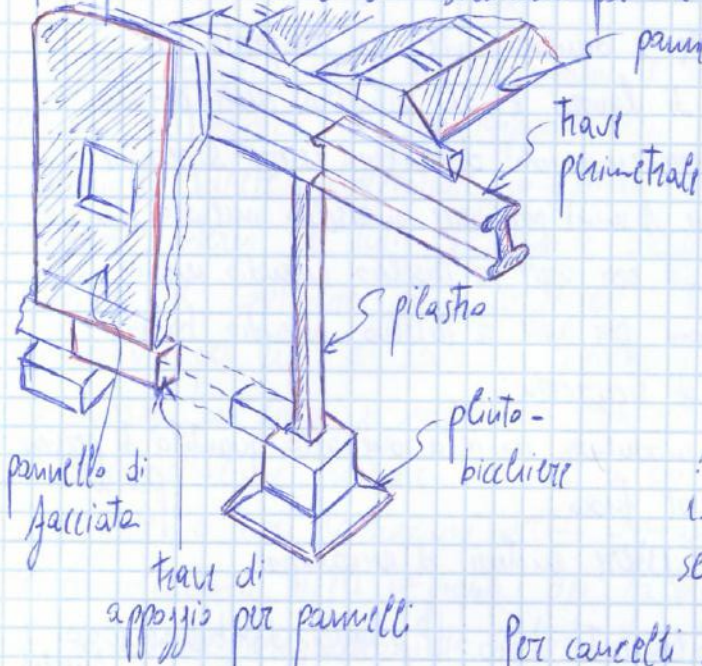


con tetto piano e lucernari a sezioni triangolare trasversali o semi-circolari



con tetto a shed o a dente di sega

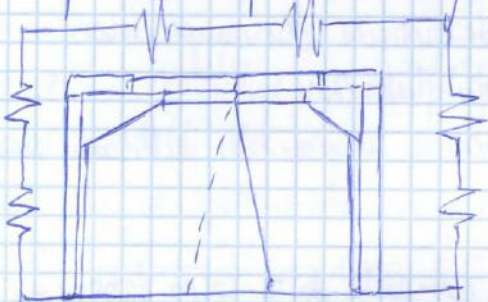
Principali elementi di una struttura portante per fabbricati industriali.



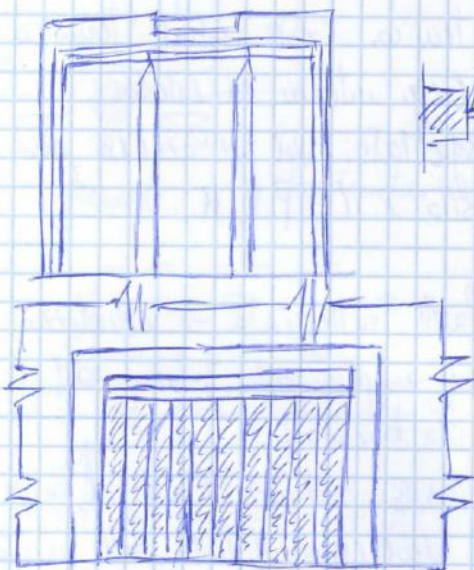
- Strutture varie dell'impianto:  
 fabbricati ausiliari, cancelli, portoni,  
 serramenti o barriere ad aria, porte,  
 scarichi delle acque piovane e fognature.

I fabbricati ausiliari di uno stabilimento industriale includono: locali mensa, spogliatoi, isola tecnica (compressori, cabine elettriche, serbatoi...)

Per cancelli si intendono le chiusure previste lungo la recinzione dello stabilimento, mentre i portoni sono aperture destinate al passaggio di veicoli, mentre le porte prevedono il passaggio pedonale. I portoni vengono suddivisi in portoni rigidi (a battenti, a libro scorrevoli, a serranda o a serraninesca, basculanti, sezionali o tagliafuoco) o portoni flessibili (a battenti, a strisce, a libro, scorrevoli, ad apertura rapida, anti-diflagranti, barriere di sicurezza) p. 118



Portone flessibile a battenti: due battenti in PVC trasparenti o opaco con apertura a spinta o a comando.



Portone flessibile a libro: chiusura mediante impacchettatura laterale del libro tramite carrelli di scorrimento e cilindri pneumatici. Chiusura robusta

Chiusura a strisce flessibili: serie di strisce in PVC agganciate superiormente a strutture metalliche fisse o scorrevoli

rapidità di passaggio ma continuo bisogno di pulizia per conservare la trasparenza dei nastri.

## - STUDIO DEL PLANT LAYOUT

Il Plant Layout, come già accennato è lo studio e la progettazione della sistemazione piano-altimetrica di un impianto industriale, che comprende la disposizione ottimale delle attrezzature industriali (compresa mano d'opera, macchinario, scorte, trasporti interni e tutti i servizi accessori) e la progettazione di una struttura idonea a contenere ed a proteggere tali sistemi.

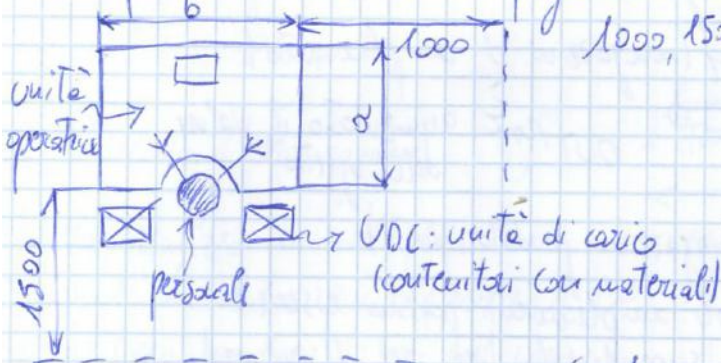
I motivi per cui si sente la necessità di uno studio di layout sono:

- messa in linea e inizio di produzione di un nuovo prodotto
- riprogettazione parziale o totale di un prodotto, con variazioni delle caratteristiche offerte o con variazioni della domanda di mercato
- obsolescenza degli impianti, dei fabbricati, dei processi produttivi
- eccessiva frequenza di infortuni sul lavoro
- condizioni ambientali insoddisfacenti (polveri, rumori, illuminazione, riscaldamento...)
- variazione nella concentrazione di mercati o riduzione dei costi.

Un layout tiene conto anche della quantità di scarto, materiale scartato per bassa qualità e di scarto, materiale riutilizzabile d'eccesso durante le lavorazioni)

Per apportare miglioramenti al layout si passa alla riprogettazione progettando un nuovo impianto, modificando la sistemazione delle macchine o migliorando operazioni produttive e semplificando i sistemi di collaudo → si lanciano continuamente nuovi modelli dei propri prodotti, cambiando radicalmente il layout ogni 3-4 anni.

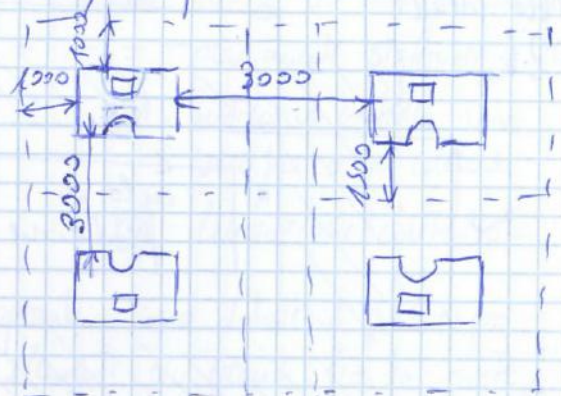
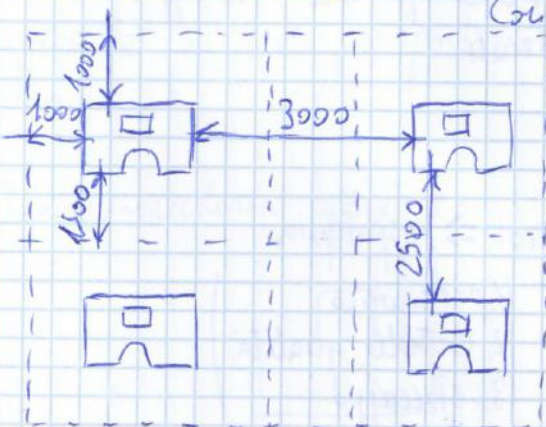
Esempio di variazioni di progettazioni di layout:



1000, 1500: fesse minime di rispetto per un ambiente di lavoro ottimale

Si considerano l'introduzione di corridoi per il trasporto dei prodotti, la distanza al perimetro dei macchinari e la loro alimentazione → a prestare: a cavi sospesi

Configurazioni di layout possibili:

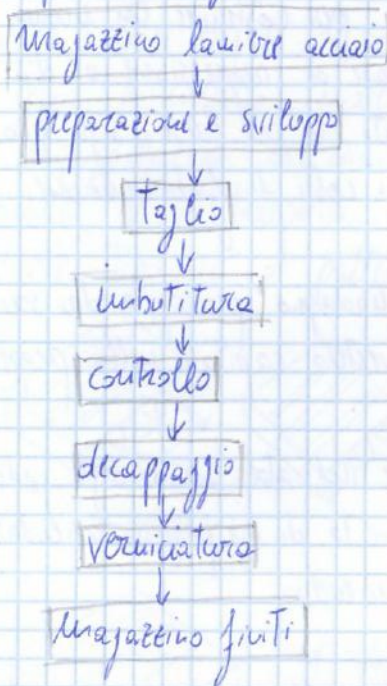


La "logistica inbound" si identifica con la logistica in ingresso che precede il processo produttivo e riguarda attività di approvvigionamento e stoccaggio di materie prime. La "logistica outbound" entra in gioco a produzione avvenuta e riguarda stoccaggio e distribuzioni di prodotti finiti. L' "internal logistic" riguarda la logistica all'interno degli impianti durante la produzione.

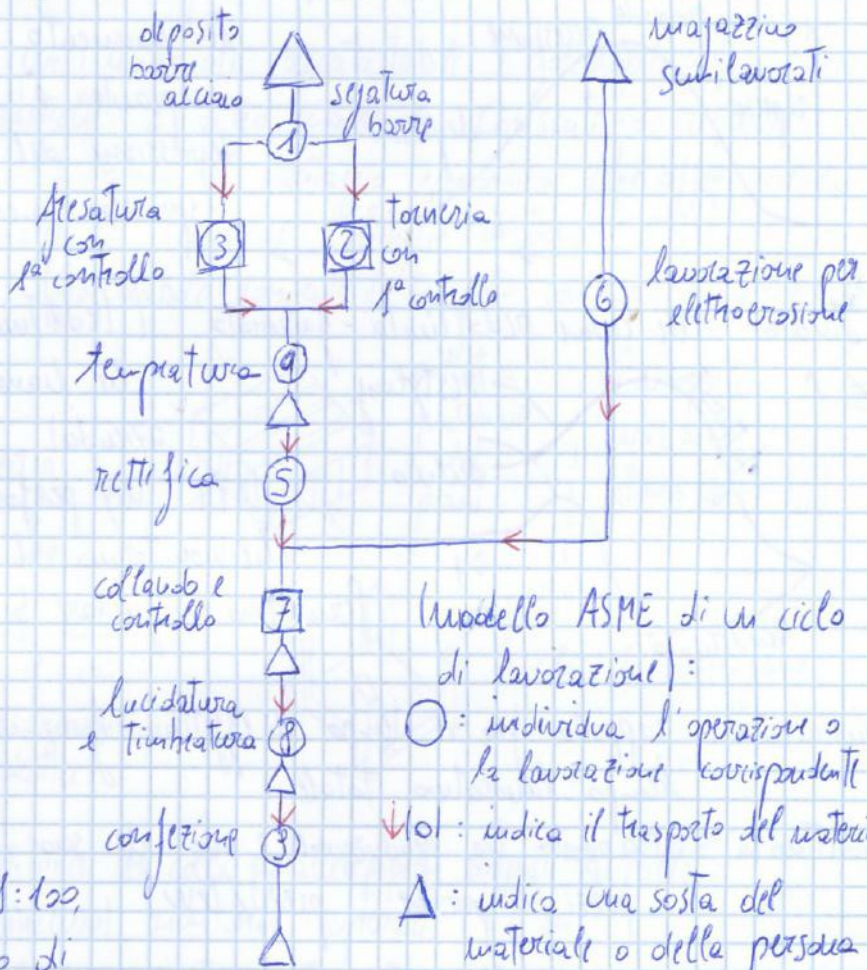
**Buffer = magazzino interoperazionale** → magazzino in cui si stocca temporaneamente il prodotto per sottoporlo a delle lavorazioni successivamente al prossimo prelievo.  
 magazzino di stoccaggio intermedio per evitare l'accumulo del prodotto

"O" □ : rappresenta un autocarro (1 semi-trailer riesce a gestire fino a 33 pallet)

Esempio di diagramma di lavorazione:



[Schema di lavorazione]

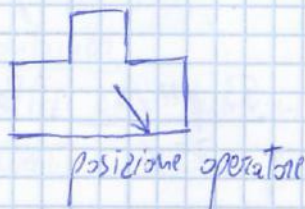


(Modello ASME di un ciclo di lavorazione):

- : individua l'operazione o la lavorazione corrispondenti
- ↓/↑ : indica il trasporto del materiale
- △ : indica una sosta del materiale o della persona
- ▲ : indica un immagazzinamento permanente superiore a 24h
- : indica un controllo, una verifica o un collaudo.
- ◻ : lavorazione controllata.

Nella realizzazione del plant layout la scala più diffusa è 1:100, si utilizza anche 1:50 nel caso di complessità o 1:25 per postazioni di lavoro.

Contorno macchina operatrice:



Le unità operatrici sono dotate di piastre per sostenere elementi più grandi. Per la parte impiantistica è importante indicare dati macchina.



Si definisce unità di carico (U.D.C.) un raggruppamento di materiali disposto in maniera tale da poter essere movimentato e trasportato con mezzi di trasporto meccanici. È opportuno che sia accatastabile introducendo più pezzi in un contenitore e forcolabile.

Una scelta accurata di U.D.C. consente di: ottimizzazione dei trasporti interni

- ridurre i costi di trasporto e le riprese dei materiali
- ottimizzare lo spazio occorrente per l'immagazzinamento di materiali
- ridurre i tragitti in officina e nei magazzini.

Bisogna definire l'U.D.C. ottimale considerando le dimensioni d'ingombro e il rispetto della capacità portante del mezzo. Inoltre si possono distinguere diverse UDC: UDC costituite con impiego di palette (pallet e contenitori), UDC raggruppata mediante rettetura con fili d'acciaio o plastica, UDC con incastellature e regoli.

- Pallet: base rigida di supporto per i materiali, accatastabile e forcolabile. Può essere di legno, di metallo, materie plastiche o altro materiale. Consente di ridurre le manipolazioni del materiale, tuttavia il vantaggio economico che offre viene perduto se il trasporto del materiale richiede lunghe distanze.

Varie tipologie di pallet: (forcolabile: consente il trasporto con carrelli a forche)

pallet a due vie, 2 del piani  
 pallet a due vie a un piano  
 pallet reversibile: adatto ad accogliere il carico su entrambi i piani (2 del piani identici)  
 pallet con mantanti che lo sostengono

pallet a quattro vie a due piani (Europallet)  
 $W \times L \times H$   
 $800 \times 1200 \times 88$

Per la formazione di U.D.C. costituite da colli parallelepipedi disposti su pallet:

- altezza dell' UDC (pallet incluso) non deve superare i 2 m.
- la superficie libera del pallet non coperta da carichi deve essere minima
- i colli devono essere appoggiati sul pallet sulla faccia di maggiori dimensioni
- i colli devono essere disposti incrociati, in modo che almeno due colli dello strato superiore appoggino, in parte, su ogni collo dello strato inferiore.

Il pallet a perdere vengono bruciati dopo la consegna del materiale

- Contenitori e container

Ai contenitori oltre alla funzione di trasporto hanno anche la capacità di proteggere il materiale contenuto: possono essere metallici, di plastica, di alluminio, di legno

La sequenza di operazioni in un reparto spedizioni di prodotti finiti è:  
 picking → formazioni di colli → imballaggio → etichettatura → pesatura → controllo ed etichettatura → assemblaggio unità di spedizione → trasferimento in baya di carico → carico veicolo di trasporto → partenza del corriere.

Il confezionamento dei materiali è chiamato picking.

Il movimento dei materiali all'interno degli stabilimenti può essere gestito con apparecchiature di comunicazione a radiofrequenza: una gestione informatica è più rapida e induce meno errori nei flussi d'ingresso per la dislocazione ottimale delle UDC e per il percorso minimo per raggiungerla e nei flussi d'uscita per l'evacuazione degli ordini, le operazioni di confezionamento e spedizione e l'ottimizzazione dei percorsi e dei viaggi.

- Principali tipologie di layout: (A) layout per prodotto, (B) layout per processo, (C) layout a punto fisso, (D) layout a isole. I plant layout reali vengono costituiti da una combinazione di queste tipologie.

(A) Layout per prodotto: utilizzato nelle industrie medio-standard con un programma di produzione standard focalizzato sul prodotto da produrre e costante nel tempo. I tempi necessari alla produzione sono ridotti e in caso di fermo macchina non programmato viene coinvolta solamente la singola macchina e non le altre lavorazioni. Caratteristiche principali:

- tipico delle industrie manifatturiere di produzioni di grande serie.
- ogni area dello stabilimento è destinata alla produzione di un solo prodotto o comunque di prodotti simili.
- il prodotto si presenta standardizzato per la costruzione in grandi quantità.
- il macchinario è disposto secondo l'ordine di produzione (cioè di lavorazioni).
- i tempi di produzione e di trasporto (da magazzino materie prime a magazzino prodotti finiti) sono minimi. (ricordare layout ottimale 2:1)

(B) Layout per processo: più diffuso per piccole e medie aziende. Riunisce in un reparto tutte le lavorazioni di uno stesso tipo, sfruttando al massimo tutte le tipologie di macchine presenti nell'azienda. I costi di gestione sono più bassi rispetto ad (A), le operazioni simili sono riunite nella stessa area (Es. reparto di stampaggio, di tornitura). Caratteristiche principali:

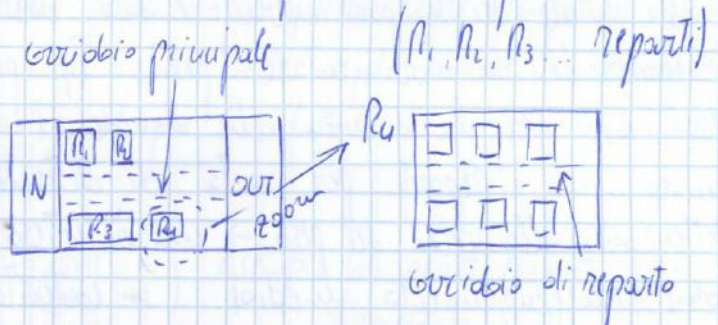
- è indicato per produzioni di modeste quantità, se i prodotti hanno cicli di fabbricazione differenziati, permettendo una maggiore flessibilità (frammentazione del processo produttivo → per produzione di prodotti complicati).
- in caso di complicazioni di flusso si ipotizzano buffer e dimensionamento di corridoi e di UDC.

- Vantaggi del layout per processo (B): → minori duplicazioni del macchinario e minori investimenti in attrezzature con maggiore flessibilità di produzione.
- il controllo e la supervisione sono più specializzati e più efficaci.
- gestione migliore dei processi complessi e ad alte precisioni.
- migliori possibilità di porre rimedio ad avarie dei macchinari.
- possibilità di produrre prodotti diversificati o per commessa (la produzione di ogni singolo prodotto risulta limitata anche con produzione totale molto elevata).

(Vantaggi: analisi dei tempi e dei metodi difficili da effettuare, inoltre è difficile ottenere il bilanciamento della produzione e molti controlli sono necessari durante le fasi di lavorazione, alta proporzione di macchinari speciali con costi elevati, esistenza di materiali troppo grandi per trasporti continui o in grandi quantità e frequente necessità di impiegare le stesse macchine anche per più operazioni diverse.)

- Requisiti minimi di larghezza per via di accesso nell'impianto da rispettare:

- accessi alle macchine 60/80 cm
- passaggi di 2 persone 100 cm
- passaggi di 3 persone 120 cm
- corridoi di reparto 2/4 m
- corridoi principali 3/5 m



La ricerca di possibili soluzioni di layout prende in considerazione i tipi di lavorazione, i possibili sistemi di trasporto interno e i posti di lavoro.

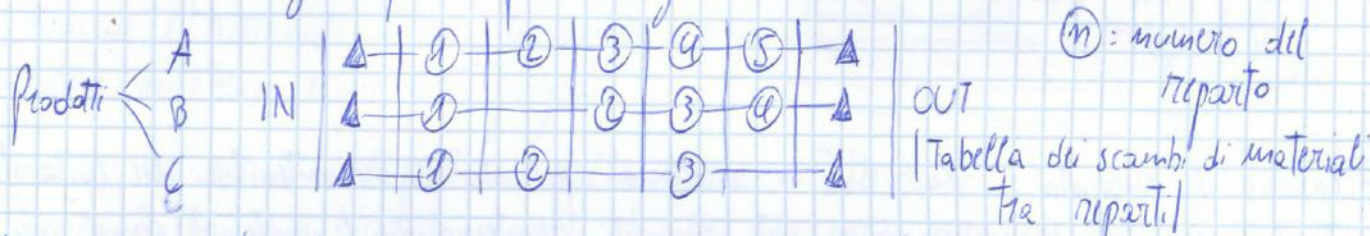
I tipi più noti di lavorazione possono essere in linea (o in serie) con layout di tipologia (A), o in piccoli lotti (per commesse), privilegiando il layout di tipologia (B), già visti in precedenza. Successivamente si prendono in considerazione i volumi o i pesi dei materiali da movimentare per la scelta dei mezzi di contenimento e dei sistemi di trasporto interno più adatti.

In fine il plant layout prevede la disposizione dei singoli posti di lavoro comprendendo le mosse che vengono descritte dai principi di economia di movimenti: → semplificazione dei movimenti delle mani e delle braccia, riducendo al minimo il movimento delle spalle dell'operatore

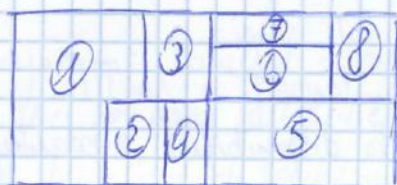
- Gli utensili ed i materiali sono disposti secondo una collocazione fissa
- Gli utensili, i materiali e gli organi di manovra devono essere vicini e di fronte all'operatore
- il lavoro in piedi deve essere evitato dove è possibile, favorendo una posizione comoda
- gli spazi dell'operatore devono essere minimizzati secondo criteri ergonomici.

Proiezione layout: si parte dalla proiezione del micro per arrivare all'macroblocco di reparto.

Lungo la diagonale a 45° si indica il numero totale di volte che un centro di lavoro è interessato da un trasporto di materiale (in arrivo e in partenza). È possibile vedere il reparto che scambia di più, collocandolo in una posizione baricentrica. Si perviene alla disposizione teorica di centri di lavoro o di reparti interessati da cicli di lavorazioni; i centri caratterizzati da un maggior numero di collegamenti sono collocati più vicini possibile tra loro. Tra le varie disposizioni teoriche alternative si sceglie quella più soddisfacente.



Dalle disposizioni teoriche si realizzano sagome con ingombri proporzionali più vicini alla realtà definendo l'effettiva superficie occupata dai vari reparti, si ottiene un plant layout ottimizzato. Lo studio preventivo a questa fase comprende studio dei singoli posti di lavoro e studio della sistemazione delle singole macchine nei reparti ⇒ il reparto si studia prima senza maglia e poi si adatta la maglia più conforme a contenerlo (e non il contrario!!)



Esempio di plant layout ottimizzato

- Fra le varie soluzioni di layout studiate si sceglie la migliore che sarà successivamente sviluppata a livello esecutivo. Tale scelta verrà fatta considerando dei parametri fondamentali:
- costi totali di produzione (materiali, manodopera, manutenzione...)
  - area e forma del terreno occorrente
  - possibilità di ampliamenti futuri (per eventuali aumenti di produzione)
  - flessibilità di sistemazione, per modifiche o variazioni di produzione
  - sicurezza e condizioni dell'ambiente di lavoro

"Metodo grafico": esamina le distanze percorse e l'entità dei materiali movimentati; può essere applicato per la sistemazione delle macchine nel reparto e nello stabilimento. Sul disegno del plant layout teorico alternativo si evidenziano i flussi di materiale in base ai cicli di lavorazione con una raffigurazione omogenea e con una scala opportuna per i vari trasporti e proporzionale all'entità di questi. Una volta riportati i flussi su tutte le alternative di layout si individua la soluzione a cui corrisponde il minor valore della somma prodotti pesi x distanze.

I depositi distributivi sono i sistemi che fanno parte del sistema distributivo vero e proprio. Essi si possono distinguere in: - depositi centrali, depositi periferici, tale distinzione dipende dalle dimensioni dei depositi e sul relativo bacino d'utenza.

- centri di distribuzione (EDI, impianti centrali che ricevono la merce e la stoccano ai relativi punti vendita (rifornimento della supply-chain: catena della fornitura).
- transit point (cross docking), la merce che arriva viene caricata direttamente su altri mezzi di trasporto, senza una sosta a terra, nei relativi punti di transito (in genere il termine è riservato ai casi in cui si arriva con un autotreno e si riparte su un altro autotreno, e non con furgoni).
- Modalità di arrivo e di partenza della merce:  $IN \rightarrow OUT$ 
  - a) senza trasformazioni entrata e uscita di pallet, che possono essere con monoreferenzenza se trasportano un unico prodotto, o con multi o pluri referenzia se trasportano diverse tipologie di prodotti.
  - b) entrata in pallet, si effettuano prelievi frazionati (picking) e i prodotti vengono stoccati singolarmente.
  - c) entrata di colli singoli vengono conformati con pallet e successivamente stoccati.
  - d) i singoli prodotti in entrata vengono stoccati singolarmente.

Are funzionali in un magazzino: Banchine di ricevimento merce  $\rightarrow$  Area di ricevimento merce  $\rightarrow$  area stoccaggio U.D.C.  $\rightarrow$  area allestimento ordini (picking) e imballaggio  $\rightarrow$  area di spedizione  $\rightarrow$  banchine di spedizione ( $IN \rightarrow OUT$ )

"Indici caratteristici di magazzini"

- Ricettività:  $R [UDC]$  numero di unità di carico stoccabili a magazzino
- Selettività:  $I_s = \frac{U.D.C. \text{ o voci direttamente accessibili}}{R \text{ o numero voci complessive}} \% \quad 0 \leq I_s \leq 1$   
 $I_{smax} = 1$
- Coefficiente di sfruttamento o di utilizzazione superficiale:  
 $C_s = \frac{S_{stoccaggio}}{S} \%$   
 $S_{stoccaggio}$ : superficie del magazzino occupata dalle U.D.C. [ $m^2$ ]  
 $S$ : superficie totale dell'area di stoccaggio [ $m^2$ ]
- Coefficiente di sfruttamento o di utilizzazione volumetrico:  
 $C_v = \frac{V_{stoccaggio}}{V} \%$   
 $V_{stoccaggio}$ : volume del magazzino occupato dalle UDC [ $m^3$ ]  
 $V$ : volume totale della zona di stoccaggio [ $m^3$ ]

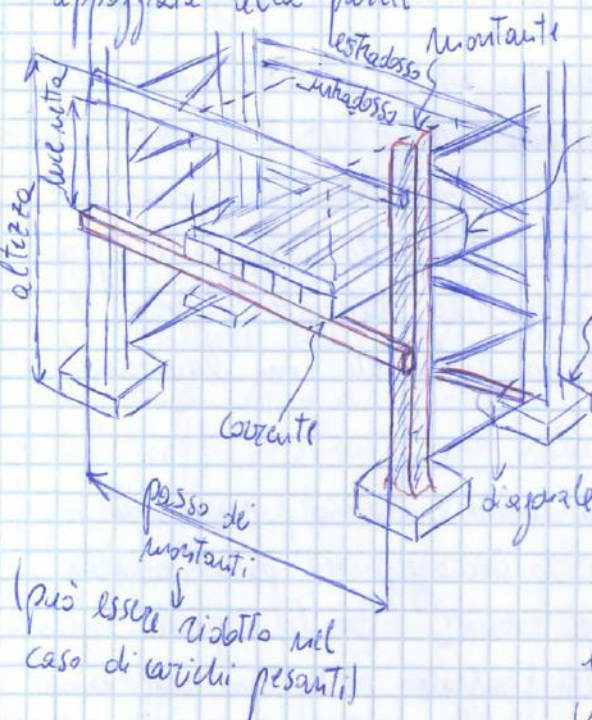
- ha un elevato coefficiente di sfruttamento sia superficiale che volumico, con un indice di selettività massimo  $I_s = 1$ . Inoltre la mobilità ha un basso costo.
- la potenzialità di movimentazione è bassa a causa dei spostamenti aggiuntivi dei mezzi di trasporto interno per l'accesso alle UDC.

- Scaffalature tradizionali (è la tipologia di magazzino più diffusa): sono caratterizzate da più ripiani di sostegno accessibili da entrambi i lati da operatori o mezzi di trasporto.

- non hanno limitazioni nelle operazioni di prelievo e quindi hanno selettività pari a 1.
- per il prelievo si utilizzano carroponte d'impilaggio per altezze superiori ai 10 m, per la movimentazione si utilizzano correlli e forchet di varia tipologia caratterizzati da velocità, altezze di prelievo (in genere inferiori ai 10 m), portata e larghezza d'ombra per il transito nei corridoi.

→ Aumentando la larghezza dei corridoi (progettati per il passaggio fluente di mezzi) diminuisce lo sfruttamento superficiale, tuttavia è possibile aumentare l'altezza delle scaffalature per aumentare lo sfruttamento volumetrico. Aumentando l'altezza degli scaffali, la portata dei mezzi come correlli viene ridotta, a favore del material handling (= movimento di stoccaggio, controllo e protezione di materiali, merci e prodotti in tutto il processo di fabbricazione, distribuzione, consumo e smaltimento).

→ Le scaffalature in genere sono biface (consentono lo stoccaggio di prodotti da ambo i lati), può capitare che una scaffalatura sia monoface per la sua posizione appoggiata alla parete.



→ Elementi strutturali della scaffalatura:

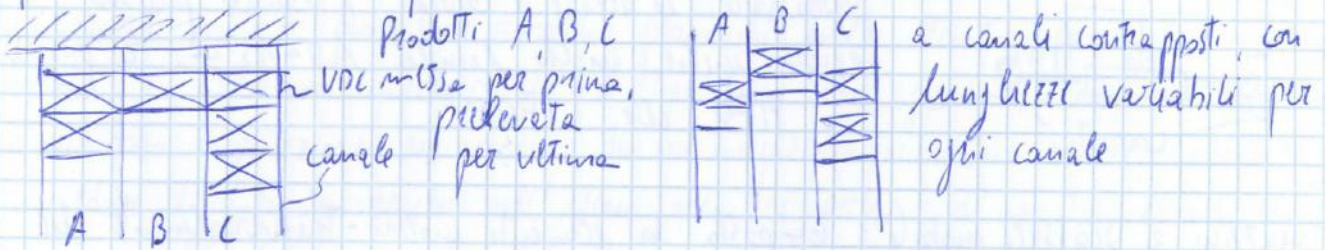
- montante, elemento verticale di sostegno
- corrente, elementi continui orizzontali, profili tubolari speciali per il sostegno dell'UDC. Sono solidali con incastri.

L'altezza di una scaffalatura è la distanza dal pavimento dell'estradosso dell'ultimo montante.

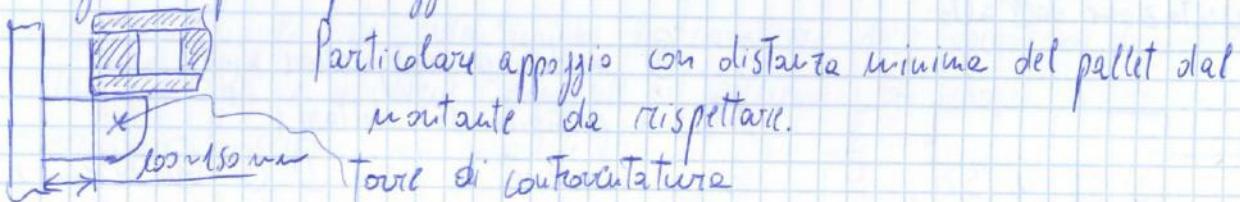
→ Viene definito come "vano" lo spazio reso disponibile dal passo e dalla profondità della scaffalatura. La locazione è lo spazio effettivamente disponibile per l'ombra di un'unità di carico.

Al corridoio viene individuato dai montanti di due scaffalature diverse (interfacciati dallo stesso numero): 0-1 corridoio 1-2 corridoio 2-3... 1

Logica del funzionamento: si preleva il prodotto nel canale e fino a quando il prelievo non è terminato (sia in profondità, sia in quota) non è possibile procedere all'inserimento di nuove scorte, stessa cosa valida per l'inserimento del prodotto. Il prodotto è inserito e prelevato dallo stesso lato.



- Drive through FIFO, il carico e lo scarico avviene da lati opposti. La colonna deve essere completamente liberata prima di accedere alla successiva (come nel caso precedente), la variazione è la possibilità di avere nel canale un'entrata per il carico ed un'uscita per lo scarico.
- le scaffalature passanti hanno coefficienti di sfruttamento volumetrico maggiori rispetto a catasie, grazie alla possibilità di elevarsi fino a 6-7m, l'indice di selettività è  $I_s \leq 1$ .
- la torre di controventatura offre rinforzo allo scaffale, tuttavia rappresenta un ingombro per il passaggio dei mezzi.

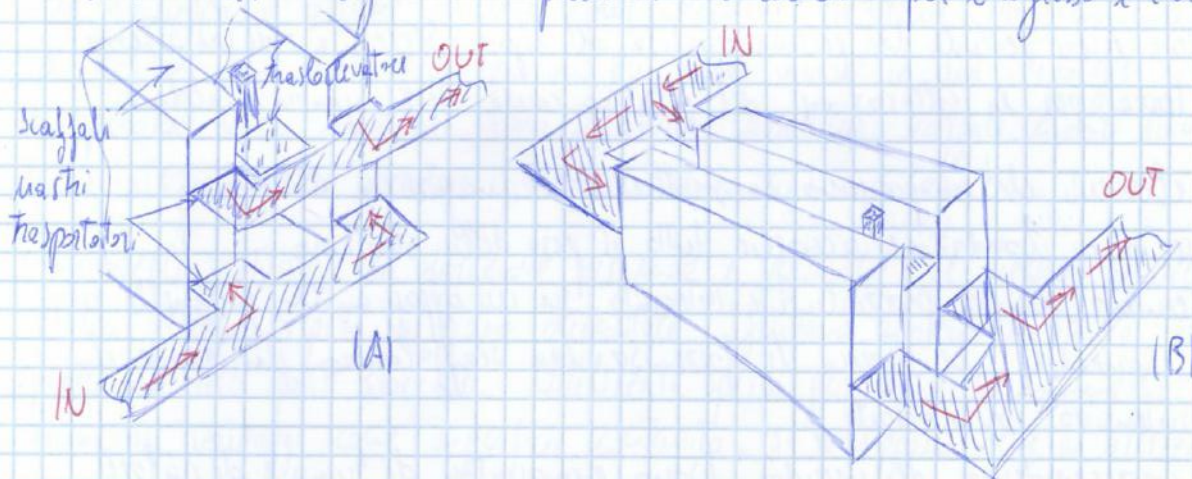


"Magazzini dinamici": dal costo e di ingombro elevato, consentono di aumentare l'utilizzazione dello spazio movimentando UDC o scaffali, per minimizzare lo spazio di movimentazione nei corridoi. (vedere soluzioni glass rail e push back)

- Magazzini a gravità (o live storage): scaffalature dotate di rulliere inclinate con pendenze del 3-4%, che assicurano la rotazione della merce, le lunghezze delle corsie fino a 15-18m, altezze fino a 10m. Caratteristiche:
  - alti coeff. di sfruttamento volumetrico maggiori delle soluzioni precedenti, grazie alla possibilità di elevamento maggiore in altezza (una fetta di volumetria viene persa per l'inclinazione delle rulliere)
  - eliminando i corridoi d'accesso si ha un coeff. di sfruttamento superficiale maggiore rispetto ai scaffali passanti
  - consentono la gestione FIFO e hanno selettività  $\leq 1$
  - il lavoro è consentito da fuoriuscita di un solo pallet alla volta
  - le luci sono piccole, è facile che un prodotto di modeste dimensioni s'incestri. → è possibile

Gli elementi costituenti principali di un magazzino automatico sono: i trasballeatori (robot per spostamento triassiale), scaffalature di tipologia tradizionale, i sistemi di movimentazione o trasportatori per UDC (come rulli o nastri trasportatori), i sistemi di trasmissione delle informazioni e dei comandi (componenti hardware e software), la componente civile (fondazione robusta, planarità molto elevata, pavimentazione, copertura...), soluzioni impiantistiche di tipo fisso che agiscono in maniera autonoma come nel caso di protezione antincendio. In un magazzino automatico non c'è necessità di riscaldare l'ambiente perché all'interno non c'è presenza di operatori, essendo un sistema completamente automatizzato, quindi vi è la possibilità di spostamenti di UDC al buio (l'impianto d'illuminazione consente solamente le procedure di manutenzione). C'è la necessità di sistemare dei lucernari e dei cupolini sul tetto in corrispondenza dei corridoi, come evaquatori di fumo e di calore.

Importante: ad ogni corridoio in genere corrisponde un unico trasballeatore, inoltre il traslatore (che gestisce le traslazioni del robot) deve essere in grado di poter accelerare fino a raggiungere una velocità massima, per cui i magazzini automatici devono avere tabelle elevate con lunghezze che oscillano mediamente tra 100-150 m, sviluppandosi anche in altezza. Nella testata del magazzino c'è un "apparato di controllo sagoma" che con dei dispositivi fissi di misurazione a scansione laser controlla ogni singola UDC, verificando la correttezza delle operazioni di controllo e un sistema di rulli e di catene consente il prelievo e lo scarico di UDC sul trasballeatore. Di seguito sono presentate due soluzioni per l'ingresso e l'uscita di UDC:



(A): ingresso e uscite delle UDC in corrispondenza di un'unica testata delle scaffalature con sviluppo in quota (carico primo livello, scarico secondo livello) che introduce delle discontinuità.

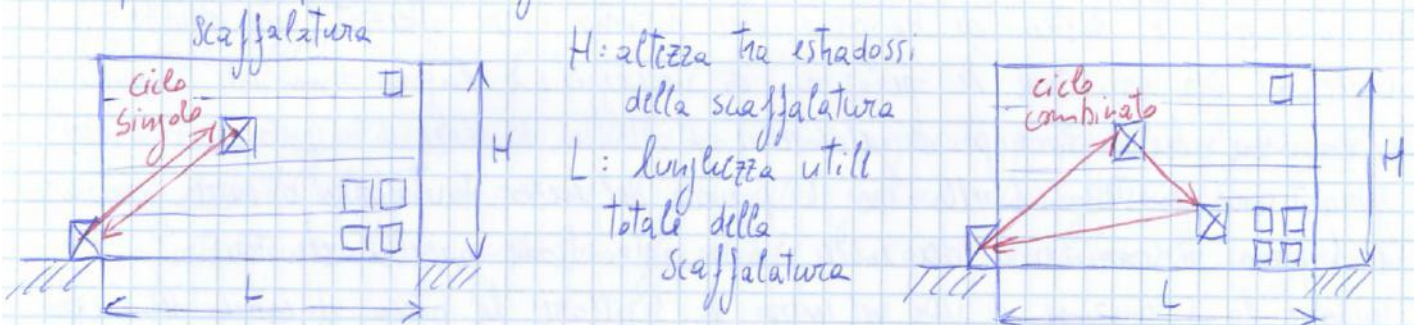
(B): UDC entrano da una testata ed escono dall'altra, per centralizzare i movimenti si raddoppia la forza lavoro (si impiegano lunghissime rullerie per tornare al punto iniziale)

=> come sempre si ricerca la soluzione ottimale!



→ ciclo singolo: nel versamento il trasbortatore si posiziona in corrispondenza di rulli, inforca l'UDC, viaggia fino al punto finale, controlla se la cassetta di destinazione è quella giusta, in caso affermativo scarica l'UDC, infine ritorna (a vuoto) nella posizione di partenza. Oppure il trasbortatore rimane nella posizione di partenza, poi si reca nel punto prestabilito, preleva l'UDC e ritorna alla stazione di scarico per rilasciarla.

→ ciclo combinato: massimizza il trasporto secondo una logica di tipo random. Il trasbortatore è fermo nella stazione di prelievo, operazioni di presa, trasferimento alla posizione di scarico, stoccaggio nelle scaffale, trasferimento fino al punto in cui si trova il carico da prelevare, prelievo, trasferimento alla stazione di scarico, rilascio.



Il sistema è utile perché consente un lavoro continuativo senza avere il decadimento fisiologico degli operatori. In posizioni vicine vengono lasciati i prodotti più movimentati.

- Magazzini per UDC di piccole dimensioni: in alcuni casi si prevede l'utilizzo dei magazzini per gestire contenitori di plastica e non pallet, quindi viene privilegiato lo sviluppo di alcune attività come picking, refilling (rifornimento delle quantità) e kitting. La loro organizzazione può essere divisa in due tipologie:
  - operatori verso materiali (scaffalature, cassette, scaffali mobili (dinamici))
  - materiali verso operatori (caroselli (dinamici), miniload)

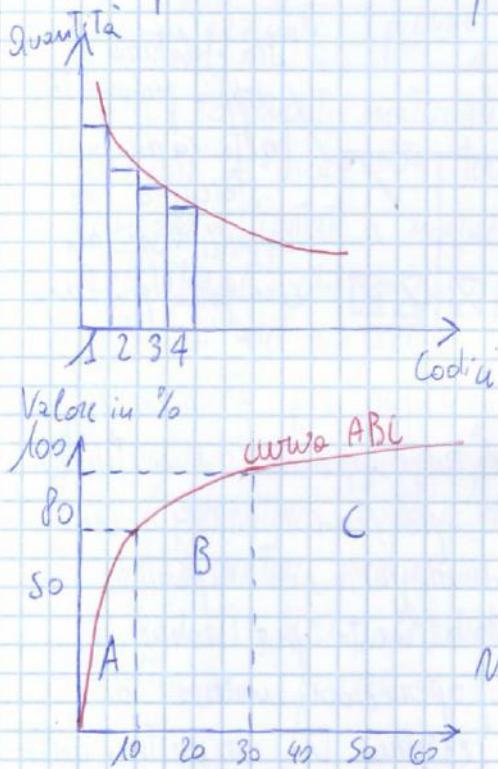
- Caroselli verticali: la direzione del moto è verticale e il prelievo avviene sempre alla stessa altezza rispetto al piano orizzontale. Sfruttano appieno lo spazio dedicato e offrono protezione alle parti stoccate. Utilizzati spesso per lavori ser commessa presentano numerosi vantaggi come superficie contenuta, si sviluppano bene in altezza, possono essere addossati a pareti, sono preferibili ergonomicamente, non fanno cubatura (spazi vuoti nel fabbricato) perché sono smontabili. Come svantaggi sono dei sistemi abbastanza lenti e costano il 40% in più rispetto ai caroselli orizzontali.

- Caroselli orizzontali: vani motorizzati che si muovono su di un percorso orizzontale in modo da portare la colonna di interesse in prossimità dell'operatore che invece rimane fisso, raggiungendo lunghezze di 20-30m, sono adatti per prefabbricati non troppo alti. È possibile affiancarne due-tre per dare le possibilità

- b: lunghezza telescopio anteriore (per estensioni) 500 - 1000
- l: lunghezza della pedana 1300 - 2100 - 2400
- h: altezza del vano tecnico 800 - 850

Il piazzale con pedana presenta delle cavitarie che servono al deflusso dell'acqua. Devono essere sottoposte frequentemente al drenaggio per liberarle da corpi estranei che potrebbero causarne l'otturazione.

- Portale cobentato: strutture frontali denominate portali o sigillanti per la capacità di isolare termicamente il magazzino dall'ambiente esterno.
- Tunnel mobili: portali facilmente compattabili che non fanno cubatura facilitando il carico e lo scarico dei materiali con le intertempie. Il fronte posteriore è fissato all'edificio, quello anteriore può scorrere su ruote.
- "Il metodo ABC": utilizzato in statistica viene applicato per analizzare le scorte immagazzinate al fine di ridurre il peso della gestione di singoli magazzini. È importante esaminare quali sono gli articoli sui quali esercitare un maggiore controllo.



L'analisi di Pareto o ABC classifica i consumi annui di ogni articolo in ordine decrescente in base alla quantità stoccata o al valore immobilizzato. Si procede alla creazione di una funzione cumulativa che correla il numero di voci in percentuale al valore calcolato in percentuale di ogni articolo (può essere espresso in Euro o con la frequenza di prezzo degli articoli). Si osserva che la curva che rappresenta la funzione cumulativa presenta un andamento che può essere diviso in tre parti:

→ Materiali di classe A: meno del 10-20% degli articoli immagazzinati rappresenta il 70-80% del valore totale delle merci del magazzino (pesano in valore economico)

→ Materiali di classe B: a seconda dei casi vengono associati ad A o C, rappresentano il 20-25% delle voci che costituiscono il 20-30% del valore totale

→ Materiali di classe C: una percentuale superiore al 60-70% degli articoli immagazzinati, rappresentano solamente il 5% del valore totale (poco peso economico)

Esprimendo il numero di articoli in percentuale in funzione della frequenza di prezzo in percentuale non si detto che si ottenga la stessa curva ABC!

→ il prelievo non deve essere sottoposto a eccessive operazioni di sconfezionamento o riconfezionamento per la presenza di imballi successivi. L'imballaggio presenta un certo costo economico, ma non fornisce guadagno utile, i materiali non devono essere imballati singolarmente.

Sequenza delle operazioni di picking: il picking di ciascun tipo di materiali può avvenire per singoli ordini oppure per lotti di ordini, nel primo caso è sufficiente inoltrare i materiali che compongono i vari ordini alla confezione finale, nel secondo caso occorre prevedere a valle del picking una formazione di singoli ordini chiamata "sorting", attrezzando un'area specifica (prelievo a Bordeaux se l'operazione di picking dipende anche da volume e peso degli oggetti).

Per il prelievo di un certo quantitativo di merce le alternative progettuali sono due:

- I<sup>a</sup>) picking effettuato fuori dagli scaffali, in apposite postazioni in cui i materiali da prelevare sono temporaneamente depositati in posizione lontana.
- II<sup>a</sup>) picking eseguito presso le stesse locazioni in cui i materiali da prelevare sono immagazzinati (picking diretto in corsia).
- III<sup>a</sup>) UDC contenenti materiali da prelevare vengono trasferite presso stazioni di picking dedicate e una volta terminato il prelievo le UDC che non sono state esaurite vengono riportate a magazzino.
- IV<sup>a</sup>) I materiali che compongono gli ordini sono prelevati dal picker direttamente dalle postazioni del magazzino in cui sono dislocati (sul terreno su pallet o presenti una scorta per rifilling). Il picking può essere automatico o gestito da operatore.

Nel secondo caso sono possibili due diverse situazioni:

- A → l'operatore dispone di una lista di articoli da prelevare (picking list).
- B → l'operatore può essere guidato da un elaboratore che gestisce i prelievi ed indica tramite terminale video gli articoli da prelevare e le relative quantità, ciò ottimizza i percorsi.

"pick to light" → si gestiscono le liste di prelievo tramite la guida visiva luminosa dell'operatore, attraverso display opportunamente collocati nelle corsie di magazzino e sugli scaffali, si elude la necessità di un terminale o di una picking list.

"metodo alla spina" → se l'entità dei prelievi è tale da richiedere un reintegrato frequente dei prodotti prelevati direttamente senza spostare l'UDC, si prevede una base per le operazioni di picking e corredi adiacenti per le operazioni di alimentazione di contenitori pieni in sostituzione di quelli vuoti. Possono essere impiegati corredi commissariati per il picking e corredi trilaterali con implement

Centrale, che le indirizza verso l'operatore.

- L'organizzazione e la progettazione in fase di picking dipendono da:
  - caratteristiche dei materiali da prelevare (dimensioni, peso, modalità d'immagazzinamento), numero di voli sottoposti a picking, composizione e numero degli ordini spediti giornalmente

Riguardo ai problemi di picking si raccomanda di:

- cercare di ridurre il più possibile le operazioni di prelievo ed i tempi necessari.
- raggruppare più operazioni di picking relative ad uno stesso articolo
- individuare e valutare fin da subito tutte le possibili soluzioni tecniche
- valutare le innovazioni per migliorare l'identificazione, il prelievo, il confezionamento e l'imballo, considerando l'idea di una gestione automatica del sistema logistico.

### "Carrelli per il trasporto e per il sollevamento" (Tipologie)

Si tratta di mezzi di trasporto e per sollevamento discontinui, a traslazione manuale o motorizzata, i carrelli dotati di attrezzature che prelevano direttamente il carico sono le più diffuse fra le tipologie di carrelli utilizzati.

Carrelli:
 

- a piccolo sollevamento, per consentire il trasporto del carico
- a medio o a grande sollevamento, per trasportare carichi o pallet ed elevarli.

- Carrelli a traslazione manuale: possono essere a due ruote (per il trasporto di busti, barili, sacchi) o a quattro ruote (con due o quattro ruote pivotanti, che ruotano attorno al perno per consentire manovre in spazi ristretti, rendendo più difficoltoso il controllo del carrello. È presente anche una soluzione con timone a leva.

- Carrelli con azionamento manuale: impiegati per il sollevamento e la traslazione di pallet, pedane e colli con forma opportuna. Il sollevamento del piano di carico è comandato con manopola o pedale, da un dispositivo solitamente di tipo idraulico. Gli spazi di manovra che li caratterizzano sono molto limitati, per cui possono operare in corridoi più stretti rispetto ai carrelli motorizzati, inoltre possono essere dotati di implement per la movimentazione di carichi della forma irregolare. Comprendono transpallet e carrello trasportatore elevatore per altezze di sollevamento più elevate. → Il transpallet infiora dal lato for, gli implement compenetrano celle di carico per monitorare il peso trasportato.

### - Carrelli motorizzati:

Sono i più utilizzati nell'industria, possono essere con motore termico a combustione interna (in tal caso è vietato il loro utilizzo in ambienti chiusi) o con motore elettrico. Si distinguono carrelli con manovratore a bordo e carrelli con manovratore

In alcuni casi il montante è fisso, in altri è estendibile con soluzione telescopica (duplex, triplex), in questo caso montante estendibile e piastra salgono insieme. È possibile dotare i carrelli con forche frontali con numerosi implementi che rendono possibile la movimentazione di una determinata tipologia di carico, se i carichi sono variabili si richiede l'impiego di più implementi differenti. Inoltre è possibile avere bracci delle forche con interasse variabile, la piastra-postaforche può spostarsi lateralmente rispetto ai montanti, fornendo una maggiore flessibilità nella gestione delle UDE.

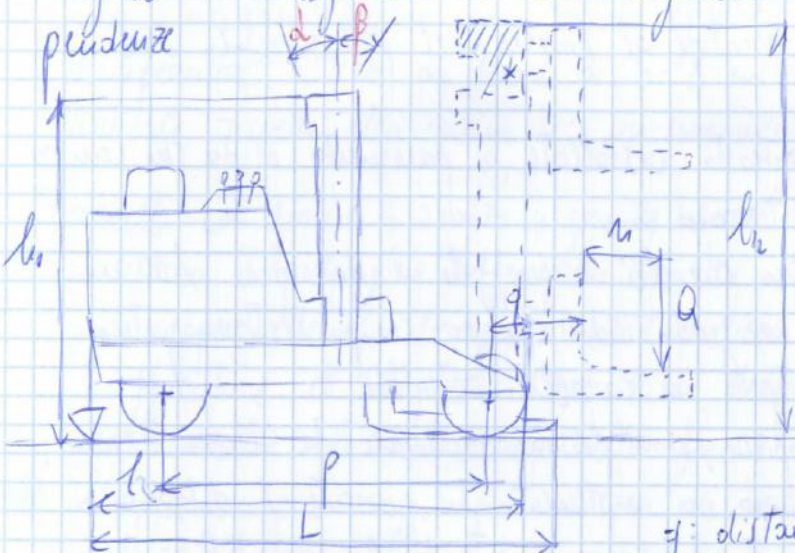
• Carrelli con montanti retrattili: i montanti sono spostabili in avanti tramite glitte con comando elettro-idraulico. Caratteristiche principali del carrello:

→ rendono possibile il prelievo delle UDE da tutti i lati, il prelievo e il deposito avvengono senza la necessità di movimento del carrello, traslando solamente la posizione delle forche in direzione frontale. La posizione del carrellista è ortogonale rispetto alla direzione di movimento, per un risparmio d'inquadratura ed è protetto da roll-bar in acciaio in caso di cadute accidentali di carichi. Le dimensioni dell'usc devono essere inferiori della luce libera tra i longheroni.

→ ha un'alta manovrabilità con un ridotto inquinamento in fase di sterzata.

→ il montante porta-forche è in grado di fare avanzare le forche oltre l'estremità dei longheroni ed è dotato di brandeggio.

→ il carrello è a batterie, è equipaggiato con ruote in vulkollan, un materiale caratterizzato da un'elevata durezza, ma che non lo rende adatto a circolare su superfici irregolari come asfalto. Essendo i longheroni bassi, il carrello non è adatto a superare pendenze.



$h_1$ : ingombro del montante a riposo (\*soluzione duplex, triplex...)

$h_2$ : ingombro massimo forche in posizione di prelievo

$p$ : passo tra ruote

$L$ : ingombro complessivo nella posizione di riposo

$l$ : ingombro del carrello

$d$ : distanza tra asse e piastra anteriore portaforche

$m$ : distanza tra piastra anteriore portaforche e il baricentro del carico.

$\alpha, \beta$ : angoli di brandeggio per inclinare rispettivamente indietro o in avanti il montante per facilitare le operazioni di prelievo e di deposito (è utile anche in caso di frenatura d'emergenza).

- Carrelli commissionatori: comprendono transpallet elevatori commissionatori, chiamati anche magazzinieri, carrelli con forche a sbalzo (o combinati), carrelli con forche a sbalzo a grande altezza (o combinati).  
 Caratteristiche principali: l'operatore può salire in quota, tali carrelli vengono impiegati quando è necessario prelevare o depositare una parte soltanto del materiale costituente le singole unità di carico, quindi si cerca di avvicinare l'operatore alle singole UDC. Consentono anche la movimentazione di UDC intere fuori dai scaffali e la possibilità di picking o refilling. Non necessitano di sterzata all'interno dei corridoi degli scaffali, al massimo sono costretti alla retromarcia (alcuni costruttori prevedono sedili girevoli di  $45^\circ$  o disposti trasversalmente, per una maggiore visibilità ed ergonomia dell'operatore durante le retromarcie). Funzionano a batteria, hanno ruote in vulcanite di elevata durezza e quindi non sono adatti a circolare su piazzali esterni o pendenze.

### "Transpallet elevatori commissionatori":

- presentano forche a sbalzo e di tipo ricoprente, consentendo operazioni di picking o di refilling di colli da e per UDC intere precedentemente collocate sulle scaffalature.
- L'operatore è su una piattaforma sollevabile fino a 2 metri rispetto al piano pavimento.
- Presentano un peso proprio, un ingombro e degli spazi di manovra in genere ridotti.

### "Carrelli con forche a sbalzo": (carrelli combinati)

- consentono il picking e il trasporto di UDC intere, ma non sono adatti ad effettuare lo stoccaggio, quindi non possono effettuare il prelievo e il deposito di UDC intere.
- l'operatore altezze da terra di 6-8 metri e le forche sono dotate di movimento verticale rispetto alla cabina (c'è un movimento relativo delle forche rispetto all'operatore).

### "Carrelli con forche a sbalzo a grande altezza": (carrelli combinati)

- consentono il picking e il trasporto di UDC intere e sono in grado di stoccare UDC intere, permettendo il deposito ed il prelievo di UDC intere all'interno delle scaffalature di magazzino sul lato destro e sinistro. Comprendono un implement che consente la rotazione delle forche.
- l'operatore può raggiungere altezze da terra superiori agli 8 metri (fino a 14m) e le forche possono muoversi verticalmente rispetto alla cabina, traslare con movimento telescopico o ruotare con implement girevole (la piastra portaforche trasla senza la necessità di forche telescopiche).
- la lunghezza tutto fuori L, in questo caso è misurata con l'implement ruotato, a differenza del caso precedente in cui comprendeva l'intera lunghezza delle forche disposte frontalmente (carrelli con forche a sbalzo).  $L \approx 3-4$  metri  $Q \approx 1500$ kg

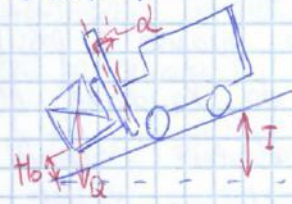
$I$  = inclinazione della piattaforma di prova (4% per  $Q < 5000$  kg pendenza)

- prova di stabilità longitudinale in movimento

$Q$  = portata nominale  $H_0 = 330$  mm dalla piattaforma inclinabile

$d$  = massima inclinazione all'indietro dei montanti

$I$  = pendenza della piattaforma (1,8%)

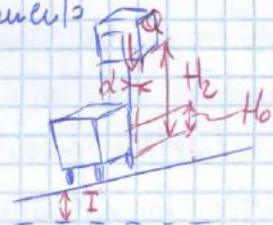


- prova di stabilità laterale in impilamento

$Q$  = portata nominale  $H_2$  = massima altezza di sollevamento

$d$  = massima inclinazione all'indietro dei montanti

$I$  = pendenza della piattaforma (6%)



- prova di stabilità laterale in movimento:

Al carrello è scarico,  $H_0 = 330$  mm dalla piattaforma inclinabile

$d$  = massima inclinazione all'indietro dei montanti

$I$  = pendenza della piattaforma (50% per  $Q < 5000$  kg, 40%  $Q > 5000$  kg)

- La capacità portante per ogni carrello è misurata da:  $C = I \cdot Q$  (cm · kg)

$I = A + B$ ,  $Q$ : peso lordo del carico trasportato. La portata subisce un declassamento con l'aumento dell'altezza a cui viene portato il carico

- Prescrizioni che riguardano la velocità di movimentazione:

- velocità di traslazione  $< 2,5$  km/h, se il posto di guida o il meccanismo di sollevamento supera 2500 mm di altezza rispetto alla posizione più bassa
- velocità di traslazione  $< 4$  km/h, se il carrello è utilizzato fuori dai corridoi di accatastamento o dentro corridoi privi di dispositivi di guida ed il carico e/o l'operatore sono sollevati da 500 a 2500 mm rispetto alla loro posizione più bassa.
- velocità di traslazione  $< 16$  km/h, valida in condizioni sotto carico per carrelli con operatore in piedi oppure con posto di guida sollevabile.

"Fondamenti di Lean Production": significa letteralmente produzione snella, con un approccio che consiste nell'ineguerrizzazione dei nuovi processi produttivi manifatturieri (o ri-ineguerrizzare quelli già esistenti di tipo tradizionale), per ottenere livelli più elevati possibile di valore in output, il che si ottiene eliminando o riducendo tutte le attività a non valore aggiunto nei processi produttivi e nel riorganizzare razionalmente tutte le attività a valore aggiunto (si eliminano gli sprechi = waste, in giapponese sono i "muda").

Le operazioni possono essere di tre tipologie: operazioni a valore aggiunto (il valore

- attesa, spreco facilmente individuabile che si manifesta quando un operatore non svolge alcun lavoro in attesa di materiale o di mezzi di produzione
- trasporti, sono attività a non valore aggiunto ma necessarie. Possono diventare un marda nel caso di scovetta impostazione del layout, spazi sovradimensionati, materiali stoccati in quantità eccessive e lavoro non organizzato in maniera adeguata.

- trasporto multimodale → trasferimento di una merce che utilizza almeno due modi di trasporto differenti (Es. carrello + autoarticolato)
- Trasporto intermodale → trasferimento di merce che utilizza più modi di trasporto ma con lo stesso contenitore, senza la rottura di carico.  
unità di trasporto intermodale (UTI = container o semirimorchi)
- Trasporto combinato → intermodale con percorrenze per ferrovia, o per mare, con percorsi terminali o iniziali, più corti, su strada.

R.R.T. (Rail Road Terminal) → trasporto ferroviario di merci, ultimamente è in crisi.

- Gateway: consente di trasferire carichi che provengono da altri convogli, è inquadrato in strutture collocate lungo le direttrici ferroviarie aventi maggior traffico di merci.
- Centro intermodale: privo di magazzini e depositi, permette il solo scambio fra vettori delle unità di carico (container). È ubicato in adiacenza di un terminal ferroviario. I vettori hanno tempi ridotti di permanenza.
- Centro merci: oltre al centro intermodale prevede magazzini per interventi di manipolazione sulle merci. È la piattaforma più simile all'interporto.

"Interporto": complesso organico di strutture e di servizi integrati e finalizzati allo scambio di merci tra le diverse modalità di trasporto, collegato con ferrovie, porti, aeroporti e viabilità di grande comunicazione (centro più complesso ed organizzato attualmente a disposizione della logistica integrata. Mesce pubblico, ma può diventare privato attraverso un soggetto imprenditoriale.

l'interporto ≠ terminal per il modo diverso di valutare la merce

- Unità di carico per il trasporto intermodale (I.T.U.) → contenitore (container), casse mobile (swap body), semirimorchio (semitrailer)
- ↳ camion stradale 33 europallet
- ↳ (per 22 europallet)
- Il treno è multichente.



## - Esempi reali di impianti industriali

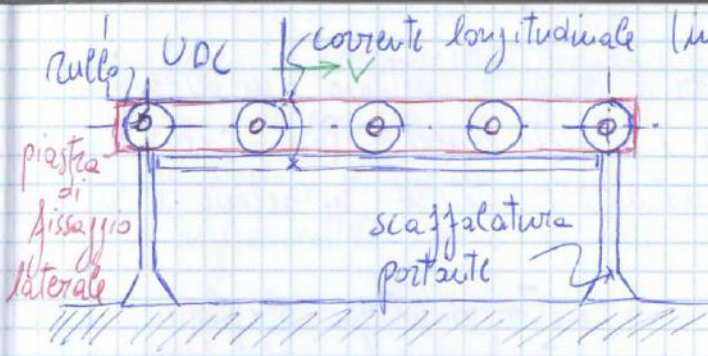
"Stabilimento Lignotto, del 1920" → si sviluppa verticalmente, presenta una rigidità del ciclo produttivo, gli spazi sono fortemente vincolati, ciò comporta una certa difficoltà di ampliamento, i flussi logistici sono complessi e i trasporti interni (montacarichi) presentano limiti evidenti.

"Stabilimento Mirafiori, del 1937 e raddoppiato nel 1956" → si sviluppa orizzontalmente semplificando i flussi, il fabbricato è monoblocco, ci si focalizza sull'impianto produttivo dilatando le distanze interne, tuttavia ciò significa che le distanze interne sono dilatate ed è presente un unico fronte di arrivo dei materiali. Le uniche modifiche possibili sono attribuibili agli interni per il miglioramento del layout, c'è una richiesta di flessibilità e si tende alla devirtualizzazione. Lo smistamento dei materiali avviene dopo un lungo trasporto (muda).

"Stabilimento Cassino, '70-'80" → scelte progettuali evolute rispetto a Mirafiori (pluri fabbricato a schiera secondo una sequenza di tipo produttivo, ogni fabbricato è dimensionato a seconda della funzione che svolge, i materiali sono accessibili ad ogni corpo, buona disponibilità del terreno con trasporto inter-rail, integrazione con CIM (computer integrated manufacturing) o automazione "flessibile" dovuta allo sviluppo informatico (integrazioni con robot). La flessibilità è il nuovo paradigma d'indagine, il personale viene coinvolto poco durante le operazioni e i livelli di efficienza produttiva sono bassi. Verranno modificati il coinvolgimento dell'operaio, riduzioni di accumuli interoperazionali e appesantimento del WIP (Work in progress).

"Stabilimento Melzi, 1993" → l'uomo si porta al centro del processo produttivo, la logistica inizia ad essere studiata accuratamente (focus sulla logistica dei materiali e delle persone), applicazioni just in time, lean production, i fornitori sono integrati e c'è una coabitazione di aziende diverse, la contabilità viene effettuata contando i contenitori che ritornano (principio del Kanban).

"Stabilimento Smartville, 1997" → focus sulla modularità produttiva (5 moduli), quindi la macchina risulta meno complessa, il layout è a croce, è presente una dorsale di assemblaggio con riduzioni di tempi (140 fasi con 4 h di manodopera per realizzare una Smart) per l'ampliamento si lavora sul processo, quindi sulla produzione, applicazioni sul just in time e riduzione del Throughput time (tempo di conversione da raw materials al prodotto finito).



Per caratterizzare un trasportatore a rulli è necessario conoscere: diametro del rullo, diametro dell'albero, lunghezza del cilindro esterno al rullo, interasse tra rulli, passo.

- Per i trasportatori a struttura orizzontale il comando dei rulli che spingono il materiale è composto da: catene motorizzate che comandano la rotazione dei rulli o nastri (inghieri) mobili che scorrono lungo la parte inferiore
- Per le strutture portanti con correnti longitudinali inclinate a causa della pendenza, i rulli sono "folli", cioè l'avanzamento del materiale può avvenire solo a causa delle forze di gravità. (È sufficiente una pendenza del 1-6% per l'avanzamento dei folli).

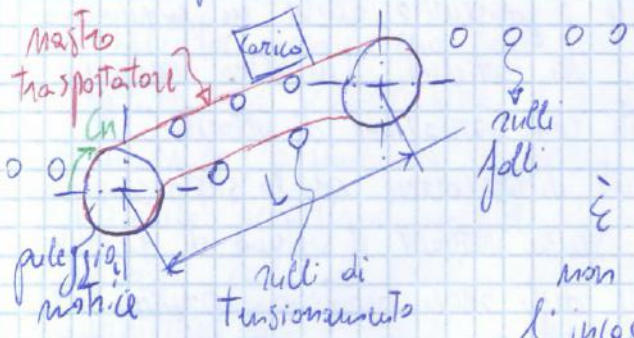
### → Classificazione dei trasportatori a rulli:

- a rulli orizzontali → strutture portanti in piano, il movimento dei materiali sui piani a rulli avviene a seguito di un intervento dell'uomo o di un mezzo meccanico.
- a rulli a gravità → pendenza delle strutture portanti con avanzamento per gravità.
- a rulli motorizzati → la rotazione dei rulli è assicurata da motori, catene, nastri
- a rotelle → per carichi leggeri (come contenitori Odette) e a fondo piatto, le rotelle sono costituite da rulli stretti in lega leggera, montati su cuscinetti a sfere. Hanno i seguenti vantaggi: leggerezza, costo relativamente basso, tuttavia presentano una resistenza minima e una durata limitata.

- "Curve e deviatori": per far compiere al materiale movimentato percorsi non rettilinei, oppure deviazioni (è importante gestire i tempi per evitare accumuli, per un pallet la rotazione è di 13 s). Si ricorre a: curve a rulli conici o cilindrici, curve a rotelle, piattaforme giranti o a sfere, deviatori mobili distlivelli.

"Trasportatori a catene": due o più catene mosse da ruote dentate collegate ad un gruppo motoriduttore, il carico movimentato è appoggiato sulle catene (il pallet è collocato dal lato lungo), inoltre il trasportatore a catene si interfaccia con altri sistemi di trasporto meccanici come quelli a rulli. È un sistema rapido perché non introduce rotazioni nei carichi movimentati.

la lunghezza  $L$  del trasportatore misurata tra gli assi dei tamburi, la larghezza del masto e il numero di tele o lo spessore o il tipo di materiale che costituisce il masto stesso, l'inclinazione del masto in caso di dislivello  $\Rightarrow$  (dimensioni, attrito su piana rettilinea, diametro delle pulegge e dei rulli, velocità del masto).



- Elementi costruttivi che costituiscono il masto: galoppini e tenditori a vite, a molla o a contrappeso.  
 È possibile sovrapporre più masti, tuttavia non è possibile distanziarli, per evitare la caduta o l'incestro di corredi.

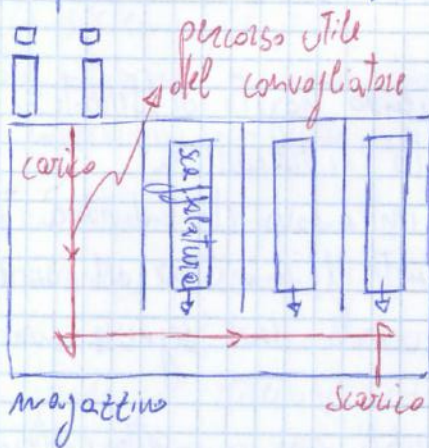
"Trasportatori a piastre": sono costituiti da piastre sopportate da ruote e trascinate da due catene disposte ai lati, il movimento è assicurato da delle ruote dentate installate in corrispondenza della testata motrice (vengono chiamati trasportatori Apron). Le piastre hanno un profilo che consente la rotazione in corrispondenza delle testate e impediscono la caduta di materiale da una piastra all'altra  $\Rightarrow$  sono adatti per il trasporto di materiali abrasivi o a temperature elevate.

"Trasportatori a tapparelli": sono simili agli Apron, si differenziano per il fatto che le piastre sono sostituite da tapparelli (di legno, plastica, lamiera...) che non presentano risvolti e hanno interstizi fra una tapparella e l'altra.  
 (Per colli, sacchi, cassette...)

"Trasportatori meccanici mobili": comprendono convogliatori aerei e catena e a correlli, i sistemi di trasporto a catena sono caratterizzati dal fatto che una o due catene tracenti assicurano l'avanzamento del materiale, il quale è supportato da appositi elementi portanti (bilancello, correlli, piastre...).

- Distinzione convogliatori aerei monorotaia / birotaia: (Applicazioni automotive per sciocche...)
  - monorotaia, una catena tracente compie un circuito chiuso trascinandosi sui correlli scorrevoli (trolley) sopra una via di corsa costituita da un profilato a "I". Sono in grado di superare dislivelli e i cambi di direzione sono affidati a ruote o a rulli ad asse verticale affiancati tra loro.
  - birotaia, a due vie di corsa, quella superiore contiene i trolley power (elementi motori del sistema inseriti in profilati IPN "I", quella inferiore contiene il trolley free (elemento condotto) contenuto in profilati CPN "I").
- Al birotaia gestisce meglio gli accumuli, comportando un maggiore costo complessivo.

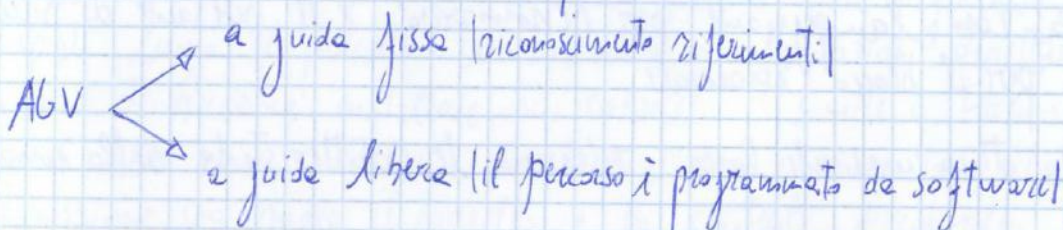
- Convolgitori con catena aerea: simili a ski lift, per lunghi trasferimenti, consentono la movimentazione di carrelli mediante l'aggiungimento degli stessi ad un convogliatore aereo monotratte sovrastante. Gli attacchi tra carrelli e catena, sospesi al convogliatore aereo, rappresentano un intreccio mobile permanente.
- Convolgitori con catena sotto piano pavimento: si effettua una fresatura sotto pavimento, la scanalatura è correllabile e non rappresenta un pericolo d'incastro, affiancando il trolley, il carrello viene trascinato con delle variazioni di profilo per gli accumuli. La catena trascinata si muove in una apposita sede ricavata sotto il piano pavimento e i gruppi di comando sono del tipo caterpillar ⇒ i trolley sono opportunamente distanziati. Limiti del sistema:



non c'è possibilità di ri-layout di percorso (si individua un percorso che non viene mai modificato).

"Trasportatori automatici" (carrelli filoguidati, veicoli o carrelli a guida automatica, AGV, AGVS) → sono noti come AGV

"Automatic guided vehicles" (AGV) → sistema automatico che sostituisce il correllista, un impianto che provvede a guidare i carrelli lungo i tragetti prestabiliti, tuttavia le operazioni eseguibili sono sempre le stesse. Sono alimentati a batterie di accumulatori, è possibile trasmettere comandi, informazioni, situazioni di carico tra il sistema di gestione ed i carrelli. L'intero impianto costituito dagli AGV è monitorato da un computer dedicato ⇒ rispetto al caso precedente il ri-layout è più fattibile. Il computer controlla il sistema di guida e l'impianto per comunicazioni e questi due consentono il controllo dei carrelli che eseguono in modo automatico i percorsi richiesti dalle esigenze di movimentazione dei materiali dello stabilimento. I percorsi degli AGV sono definiti da un cavo inserito nel pavimento attraversato da corrente, nastri o riscintori disposti sul pavimento (elementi del veicolo individuati dalla macchina), sistemi laser e di navigazione secondo la memorizzazione del percorso.

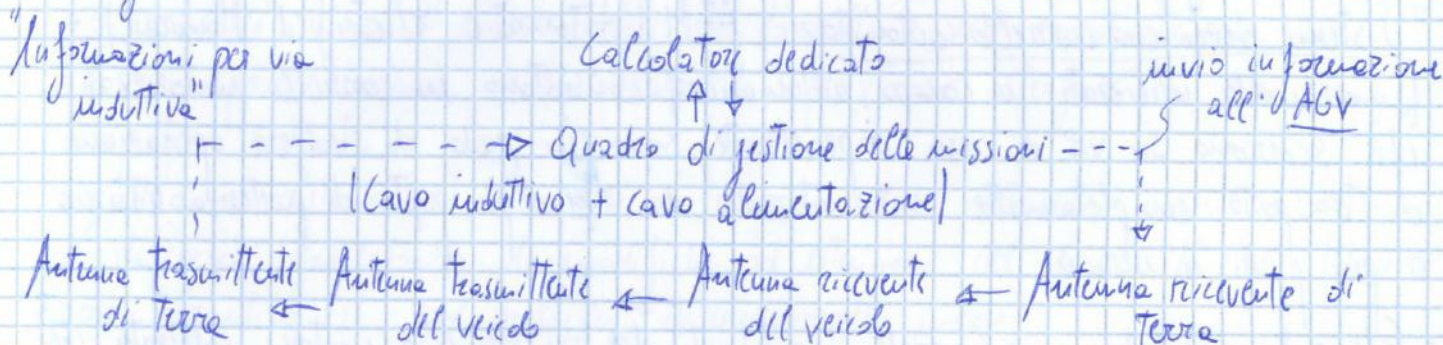


operativa, puntando i laser contro nastri catarisfrangenti disposti su punti fissi, in caso di fuoriuscita dal percorso programmato il computer di bordo fornisce le dovute correzioni. Esistono anche sistemi a guida libera con raggi laser → non seguono segnali di guida fissi, ma percorsi programmati, che sono provenienti dall'analisi dell'ambiente circostante da parte dei lettori laser.

- Sistemi a guida libera con navigazione stimata: non seguono segnali di guida fissi, ma percorsi programmati da software, che sono sviluppati dai sensori di spostamento per cui ad una certa rotazione della ruota corrisponde una certa posizione del percorso. La precisione del sistema è piuttosto scarsa, quindi tale sistema è adatto su tragitti brevi. Sono presenti dei sistemi che sono la combinazione di guida induttiva e navigazione stimata → la frenatura non è necessaria in tutto il percorso dell'AGV.

- Trasmissioni di comandi e informazioni:

- mediante tastiera alfanumerica, tramite la quale vengono trasmessi messaggi codificati al microprocessore di bordo. Ogni carrello è provvisto di antenne in grado di rilevare codici o magneti installati a pavimento. I messaggi attivano programmi memorizzati comprendenti il percorso da seguire, le destinazioni da raggiungere, le operazioni di carico e scarico da eseguire.
- trasmissione per via induttiva, le informazioni scambiate con i carrelli sono trasmesse tramite il cavo disposto sotto il piano calpestio. Mediante modulazioni di frequenza o di intensità di corrente, vengono trasmessi comandi ed informazioni alle antenne o bobine del carrello e viceversa.



• trasmissione a raggi infrarossi, colloquio tra sensori del calcolatore dedicato ed i carrelli tramite impulsi ottici nella gamma dell'infrarosso, prodotti da LED disposti lungo il percorso che inviano le informazioni direttamente alle unità di ricezione installate sui carrelli. (simile a trasmissione ottica in cui i LED sono sostituiti da trasmettitori e ricevitori ottici).

• trasmissione via radio, il carrello e la centrale di controllo colloquiano in

2. Carico. (Alimentazione AC-DC, alcuni costruttori offrono carrelli dotati di batterie per i quali non occorre alcuna linea di alimentazione). Il sistema di controllo è costituito da un PLC (controllo logico programmabile) → la trasmissione dei segnali di comando e di controllo avviene con dei sistemi analogici a quelli dei carrelli ABV (raggi infrarossi, laser, segnali ottici onde radio).
- Vie di corsa aeree: costituite da rotaie in lega leggera. La parte superiore supporta il carico mentre le facce laterali fungono da guide. Su un fianco della rotaia sono installati i conduttori di alimentazione elettrica, di trasmissione dei comandi ai carrelli e di ricevimento (posizione, stato di carico...)
  - Scambi: Telaio fisso + telaio mobile sul quale sono installati tratti di rotaia retti e/o curvilinei per scambi a due o tre vie oppure rotanti.
  - Discensori ed elevatori: elementi di sollevamento che interrompono la via di corsa e consentono al carrello motore di scendere, fungono da collegamento con le aree apposite. Provvedono ad alzare ed abbassare un tratto di via di corsa fino all'altezza necessaria (l'intera struttura costituente è appoggiata sulla fondazione).
  - Sistema di gestione e di controllo: le missioni dei carrelli e l'aggiornamento dell'eventuale situazione dell'impianto sono possibili grazie alla suddivisione in tratti direttamente collegati con il calcolatore dedicato (lo scambio di dati ed informazioni tra carrelli e computer avviene set-by-set).
- Le missioni dei carrelli possono essere comandate dalle stazioni di partenza, di arrivo o da un calcolatore di processo (PLC a bordo dei carrelli e più calcolatori impiegati negli impianti più complessi). I calcolatori consentono la gestione delle missioni e dei percorsi dei carrelli e sono eventualmente sottesi ad un'apparecchiatura centralizzata di supervisione interfacciata con un computer dedicato.
- Layout di un sistema ad automotori → tendenza verso costruzioni modulari delle vie di corsa, facilitando le modifiche od estensioni del layout iniziale (deve essere garantito il by-passaggio di un carrello motore).
  - Dispositivi di carico e scarico, consentono prelievi e depositi rapidi e sicuri di materiali da movimentare oppure il loro trasferimento da o su altri trasportatori (nullo, ABV...), macchine operatrici, magazzini (i sistemi aerei possono essere abbinati a rulli e catena).
  - Punti di forza dei sistemi automotori: installazione aerea senza intoppi e pavimentazione, i carrelli hanno ingombri limitati, elevate potenzialità di

flessibilità di avanzamento. Nel reparto verniciatura può essere necessario l'accumulo di scocche, quindi si creano dei cluster sul layout, differenziando il flusso delle scocche che devono andare in lavorazione.

## IMPIANTI DI DISTRIBUZIONE DEI FLUIDI

Piping: reti di distribuzione di sostanze liquide o gassose che fanno parte degli impianti generali e alimentano i macchinari e gli impianti tecnologici. Sono composti da tubi, giunti, raccordi, flange, guarnizioni, organi di intercettazione e di regolazione, accessori (manometri, filtri, misuratori di portata...).

La rappresentazione grafica delle reti, in mancanza di una simbologia, richiede l'adozione di un'apposita simbologia (Monte p. 780-781). Il piping quindi è l'insieme degli elementi costituenti di un tratto di tubazione per l'alimentazione di un fluido ad un'utenza. Il materiale dei tubi può essere acciaio o plastica (materiali polimerici). Tipologie costruttive di tubi → con o senza saldatura, lisci o filettati, con o senza rivestimento protettivo.

- Definizioni di base: (Per tubi)
- DN1 Diametro nominale → indicazione convenzionale per individuare i diversi elementi accoppiabili di una tubazione (tubi, flange, raccordi...); rappresenta approssimativamente il diametro effettivo interno dell'elemento di tubazione. (si gioca anche con lo spessore).
- PN1 Pressione nominale → indica una pressione convenzionale caratterizzante le possibilità di resistenza degli elementi costituenti una tubazione.

Secondo le normative ANSI, il DN  $\Rightarrow$  NPS (nominal pipe size) è misurato in pollici secondo il Nominal Size Designation, preceduto da un codice

Esempio NSD 1/2 in cui  $\frac{1}{2}$  inch =  $\frac{1}{2}$ "

Tutti gli apparati che costituiscono il piping devono resistere allo stesso modo  $\Rightarrow$  ci deve essere congruenza sulla loro robustezza.

La pressione effettiva di esercizio dipende dalla tipologia di fluido e dalla sua temperatura e in genere è inferiore alla pressione nominale. Vengono considerate tre condizioni tipiche di esercizio:

- Pressione di esercizio  $\equiv$  PE
- Temperatura tubo  $\equiv$  T
- PE = PN, se i fluidi non sono pericolosi e con  $T < 120^\circ\text{C}$
- PE = 80% · PN, se i fluidi sono chimicamente pericolosi a  $T < 120^\circ\text{C}$ , oppure i fluidi non sono pericolosi con  $120^\circ\text{C} < T < 300^\circ\text{C}$

# IMPIANTI E DISPOSITIVI ANTINCENDIO

Definizione incendio: processo di ossidazione violenta, in cui le fiamme rappresentano l'aspetto più appariscente. È una reazione chimica che avviene con la presenza contemporanea di tre elementi:  
 combustibile - comburente - sorgente di calore

(Triangolo del fuoco): basta ridurre uno di tre fattori ai lati per spegnere un incendio.



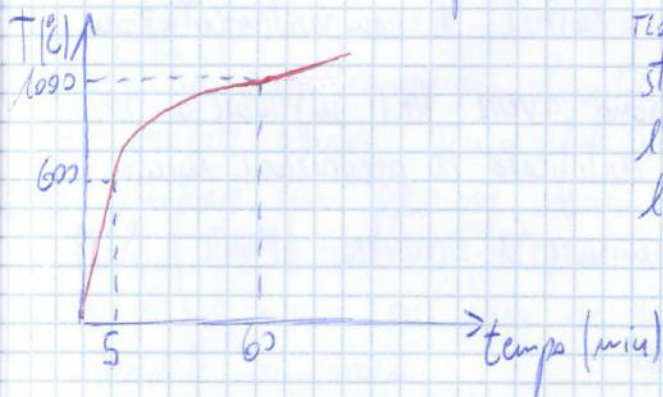
- Temperature caratteristiche  
 "Temperatura di ignizione di una sostanza combustibile" → minima temperatura alla quale una sostanza deve essere riscaldata, affinché venga innescata da una fonte di energia esterna, una reazione di ossidazione esotermica in grado di autosostenersi.

"Temperatura di autoaccensione" → è la temperatura alla quale una sostanza combustibile inizia spontaneamente la combustione (se c'è presenza di comburente), anche se manca una forma di innesco esterno. (Es. carta, cotone e lana T di auto-accensione è 220°C / 260°C)

- Danni  
 - diretti: distruzione o danneggiamento di macchinari, impianti, prodotti finiti...  
 - indiretti: mancata produzione → (Prevenzione + protezione per evitare o ridurre le conseguenze)

- Classificazioni incendi: Classe A → incendi da materiali solidi di natura organica, con formazione di braci, B → incendi da liquidi o solidi liquefatti, C → da gas, D → da metalli leggeri (Mg, Na, Al in polvere).

Curva caratteristica Temperatura - tempo: da notare che bastano 5 minuti per raggiungere una temperatura interna dello stabilimento di 500°C (bisogna raffreddare l'edificio, è utile una buona aerazione del locale). L'acciaio è un buon conduttore di calore e in caso d'incendio potrebbe causare l'esplosione delle strutture



- Carico d'incendio: quantità di calore  $q^*$  che si può sviluppare per unità di area di un edificio o locale in caso d'incendio.

$$q^* = \sum_{i=1}^M \frac{Q_i H_i}{A} \quad \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2}, \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2} \right] \quad q^* \text{ è specifico: carico d'incendio}$$



- Compartimentazione: misura di protezione passiva nel prevedere locali all'interno degli edifici, delimitati e protetti da elementi costruttivi aventi una prestabilita resistenza al fuoco, assicurando una protezione alle persone coinvolte in un incendio. I filtri e prova di fumo sono disimpegni in grado di filtrare il fumo prodotto da un eventuale incendio.

misure di protezione  $\left\{ \begin{array}{l} \text{attive (impianti di rivelazione, spegnimento, allarme)} \\ \text{passive (compartimentazione, vie di fuga, EFC...)} \end{array} \right.$

- Si predispongono nella struttura gli EFC (evacuatori di fumo e calore) che si aprono in caso d'incendio, evacuando il fumo e sottraendo calore dell'incendio. Evitano l'accumulo di gas surriscaldati nell'edificio, ma consentono un piccolo apporto termico dovuto al comburente immesso. Da notare che è evitato collocare gli EFC sopra gli sprinkler, per evitare che la testina parta e solo successivamente si attivino gli EFC, permettendo all'incendio di provocare danni maggiori.

- Dispositivi antincendio portatili: gli estintori possono essere ad acqua, a schiuma, a CO<sub>2</sub> liquida, a polvere.

"Impianti antincendio fissi" → comprendono idranti (per esterni e per interni), sprinkler, nebulizzatori, a CO<sub>2</sub> ad alta e a bassa pressione, a schiuma meccanica e a gas specifici.

- Impianti a idranti interni: sono in genere a muro con cassa, manichetta e lancia. Deve essere in una posizione visibile e non ingombrante, è consigliabile l'installazione nelle immediate vicinanze degli accessi ai locali di lavoro. I maspi possono essere installati nel caso di q non superiore a 50 kg e sono tubazioni semirigide lunghe 15-20 m che hanno il vantaggio <sup>ma</sup> di erogare acqua senza lo svolgimento di tutta la bobina rotante. Si impone una pressione minima di uscita dell'acqua dalla bocca di almeno 2 bar. L'altezza di tali impianti da terra è di circa 1200/1300 mm, nel caso di maspi vengono introdotte una quantità maggiore di perdite di carico.

- Classificazione degli estintori portatili:

• Estintori idrici → serbatoio contenente acqua e bombole di gas compresso CO<sub>2</sub>. Sono adatti al primo intervento contro l'incendio di sostanze solide, ma non idonei alle altre tipologie d'incendio.

## Regole di base di progettazione per impianti a idranti

- Capacità di serbatoi → la riserva minima affidata a serbatoi sopraelevati oppure a vasche interrate, deve assicurare un'alimentazione dell'acqua corrente per un tempo minimo di:
  - 30 minuti tiscii lievi
  - 60 minuti tiscii normali
  - 90 minuti tiscii gravi

- Calcolo della rete → il carico idraulico della rete antincendio è condotto secondo la formula di Hazen-Williams:

$$d_p = 6,05 \cdot 10^8 \cdot Q^{1,85} / (C^{1,85} \cdot D^{4,87})$$

$d_p$ : perdita di carico  $\left[ \frac{\text{mbars}}{\text{m}} \right]$        $Q$ : portata  $\left[ \frac{\text{l}}{\text{min}} \right]$        $D$ : diametro interno [mm]

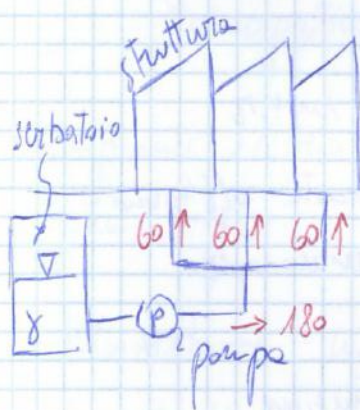
$C$ : fattore di attrito di Hazen Williams 120 per tubi d'acciaio, 150 per tubi di plastica

Aspetti da considerare: diametro del tubo, portata che cresce. Si parte dal fondo del sistema e si aggiungono le perdite. La somma di tutte le perdite genera la prevalenza da garantire alla pompa

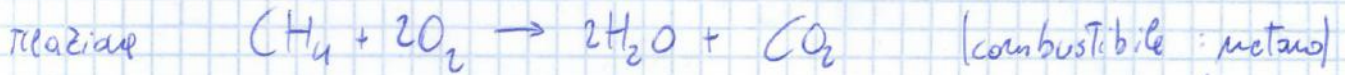
(Per idranti  $Q = 120/300 \frac{\text{l}}{\text{min}}$ )

$Q = v \cdot S$  (v massima per tubi 2-3 m/s)

(v massima per sprinkler 11 m/s, per evitare lo sventagliamento di spaccare le tubazioni dall'interno).



Dimensionamento idranti UNI 10779.



$P_{i(CH_4)} \approx 8300 \frac{kcal}{m^3}$

$P_{s(CH_4)} = P_{i(CH_4)} + 2500 \cdot m = 9200 \frac{kcal}{m^3}$

Per vaporizzare 1 kg di  $H_2O$ :  $600 \frac{kcal}{m^3}$

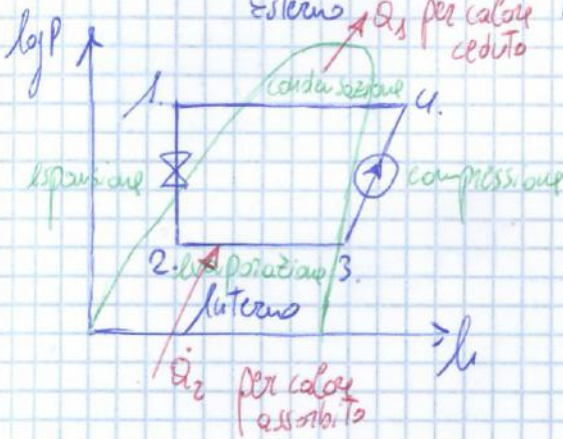
$P_{i(H_2O)} \approx 7200 \frac{kcal}{m^3}$

$\eta = \frac{7200 + 2 \cdot 600}{8300} = 1,07 = 107\%$  maggiore dell'unità a causa del recupero del calore latente

• Pompa di calore  $COP = \frac{P_{utile}}{P_{elettrica}}$  coefficiente di prestazione

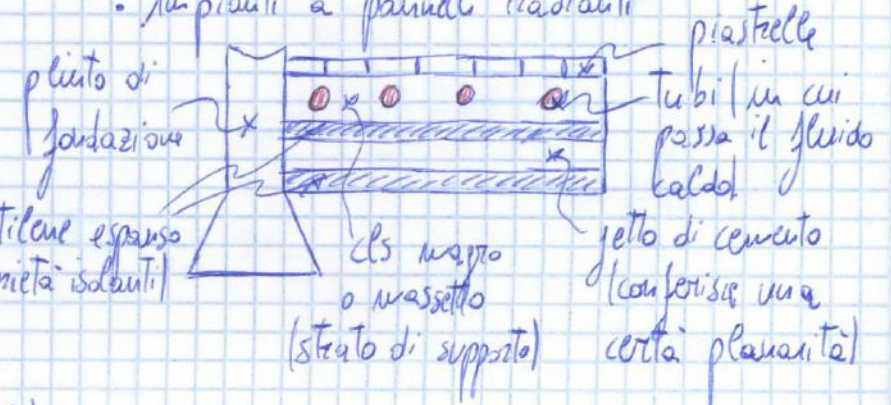
coefficiente di prestazione

$COP \approx 2,5/3,5$  diminuisce al diminuire di T



• Pompa di calore geotermica → prende calore del terreno  $COP \approx 4,44$

• Impianti a pannelli radianti



posa di pannelli → a spirale o a chiodo o a serpentina

• Impianti elettrici (formule utili)

Sistemi trifase  $P_j = 3 R I^2$

$I_{cu} = \frac{I_n}{\sqrt{3} V_{cu}}$

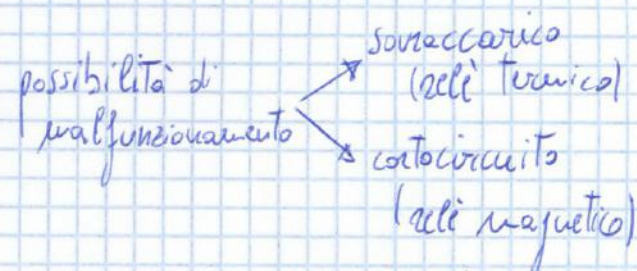
$I_{cca} = \frac{V_{cu}}{\sqrt{3} \cdot R_t}$

• Blindsbarre impianti con correnti 800 - 5000 A

corrente d'impiego  $I_b = k_u \cdot \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \phi}$

$I_f \leq 1,45 I_e$

fattore d'utilizzo



Caduta di tensione:

$\Delta V = k \cdot I_b \cdot L \cdot (R_l \cos \phi + X_l \sin \phi)$

$\Delta V_{\%} = \frac{\Delta V}{V_n} \cdot 100$