

30/10/2016

# Progettazione degli impianti industriali



Felice Di Palma  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

*Appunti strutturati sul corso e sul materiale del prof. A. Lambiase*

## Sommario

L'impresa .....	3
Cos'è l'impresa: .....	3
La produzione: .....	3
Le tipologie di produzione industriale:.....	3
Alcuni tipi di imprese industriali (secondario): .....	3
Classificazione dei sistemi produttivi:.....	4
Produzione a lotti e Lotto ottimo di produzione:.....	5
Indici di prestazione .....	6
I principali parametri prestazionali di un impianto industriale: .....	6
1. La capacità produttiva:.....	6
2. La produzione effettiva: .....	6
3. Il rendimento .....	6
4. Tasso di rendimento sintetico (TRS) .....	7
Esempio numerico: .....	9
5. Flessibilità del sistema produttivo .....	10
5.(bis) Livello di servizio .....	11
6. Elasticità .....	11
7. Grado di integrazione verticale .....	11
8. Grado di integrazione orizzontale.....	12
9. Il Manufacturing Cycle Efficiency (MCE).....	13
10. Il Grado di meccanizzazione e di automazione .....	13
11. Il Break Even Point (BEP) .....	15
Principali obiettivi di un sistema produttivo .....	15
I sistemi produttivi e gli impianti industriali.....	16
Le attività produttive ed i processi industriali .....	16
Materiali che intervengono in un processo .....	16
Classificazione degli impianti di produzione.....	17
Definizione di vari tipi di flusso .....	19
I sistemi produttivi .....	20
Classificazione della fabbricazione .....	23
Parametri studiati in funzione dell'organizzazione .....	26
Classificazione del montaggio - Con riferimento al tipo di impianto .....	26
Classificazione del montaggio - Con riferimento al tipo di organizzazione .....	28
Il problema della domanda nella progettazione dell'impresa.....	29
Classificazione degli impianti di produzione e di servizio .....	30
Confronto tra differenti tipi di processo.....	30
Il problema del layout .....	31
Introduzione .....	31
Occasioni di studio del lay-out.....	31
Tipi di problemi di layout .....	33
Obiettivi dello studio di layout.....	34
I principali tipi di layout .....	35
1. Layout per prodotto (Flow Shop) .....	36
2. Layout per processo (Job Shop) .....	36
3. Layout a Celle.....	37
4. Layout a punto fisso.....	37
Caratteristiche dei vari layout e vantaggi.....	37
Consultare prima la tabella dei vantaggi e dei confronti tra i vari metodi.....	37

La matrice prodotto-processo.....	38
Fasi di attuazione di un layout.....	39
Metodi di valutazione .....	40
Vantaggi di un buon layout .....	41
L'organizzazione del servizio .....	41
Raccolta ed elaborazione dati.....	43
Introduzione.....	43
I metodi di raccolta ed elaborazione dati.....	43
Criteri di studio delle soluzioni di plant layout .....	53
Criteri di scelta del layout.....	53
Criteri di valutazione.....	54
Metodo delle intensità di traffico .....	56
Impiego degli elaboratori elettronici per lo studio del plant layout.....	58
Progettazione di elementi radianti componibili per civili abitazioni .....	61
Requisiti primari.....	61
Pressofusione .....	61
La macchina.....	62
Il Ciclo produttivo.....	62
L'impianto.....	63
Fabbisogno di manodopera (per ogni turno).....	66
Valutazioni economiche.....	66
Business plan .....	67
Articolazione del business plan .....	67
Studio di fattibilità .....	69
Relazione tra ubicazione e impianto.....	70
Località .....	71
Progetto Tecnico .....	71
Progetto economico.....	74
Progetto finanziario .....	75
I magazzini industriali.....	76
Scopo dei magazzini.....	76
Ubicazione .....	77
Indici caratteristici dei magazzini: .....	78
Modalità di immagazzinamento.....	78
Trasporti interni .....	81
Obiettivi .....	81
Suggerimenti.....	81
Regole .....	82
Fasi del trasporto.....	82
Caratteristiche dei mezzi di trasporto.....	82
Classificazione dei trasporti interni.....	83
Caratteristiche dei materiali trasportati.....	84
Unità di carico: .....	84
Le palette.....	85

# Appendice

## L'impresa

### Cos'è l'impresa:

L'**impresa** è l'azione, attività, iniziativa di una certa difficoltà ed importanza, ma che si presenta spesso di esito "dubbio". Il suo obiettivo è quello di trarre vantaggio per sé e per gli altri partecipanti all'impresa da capacità, attitudini, disponibilità ad offrire beni e servizi utili agli individui e alla società. In altre parole, il potenziale della domanda di beni e servizi è praticamente illimitato, perché i bisogni umani sono illimitati; a fronte di ciò l'impresa avanza un'offerta di beni e servizi che si incontra con la domanda solo se è conveniente, se presenta cioè qualità e prezzi tali da portare gli individui ad acquistarli. L'**imprenditore** progetta le iniziative e le azioni, impegna proprie e altrui sostanze per raccogliere le risorse, guida l'impresa, cioè gestisce gli uomini e i mezzi.

### La produzione:

All'interno dell'impresa riveste particolare importanza la **produzione**:

"Attività di impiego di determinate risorse e la loro combinazione per l'ottenimento di altre risorse, destinate ai consumatori finali o ad impiegarli in altre produzioni."

#### SUDDIVISIONE DELL'ATTIVITA' PRODUTTIVA

SETTORE PRIMARIO	SETTORE SECONDARIO	SETTORE TERZIARIO	SETTORE TERZIARIO AVANZATO
Produzione agricola rivolta all'utilizzo di risorse naturali, si tratti di terreni o animali. Non si tratta solo di attività familiari ma anche imprese grandi.	Impresa industriale: produzione per trasformazione. E' stata felicemente rappresentata come "un recipiente dove concorrono molteplici rigagnoli, che rappresentano gli elementi della produzione, e dal quale esce un fiume, che rappresenta il prodotto". Sia artigianale che industriale.	Produzione di servizi: energia, trasporti, credito. Si tratta di attività commerciali turistiche e ricreative. Non producono (niente input → output) ma vendono solo.	Tratta di servizi di ingegneria, informatica, ricerca, consulenza.

### Le tipologie di produzione industriale:

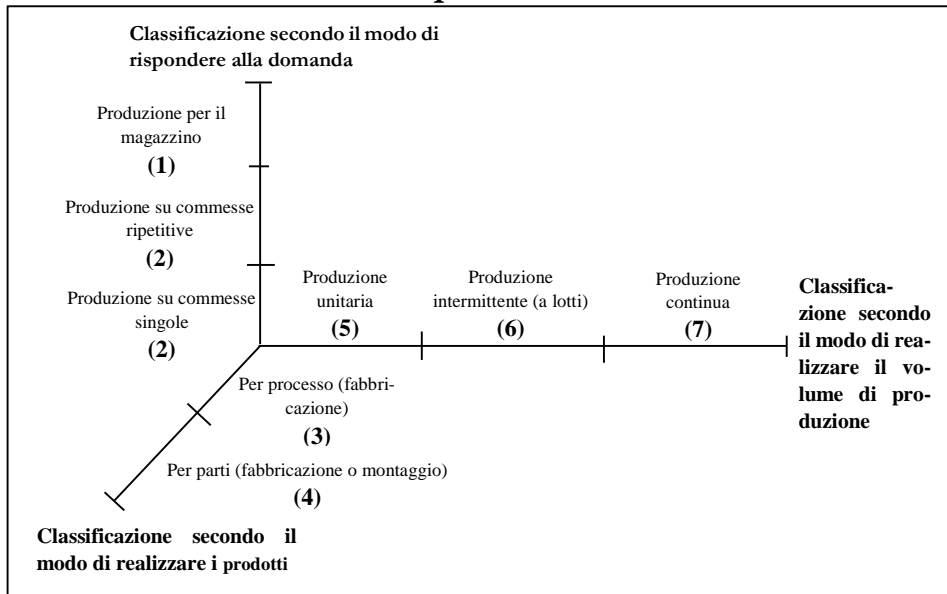
Un'azienda non può possedere tutte le conoscenze e competenze per produrre manufatti troppo complessi; allora spesso ricorre ad altre aziende specializzate. Per cui si distinguono:

- 1) Produzione di materiali per successivi impieghi manifatturieri (produzione di materie prime per altre industrie)
- 2) Produzione di componenti (elementi, sottogruppi, gruppi) per impieghi in prodotti complessi.
- 3) Produzione di manufatti complessi attraverso la combinazione e l'assemblaggio dei prodotti provenienti dai processi di tipo 1) e 2).

### Alcuni tipi di imprese industriali (secondario):

Attività di base	Attività manifatturiere	Settore costruzioni
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrazione minerali</li> <li>• Trasformazione minerali</li> <li>• Produzione energia elettrica</li> <li>• Distribuzione gas</li> <li>• Chimica primaria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tessile</li> <li>• Abbigliamento</li> <li>• Meccanica</li> <li>• Elettromeccanica</li> <li>• Elettronica</li> <li>• Arredamento</li> </ul>	Edilizia in generale o dove ho oggetti prodotti in un unico esemplare (tempi ristretti e aleatorietà della domanda).

## Classificazione dei sistemi produttivi



Le aziende sono solitamente classificate secondo i tre modi in grassetto: essi coesistono; ad esempio, posso avere una azienda che ha una *produzione intermittente*, che produce *per il magazzino* e *per processo*. Analizziamo singolarmente i tipi di produzione:

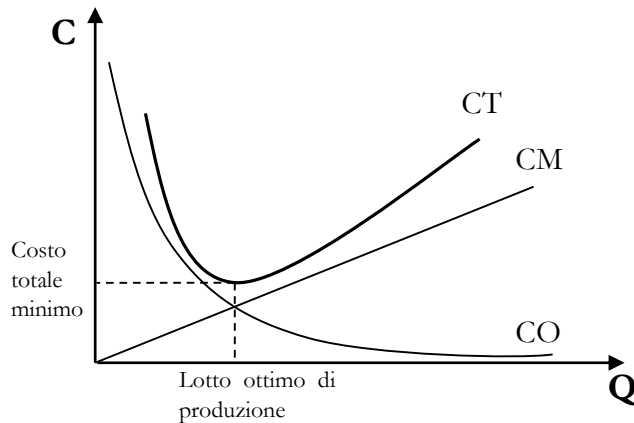
**(1)** *In base ai dati storici sulle vendite precedenti, elaboro una previsione di vendita, producendo un certo numero di prodotti per il magazzino.* È il caso di una mensa, che produce un certo

numero di pasti perché ha fatto delle previsioni di vendita o perché ha analizzato le precedenti richieste dei clienti. **RISCHI:** se la domanda è superiore alle previsioni non la si riesce a soddisfare (perdo clienti); se invece è inferiore perdo soldi (o per deterioramento o per spese di magazzino). **VANTAGGI:** Si riesce ad organizzare tutto in maniera ottimale ed efficiente.

- (2)** *Si produce in funzione degli ordini che si ricevono.* L'esempio classico è quello del ristorante. **RISCHI:** si può sbagliare a valutare il numero di materie prime da acquistare, sia tipologia che quantità (in un ristorante, ad esempio, è vero che produco un piatto di spaghetti solo se lo richiedono ma se finisco la materia prima, ossia la pasta incorro nei rischi del punto (1)). Inoltre, siccome si produce su richiesta, capita di fare la stessa cosa ma in maniera frazionata quindi la produzione non è ottimale (sarebbe più ottimale fare un pentolone di pasta invece che rifare ogni volta una singola porzione di pasta per cliente). **VANTAGGI:** non produco qualcosa che resterà invenduto! Tuttavia non si annulla mai completamente il rischio perché in particolari condizioni si può non vendere il prodotto. Anche le auto sono prodotte su commesse mentre prima erano prodotte a lotti a causa della tecnologia. Se possibile però cerco di razionalizzare la produzione: produco sempre qualche auto in più che, se non vendo ai clienti civili, le produco per magazzino e le rivendo in blocco con sconti a aziende o dipendenti. Quindi (1) e (2) possono coesistere. La differenza tra commessa ripetitiva e singola è che quest'ultima necessita di un progetto e tutto il costo della commessa andrà utilizzato per quel prodotto (ad esempio una commessa ripetitiva può essere un'auto, mentre una commessa singola un ponte o un grattacielo).
- (3)** *Sono prodotti singoli, indivisibili, non fatti di componenti:* benzina, cemento, lamiera, acciaio ecc... quasi il 100% di questi prodotti appartiene al (7).
- (4)** *Prodotti composti di più parti che richiedono anche tecnologie e lavorazioni diverse.* Diciamo che gestire (3) è più semplice ma è più difficile progettare, perché, se si sbaglia, si fallisce, dato che farà sempre la stessa cosa per sempre. Il discorso si inverte per (4) dato che richiede tempo e impegno nella gestione operativa per i componenti.
- (5)** *Ogni produzione ha un progetto e sarà diversa l'una dall'altra:* autostrada, ferrovia ecc...
- (6)** *Produco diversi prodotti o cambiando le materie prime o cambiando il tipo di produzione.* Ad esempio, se faccio pasta, non produco sempre e solo spaghetti dello stesso impasto, ma spesso cambio quest'ultimo oppure riattrezzo la macchina per produrre bucatini. Se non facessi così non saturerei mai l'impianto.
- (7)** *Produco sempre la stessa cosa e allo stesso modo* (benzina, cementi ecc...). Un impianto del genere non posso farlo funzionare ad intermittenza, ma posso fare l'inverso, solo che spesso non conviene (problema di tipo economico, non saturo la domanda). Nel primo caso invece il vincolo è l'impianto stesso che, essendo progettato ad hoc per la produzione continua, non mi permette variazioni strutturali.

*Esempio: Produzione di petrolio: Produzione continua, per trasformazione, per magazzino.*

## Produzione a lotti e Lotto ottimo di produzione



Nella produzione a lotti devo decidere la quantità **Q** di cui è composto il singolo lotto. In base a cosa viene deciso? Si fanno fronte due aspetti contrastanti riguardo i costi **C**: se aumento la quantità del singolo lotto aumenteranno sicuramente i costi variabili, in particolare i **costi di mantenimento (CM)**, come, ad esempio, i costi del magazzino (mi costa di più occupare più spazio). D'altronde però diminuiranno i cosiddetti **costi di ordine (CO)** o di riordine/riattrezzaggio: in effetti se il mio lotto è piccolo, per realizzare prodotti diversi, dovrò riattrezzare la mac-

china più frequentemente aumentando tempi morti che sono per me un costo (ad esempio nel caso di produzione di bulloni, se mi hanno richiesto bulloni di diverse dimensioni, dovrò cambiare forma delle presse). La somma di tali costi mi dà il **costo totale (CT)**. Ovviamente noi ricercheremo il minimo costo totale: in corrispondenza di tale punto si individua il lotto ottimo di produzione (può essere anche unitario).

Con l'automazione la curva dei costi di ordine è cambiata (non c'è fermo impianto o, quanto meno, i tempi sono ridotti- Figura 1).

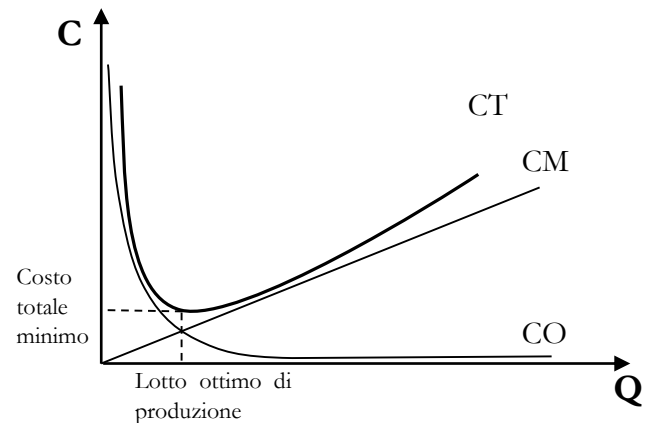


Figura 1- Curva dei costi odierna

La produzione a lotti su commessa permette di non produrre in base alla previsione di vendita (lotti a magazzino, come una tavola calda), ma in base alla richiesta (come un ristorante). Questo aumenta enormemente l'impegno nella gestione rispetto alla produzione di lotti a magazzino. Si può concludere dicendo che razionalizzare la produzione significa aumentare il rischio commerciale e le difficoltà di gestione. Quindi un ristorante è più rischioso e meno

gestibile di una tavola calda così come la produzione per magazzino con quella per ordini. Se il lotto ottimo di produzione, in base ai calcoli, è unitario (pari a 1) non c'è dubbio: devo produrre su commessa (non ho bisogno di raggruppamento in lotti di più quantità). E se il lotto ottimo prevede più quantità ma voglio lavorare su commessa? Devo prendermi tempo: se il prodotto A ha lotto ottimo di quantità pari a 100 ed è in produzione, anche se ricevo ordine di un prodotto B, da parte di un cliente, io non fermerò la produzione di A fino a quando non avrà raggiunto la quantità di prodotto del lotto ottimo (100), altrimenti riattrezzerei per ogni richiesta. Questo comporta attese per i clienti ma, nel frattempo, posso organizzare i trasporti e cercare di accumulare ordini nella stessa zona.



**Logica "Just in Time":** Organizzazione del processo produttivo che prevede il rifornimento del materiale di trasformazione esattamente nel momento in cui viene richiesto, allo scopo di ridurre i costi legati all'accumulo di scorte; tale modello è applicato talvolta anche alla gestione di magazzino nella grande distribuzione. È la parte sinistra della bilancia portata all'estremo ed è la forma ideale desiderata in un'azienda, quella che comporta meno perdite.

# Capitolo 1

## Indici di prestazione

---

### I principali parametri prestazionali di un impianto industriale:

1. La capacità produttiva
2. La produzione effettiva
3. Il rendimento
4. Il tasso di rendimento sintetico (TRS)
5. La flessibilità
6. L'elasticità
7. Il grado di integrazione verticale
8. Il grado di integrazione orizzontale
9. Il Manufacturing Cycle Efficiency (MCE)
10. Il grado di meccanizzazione e di automazione
11. Il break even point (BEP)

### 1. La capacità produttiva

È la *produzione massima ottenibile in condizioni ideali (di rendimento unitario) in assenza di perdite per un certo periodo di tempo*. Stiamo parlando di ciò che l'impianto è in grado di produrre in condizioni ottimali ossia il più alto valore dell'output produttivo che è possibile attendersi da un impianto di trasformazione o da un processo in un periodo di tempo fissato, una volta assegnate le caratteristiche del prodotto, il mix produttivo, la forza lavoro e le caratteristiche degli impianti. Quindi si può dire che nella realtà l'impianto non avrà mai tale produzione se non raramente per un periodo di tempo limitato. La conoscenza di tale valore permette di rispondere a varie domande come: se voglio avere N vendite quanta capacità produttiva mi serve? Se non basta, quanto ricorso dovrò fare a fornitori esterni? Questo è utile anche nel caso in cui voglia lavorare in Just in Time: nonostante adegua la produzione alla domanda dei clienti, devo sempre sovradimensionare l'impianto in base alla domanda massima prevista accettando un certo livello di insaturazione. Nel caso la mia impresa abbia solo macchinari mentre il prodotto varia in funzione delle richieste (ho solo torni, frese ecc... e faccio prodotti ad hoc) calcolo la capacità produttiva in termini di ore di lavoro (40 ore di tornio, 50 di fresa ecc...) tenendo conto che avrò sempre delle perdite di tempo e quindi, quelle ore non le rispetterò mai.

### 2. La produzione effettiva

I limiti della capacità produttiva sono chiari (1.): le inefficienze produttive, quali scioperi, presenza di scarti, mancanza di materie prime, guasti, non mancheranno mai! Per questo si definisce la 2. detta anche, per l'appunto, Effective Capacity: *indica l'output che può essere realisticamente raggiunto, considerando tutte le inefficienze del processo produttivo*. Quindi la 2. è minore della 1. sempre. E come si trova? Ci sono specialisti in analisi di mercato che calcolano la domanda da dover essere soddisfatta, anche prevedendo crescita della stessa in caso di buona riuscita. Se voglio produrre 100 auto l'anno la mia produzione effettiva deve essere 100 ma come trovo la capacità produttiva? Divido la produzione effettiva per il rendimento! Vediamolo.

### 3. Il rendimento

In analogia al rendimento delle materie scientifiche (Rendimento è rapporto tra il valore reale della grandezza in esame e il suo valore reale), si definisce, nel caso dell'impresa, nel modo seguente:

$$\eta = \frac{PE}{CP} = \frac{\text{Produzione effettiva}}{\text{Capacità produttiva}}$$

Il rendimento però si può calcolare solo con l'impianto già avviato e costruito! Se devo progettare l'impianto non posso valutare la capacità produttiva.

#### 4. Tasso di rendimento sintetico (TRS)

Viene anche detto “Rendimento globale degli impianti”. Se, ad esempio, valutiamo il rendimento di un'auto sappiamo su quali parametri è stato valutato tale rendimento e quali invece sono stati esclusi. Nella valutazione del rendimento di un'impresa è chiaro che vi è una vastità di parametri che ne possono descrivere il funzionamento e oltre che decidere di non prenderne in considerazione alcuni, altri non li conosciamo nemmeno o sono talmente imprevedibili da non prestarsi a una corretta trattazione analitica e matematica!

Si è deciso così che il TRS *include solo 6 cause fondamentali di perdita di produzione*: fermate per guasti e riattrezzaggi, microfermate e perdite di velocità, scarti e rilavorazioni. L'uso della congiunzione “e” non è casuale: queste 6 cause vengono raggruppate 2 a 2 tenendo conto di quelle che sono simili tra loro. Così vengono definite tre grandezze per il calcolo del TRS: **disponibilità, efficienza delle prestazioni e tasso di qualità dei prodotti**; in ognuna di queste concorrono, per il calcolo, due delle 6 cause di prima (per la disponibilità si usano fermate per guasti e riattrezzaggi, per l'efficienza si usano microfermate e perdite di velocità ecc...).

$$TRS = \text{Disponibilità} \times \text{Efficienza delle prestazioni} \times \text{Tasso di qualità dei prodotti}$$

- Guasti e riattrezzaggi(setup): PREVEDIBILI

$$\text{Disponibilità} = \frac{\text{Tempo di funzionamento}}{\text{Tempo disponibile}} = \frac{\text{Tempo disponibile} - \text{Tempi di fermata}}{\text{Tempo disponibile}}$$

Il tempo di funzionamento (operation time) è quindi il tempo durante il quale la macchina è veramente operativa. Esso si ottiene sottraendo, a quello (teoricamente) disponibile, le fermate pianificate a monte (guasti e riattrezzaggi). Sono scritti anche sulla scheda della macchina.

- Microfermate e perdite di velocità: NON PREVEDIBILI

$$\text{Efficienza delle prestazioni} = \frac{\text{Tempo ciclo teorico} \times \text{Produzione totale}}{\text{Tempo di funzionamento}}$$

Qui ci sono perdite di tempo non prevedibili, quindi vedo i pezzi effettivamente prodotti (prod. Totale) e li rapporto a quelli che avrei dovuto fare teoricamente. Il tempo ciclo è il tempo teorico per pezzo, quello che teoricamente dovrebbe impiegare per fare un pezzo.

- Scarti e rilavorazioni: NON PREVEDIBILI

$$\text{Tasso di qualità dei prodotti} = \frac{\text{Produzione totale} - \text{produzione difettosa}}{\text{Produzione totale}}$$

Non tutti i pezzi saranno buoni, per difetti o perché di qualità non conforme.



## Commenti ed esempi del prof:

Nel rendimento effettivo (reale) rientrerebbero parametri imprevedibili e che nemmeno mi interessano, tra cui calamità naturali, scioperi e problemi tecnici. Oltretutto non vi è possibilità di intervento su tali imprevisti. Così sostituisco  $\eta$  con il TRS.

Nei riattrezzaggi sono IO che blocco la produzione per cambiare attrezzatura o produrre altri prodotti. I guasti posso prevenirli tramite controlli di manutenzione prima della produzione ma mai azzerare la probabilità: quanto più spendiamo in manutenzione meno spendiamo in quella “a guasto” perché in questo caso si blocca la produzione e anche l'operaio rimane senza fare niente in quel tempo.

Vediamo alcune grandezze all'interno della **Disponibilità**:

Come calcolo il **tempo disponibile**? Lo calcolo su monitoraggi più lunghi (un mese, un anno) per evitare di commettere errori. Immaginiamo sia di 24 ore al giorno (3 turni da 8 ore): faccio interventi di 1 ora di manutenzione al giorno (magari ripartiti in due da mezz'ora, non importa) e decido che prima di ogni turno si debba fare una riunione di 10 minuti per capire i problemi del turno precedente. Così invece di 24h ne ho di meno!

$$T. \text{ disponibile} = T. \text{ teoricamente disponibile} - T. \text{ delle perdite di produzione programmate}$$

Nel nostro caso  $24h - 1,5 h$  (un ora di manutenzione e 10 minuti moltiplicato 3 turni).

I guasti invece non si prevedono ma ogni operaio ha un registro ove scrive, ad esempio, che alle 9.15 si è fermata la macchina e alle 11 viene riparata, al fine di giustificare il fermo impianto. Vanno registrati anche gli orari di inizio e fine riattrezzaggio quindi il tutto è programmato!

$$T. \text{ disponibile} - T. \text{ guasti e riattrezzaggi} = \mathbf{T. \text{ di funzionamento}}$$

Facendo il rapporto prima evidenziato si ottiene la disponibilità che è un primo indice per il calcolo del TRS.

Per quanto riguarda l'**efficienza delle prestazioni**:

Non posso prevedere i tempi di perdita di velocità e microfermate perché sono generati da eventi non precisi e anche molto brevi (secondi). Conseguenza di ciò è che non posso segnarli su un registro e, matematicamente parlando, non posso ottenere nessun tempo per sottrazione ma solo per via indiretta: nel tempo di funzionamento calcolato precedentemente, ad esempio, dovrei produrre 390 pezzi invece me ne ritrovo 350! Questo è dovuto alle perdite per microfermate e perdite di velocità: dividendo  $350/390$  ho un *indice delle prestazioni*. Il rapporto che serve per l'efficienza delle prestazioni è tra tempi, quindi moltiplico 350 per il tempo ciclo teorico ottenendo il tempo netto di funzionamento (quello reale).

Per quanto riguarda il **tasso di qualità dei prodotti**:

Ad esempio, di quei 350 pezzi di prima 300 sono buoni e i 50 restanti sono scarti: ho un *indice di qualità* pari a  $300/350$  che consiste proprio del tasso di qualità dei prodotti.

Alla luce di quanto detto possiamo giungere alla **definizione di TRS**:

“Rapporto tra il tempo necessario per ottenere la produzione di pezzi buoni diviso il tempo disponibile.” che poi consiste nel prodotto dei tre indici è un altro discorso.

DOMANDA1: Se devo migliorare uno dei tre indici quale miglio? Il più basso!

DOMANDA2: E se sono uguali? Quello di qualità perché non uso energie a vuoto! Nello stesso tempo faccio più pezzi buoni (meno materiale sprecato, meno energia elettrica, meno usura delle macchine a vuoto).

## Esempio numerico:

Passando ora ad un esempio numerico, con riferimento ad un turno giornaliero di lavoro di 8 ore

- se le fermate pianificate fossero di 20 minuti al giorno, il tempo disponibile sarebbe di 460 minuti al giorno;

- se le fermate giornaliere fossero costituite da 20 minuti per guasti e 40 minuti per set-up, il tempo di funzionamento sarebbe di 400 minuti al giorno e la disponibilità sarebbe pari a

$$\text{Disponibilità} = (400 \text{ minuti} / 460 \text{ minuti}) \times 100 = 87\%$$

- se il numero di pezzi prodotti al giorno fosse pari a 400, con un tempo ciclo teorico di 0,5 minuti per ogni pezzo, l'efficienza delle prestazioni sarebbe pari a

$$\text{Efficienza delle prestazioni} = (400 \text{ pezzi} \times 0,5 \text{ minuti}) \times 100 / 400 \text{ minuti} = 50\%$$

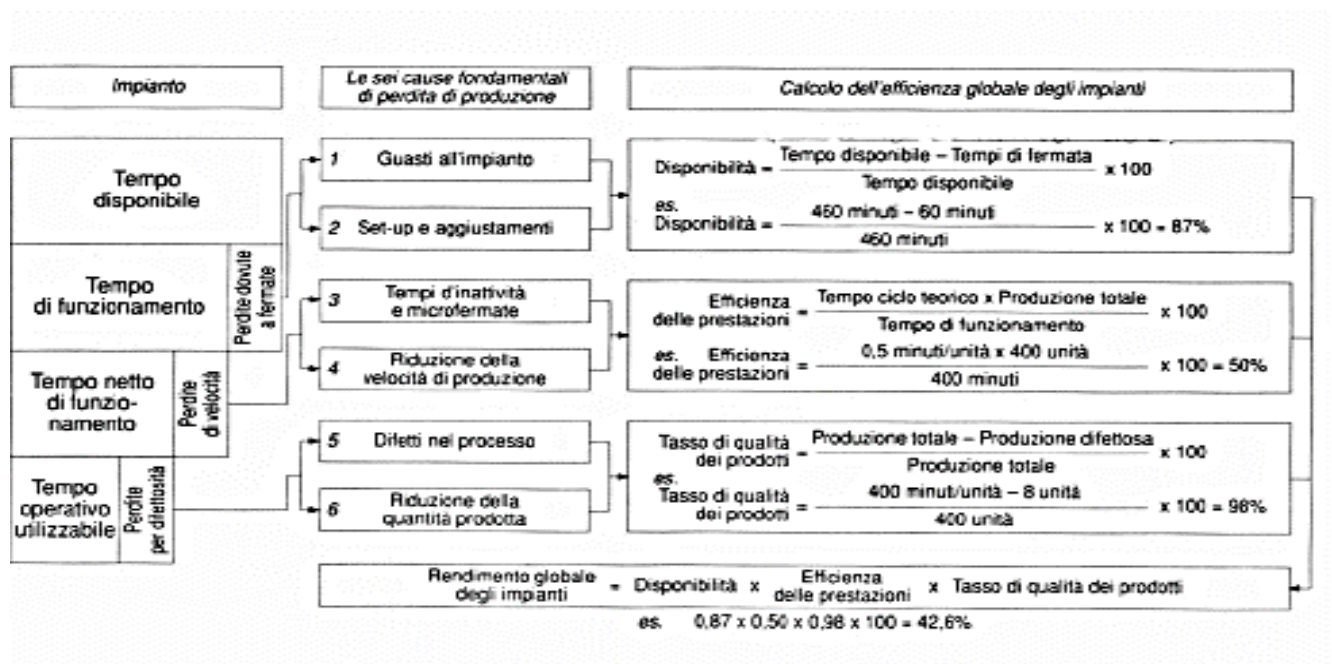
- se il numero di pezzi difettosi fosse pari a 8, il tasso di qualità dei prodotti sarebbe pari a

$$\text{Tasso di qualità dei prodotti} = (392 \text{ pezzi} / 400 \text{ pezzi}) \times 100 = 98\%$$

In definitiva, il rendimento globale risulterebbe pari a

$$\text{Rendimento globale} = 0,87 \times 0,50 \times 0,98 \times 100 = 42,6\%$$

Tale numero evidenzia complessivamente che l'impianto preso in esame ha prodotto un numero di pezzi buoni inferiore al 50% della sua potenzialità, con significative perdite di produzione. L'attendibilità di tale valore dipende ovviamente dall'accuratezza dei dati elementari raccolti nelle varie fasi dell'analisi, ciò che dipende dalla sensibilità aziendale. Spesso questi dati non vengono registrati con la necessaria attenzione, perché alcuni dirigenti pensano che il tempo utilizzato per la rilevazione dei dati sia sostanzialmente tempo perso, che dovrebbe essere usato più proficuamente per attività operative. In tali condizioni, evidentemente, lo studio del rendimento globale dell'impianto può portare soltanto ad una gestione imprecisa e scorretta.



## 5. Flessibilità del sistema produttivo

Rientra in gioco il **sistema produttivo** inteso in senso lato: progettazione-sviluppo di nuovi prodotti, produzione vera e propria, distribuzione fisica. Quindi non si parla più del solo impianto ma anche di ciò che vi è intorno (anche unità esterne operanti con rapporti di subfornitura e contoterzismo). Essere flessibili significa *essere nelle condizioni di poter rispondere ad una domanda variabile del mercato*. Questo significa cambiare produzione, cambiare prodotto ecc...

Si può intuire che, in un sistema flessibile, è difficile quantificarne il valore, dal punto di vista monetario, trattandosi di una caratteristica essenzialmente potenziale, nel senso che il sistema ha la capacità di far fronte a questa variabilità di domanda, di mercato, di tecnologia solo parzialmente prevedibili. Riassumendo:

La **flessibilità** è una caratteristica richiesta al sistema tecnico-produttivo nel suo complesso, inteso cioè come sistema costituito da macchinari e impianti, tecnologie e know-how, personale, strutture organizzative, procedure di programmazione e controllo, sistema informativo. Essa rappresenta una risposta a esigenze provenienti dal mondo esterno (che poi può soddisfare internamente in vari modi), quali:

- Capacità di riassortire una gamma ampia di prodotti
- Capacità di industrializzare o ingegnerizzare un nuovo prodotto
- Capacità di modificare un piano di produzione già stabilito

Le esigenze interne, richieste all'impianto sono la riconfigurabilità e la convertibilità. Un impianto con tali caratteristiche (impianto riconfigurabile e convertibile) si dice versatile. Analizziamo le caratteristiche (prima dette) necessarie per la **versatilità**:

- **Riconfigurabilità:** Capacità di riattrezzare rapidamente l'impianto per passare da un prodotto ad un altro già definito (tempi di riattrezzaggio molto bassi).
- **Convertibilità:** Capacità di riutilizzare l'impianto, in tutto o in gran parte, per la realizzazione di un nuovo prodotto, non ancora progettato.

È chiaro, da quanto detto, che un impianto può essere riconfigurabile ma non convertibile o viceversa. Inoltre un sistema produttivo, per essere flessibile, deve avere impianti e macchinari versatili, ma l'essere versatile non implica che il sistema produttivo sia flessibile! Questo perché ci sono i tre fattori esterni suddetti! Basti pensare che, ad esempio, ci vuole anche un buon ufficio progetti per cambiare, repentinamente, un prodotto vecchio con uno nuovo. Certamente ci vuole anche del buon personale di produzione, in grado di lavorare su più macchine, fare più cose (flessibilità professionale) e disposti a lavorare in orari di lavoro mutevoli (orari flessibili in funzione della domanda).

Se i miei operatori sanno fare solo la tornitura e per un'altra produzione mi serve la fresatura non ho flessibilità (problema qualitativo). Se un giorno mi servono 9 ore di lavoro e, invece, ho solo un turno di 8 ore, non sono flessibile (problema quantitativo). I fornitori devono essere anch'essi flessibili, ossia, pronti ai cambiamenti del mio ordine.

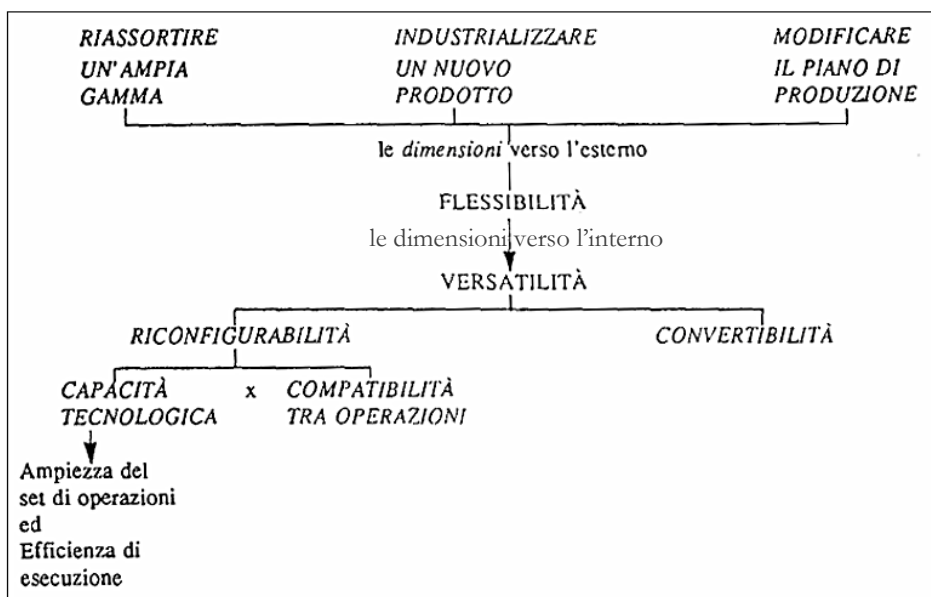


Fig. 1.2 Schema della flessibilità

## 5.(bis) Livello di servizio

*Rapporto tra ordini evasi ed ordini ricevuti.* Ad esempio, deve essere più alto nella FIAT che nella Ferrari: chi ordina una Ferrari è disposto ad aspettare anche tanto, mentre, per una FIAT, il cliente, se non la riceve in tempi brevissimi, potrebbe anche a cancellare l'ordine! Aumentare il livello di servizio significa avere impianti più grandi, più personale e magazzini più grandi. Quindi bisogna capire se conviene o meno aumentare il livello di servizio: va aumentato solo fin quando si va in un mercato di libera concorrenza e deve arrivare fino al livello richiesto dal mercato (compatibilmente alle proprie risorse economiche).

## 6. Elasticità

Può essere vista come una flessibilità rispetto al volume di produzione, ossia, quanto volume di produzione posso usare in più, senza cambiare di troppo il costo di produzione. Di fatti è definita come *la capacità dell'impianto di variare significativamente le quantità prodotte, senza comportare notevoli differenze nei costi di produzione*. Un esempio di tali impianti, è quello utilizzato per un unico turno di lavoro, dove, se è richiesto un aumento di produzione, si prolunga il turno stesso con ore lavorative retribuite con straordinario. Un impianto operante su tre turni di lavoro di 8 ore invece è poco elastico, infatti i giorni feriali vengono di solito impiegati per la manutenzione preventiva, dovendo, l'impianto, funzionare continuamente.

## 7. Grado di integrazione verticale

Un'impresa può decidere quali fasi di un processo di trasformazione intende realizzare all'interno e quali far realizzare da fornitori esterni (outsourcing). Queste decisioni di make or buy sono note come "processi di posizionamento". Ebbene, si può avere un grado di integrazione:

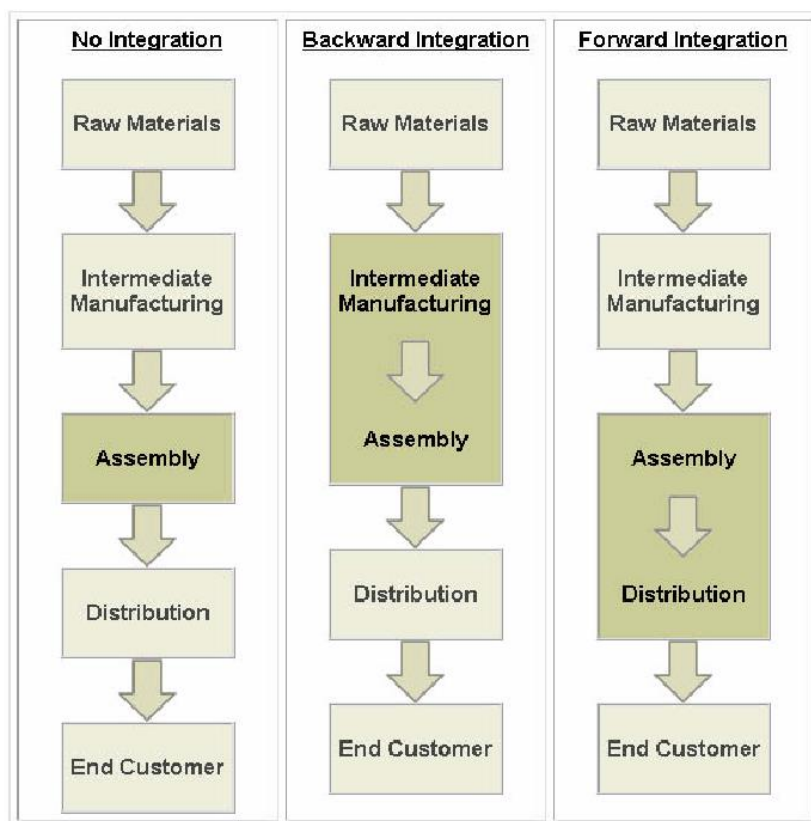
ALTO: Quasi tutti i processi vengono fatti dall'azienda stessa.

BASSO: Si esternalizzano molte operazioni.

Gli estremi non si possono mai raggiungere (in effetti il grado di integr. v. delle aziende odierne si attesta intorno al 20%) in quanto, ciò che è sicuramente interno all'azienda è il progetto, la commercializzazione e la verifica della qualità! Ad esempio, una fabbrica di birra completamente integrata dovrebbe possedere anche l'impianto di produzione per le lattine, per l'alluminio e le miniere per estrarre l'alluminio! Ciò è impossibile a causa delle differenti competenze tecniche e differenti approcci manageriali. Il livello di integrazione influenza anche il break even point (costi fissi più alti, ossia livello di integr. alto, tendono a far aumentare il punto di pareggio).

VANTAGGI DI UN ALTO LIVELLO DI INTEGRAZIONE VERTICALE (make)	VANTAGGI DI UN BASSO LIVELLO DI INTEGRAZIONE VERTICALE (buy-molto outsourcing)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento dell'autonomia produttiva</li> <li>• Incremento del valore aggiunto</li> <li>• Possibilità di risparmio rispetto all'esternalizzazione (tuttavia ho i costi di macchinari e ammortamento)</li> <li>• Migliore controllo dei tempi complessivi di produzione</li> <li>• Possibilità di svolgere lavorazioni supplementari per conto terzi (Altri si affidano a me, e se non ho l'impianto saturo per me è un vantaggio, lo sfrutto a pieno)</li> <li>• Acquisizione e mantenimento di know how strategici (imparo ad usare bene quella tecnologia e magari breveto quella esclusività tecnologica)</li> <li>• Particolarità del prodotto o del processo tale da causare mancanza di fornitori idonei entro il raggio economico di approvvigionamento (non vicini)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riduzione degli investimenti fissi</li> <li>• Riduzione dell'incidenza del costo di manodopera (diretta e indiretta) rispetto all'incidenza del costo di funzioni terziarie capaci di procurare maggiore valore aggiunto. (per diretta e indiretta si intende la manodopera vera e propria e tutte le operazioni a contorno quali controllo qualità, manutenzione ecc...)</li> <li>• Aumento del grado di elasticità del sistema</li> <li>• Opportunità di concentrarsi meglio sul core business dell'azienda (ho meno problemi a cui pensare e mi concentro su quello che mi serve)</li> <li>• Contrazione dei tempi di restyling e innovazione del prodotto (esternalizzo anche la progettazione di alcune parti riducendo il rischio di mercato)</li> <li>• Promozione di fornitori specializzati capaci di conseguire proprie economie di scala</li> </ul>

Come abbiamo detto precedentemente, il livello di integrazione verticale si colloca in una zona intermedia tra l'alto e il basso. Può capitare allora che la parte di azienda ad alto grado di integrazione sia quella "verso i fornitori" (**upstream** or **backward integration**) o quella "verso la distribuzione" (**downstream** or **forward integration**). Questo viene rappresentato nell'immagine di destra, ove l'impresa è rappresentata da un rettangolo più scuro: nel caso di assenza di integrazione (tutto outsourcing) l'azienda assembla solamente, mentre, nel caso di upstream integration, essa svolge anche i processi intermedi tra materia prima (raw material) e prodotto finito (produce internamente anche i semilavorati), ma la distribuzione è affidata a terzi, a cui viene venduto il prodotto. Nel terzo caso invece l'impresa vende personalmente i prodotti finiti ai consumatori finali.



	UPSTREAM INTEGRATION	DOWNSTREAM INTEGRATION
+	I motivi che portano ad una upstream integration sono spesso dettati dall'esigenza di controllare l'approvvigionamento di materiali critici per la produzione o di incamerare i profitti del fornitore.	Una downstream integration garantisce accesso al mercato, permette una grande flessibilità nei prezzi, e di ottenere i guadagni della distribuzione.
-	Ma, in ogni caso, gli svantaggi restano tanti. Ad esempio, sebbene, una grande casa automobilistica potrebbe avere abbastanza domanda da acquistare uno stabilimento per la produzione di pneumatici, questo probabilmente potrebbe indurre il management ad essere meno focalizzato sul "core business" dell'azienda e quindi a disperdere risorse in aree non strategiche.	Tuttavia, tale integrazione genera alti costi operativi ed elevati immobilizzi di prodotti finiti in molti magazzini, una gran quantità di manodopera aggiuntiva e di strutture.

I vantaggi sono stati indicati con il segno + e gli svantaggi con il segno -

## 8. Grado di integrazione orizzontale

Rappresenta l'acquisizione di nuove attività di business allo stesso livello della catena del valore di quelle già in possesso dall'azienda. Dalla definizione si vede come contrasta con l'integrazione verticale. Un alto grado di integrazione orizzontale si può ottenere tramite l'espansione *interna* oppure attraverso l'espansione *esterna* con fusioni o acquisizioni di aziende che offrono prodotti simili a quelli nei quali si vuole investire. Alcuni esempi:

- Una compagnia petrolifera che acquista raffinerie
- Un'azienda produttrice di automobili che produce molti tipi di auto: utilitarie, di media cilindrata, di lusso, sportive, ecc. così da soddisfare molteplici esigenze (ad esempio FIAT lo è Porsche no)
- Una compagnia che si occupa di comunicazioni che possiede radio, televisioni, giornali, case editrici ecc.

	ELEVATO LIVELLO DI INTEGRAZIONE ORIZZONTALE
+	<p>La possibilità di sfruttare economie di scala, lo sfruttamento di economie di scopo grazie alla condivisione di risorse comuni a differenti prodotti (<b>sinergie</b>).</p> <p>Viene incrementato il potere dell'azienda e, insieme ad esso, anche quello dei fornitori e degli operatori del canale distributivo.</p> <p>Altri benefici si raggiungono anche grazie alla percezione che il cliente ha del legame tra i prodotti della stessa azienda (la pubblicità di un marchio rimanda ad altri posseduti dalla stessa azienda).</p>
-	<p>Se ottenuta attraverso l'acquisizione di aziende concorrenti può aumentare la quota di mercato detenuta dall'azienda, ma potrebbe comportare problemi di concentrazione industriale che possono dar luogo ad interventi drastici da parte di strutture anti-trust (caso microsoft).</p> <p>Al di là degli aspetti legali, spesso occorre capire se i vantaggi economici sono reali o soltanto attesi: molte aziende hanno acquistato attività puntando su sinergie che poi si sono rivelate illusorie.</p>

## 9. Il Manufacturing Cycle Efficiency (MCE)

Esso rappresenta l'indice che misura l'incidenza del tempo speso per le lavorazioni (**value-add time** o **processing time**) rispetto al tempo di flusso complessivo (**lead time**). Il lead time viene definito come il tempo che intercorre tra l'inizio e la fine di un ordine di produzione (tempo da quando entra la materia prima fino alla fine della lavorazione). Esso può essere espresso come la somma di 4 tempi:

	NOMI ITALIANI	NOMI INGLESI	SIGLE
LEAD TIME	TEMPO TECNICO o DI LAVORAZIONE	PROCESSING TIME	PT
	TEMPO DI ATTESA	WAITING TIME	WT
	TEMPO DI MOVIMENTAZIONE o TRASPORTO	MOVING TIME	MT
	TEMPO DI CONTROLLO o COLLAUDO	INSPECTION TIME	IT

Quindi il Lead Time (in italiano Tempo di flusso) è composto dai 4 blocchetti che sono le varie fasi in cui si può trovare la materia prima. Il rapporto del primo tempo rispetto al totale costituisce il MCE:

$$MCE = \frac{PT}{LT(Lead\ Time)} = \frac{PT}{PT + WT + MT + IT}$$

Rappresenta l'efficienza del ciclo: se è quasi 1, ho quasi tutta lavorazione e per il resto il prodotto avanza velocemente.

## 10. Il Grado di meccanizzazione e di automazione

È bene chiarire prima la differenza tra le due. Cominciamo dalle definizioni:

**Automazione:** Non si identifica con una specifica tecnologia, ma individua un criterio di razionalità nell'applicazione delle diverse tecnologie o nell'organizzazione della gestione aziendale (azienda come SISTEMA). Essa consiste nell'impiego di particolari automatismi.

**Meccanizzazione:** Si realizza con una qualsiasi sostituzione di automatismi al lavoro umano o con l'introduzione di automatismi di grado elevato al posto di quelli più elementari.

La differenza sostanziale è che l'automazione è una meccanizzazione inquadrata in una visione d'insieme di tutto il sistema aziendale: l'automazione ha una visione che non è soltanto quella della particolare operazione in esame! Anche tutta l'impresa può comportarsi come un unico automatismo e non implica necessariamente l'uso di un macchinario! L'automazione si divide in:

- **Rigida:** Quella parte di automazione che dipende dallo specifico prodotto che si intende realizzare (come l'attrezzatura di staffaggio, part program di una macchina a controllo numerico).
- **Flessibile:** Parte valida per più prodotti che poi si adatta al prodotto specifico grazie al programma (Macchina CN).

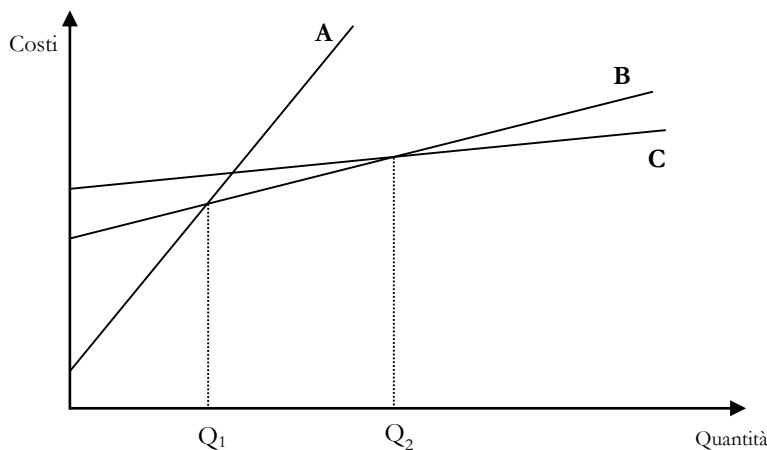
Il tutto dipende dal numero di pezzi da produrre: se, ad esempio, devo produrre un certo numero di boccole e devo decidere che tipo di tornio comprare, potrei pensare (In base alle richieste):

1 Boccola: Tornio Manuale o a controllo numerico

50 Boccole: Tornio a controllo numerico computerizzato (CNC)

500.000 Boccole: Tornio automatico (progettato per costruire quella specifica boccola e se voglio cambiare dimensioni devo intervenire fisicamente sulla macchina!)

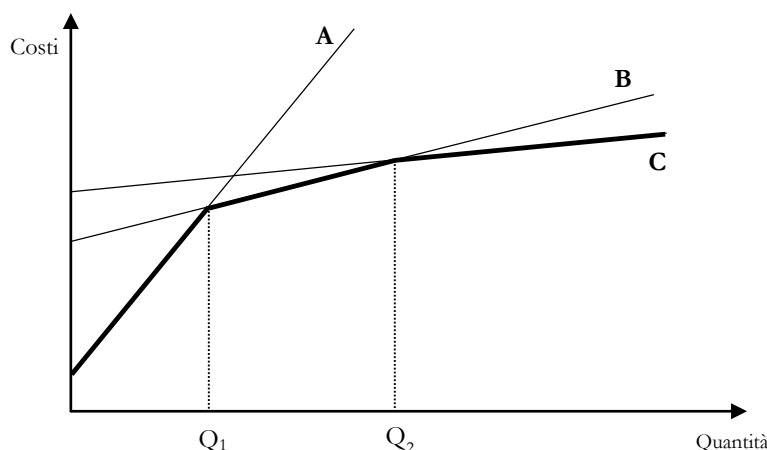
Si distinguono così i **Campi di convenienza**:



**A.** Rappresenta una macchina tradizionale: tutta la gestione è affidata all'operatore (parametri di taglio). Spesso deve confrontare le misure effettive con le quote del disegno e operare di conseguenza. Ho basso costo di ammortamento (quello per Quantità=0), perché la macchina costa poco, ma un costo di manodopera elevato! E il costo aumenta vertiginosamente con la quantità da produrre perché ho tanti tempi morti. Ovviamente trascuro consumi energetici e utensili perché hanno diversi ordini di grandezza.

**B.** Rappresenta una macchina a controllo numerico: è un sistema molto più complesso ma ho dei vantaggi. Ad esempio, mi basta scrivere il programma corretto ed essa produce il pezzo con qualità sicuramente maggiore. I costi di ammortamento sono maggiori (costa di più) ma ho meno tempi morti rispetto al caso precedente (bastano pochi minuti). Ho ridotto drasticamente i tempi ciclo. In effetti la retta B parte da un costo iniziale (di ammortamento) maggiore, ma prosegue con pendenza minore.

**C.** Macchine ad automazione rigida: progetto la macchina particolare per quel pezzo (quindi ha un costo di acquisto e realizzazione elevatissimo). I tempi sono ridotti ulteriormente perché la macchina è ottimizzata per quel pezzo (assenza di spostamenti a vuoto). Tempo ciclo ancora minore.



In sostanza tra 0 e  $Q_1$  mi conviene A;  
Tra  $Q_1$  e  $Q_2$  mi conviene B;  
Oltre  $Q_2$  conviene C.

Allora si identifica la **spezzata di minimo costo**: la spezzata disegnata di fianco con tratto più spesso. Bisogna considerare, tuttavia, anche la qualità finale e il tempo ciclo.

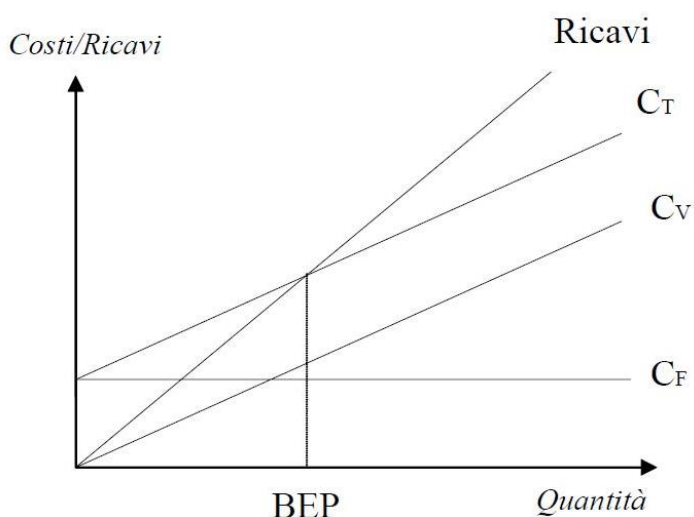


## 11. Il Break Even Point (BEP)

Uno degli strumenti di analisi più significativi è il diagramma del “punto di pareggio” (Break Even Point). Questo diagramma descrive due relazioni:

1. I costi totali di produzione (CT), che sono la somma dei “costi fissi” (CF) – indipendenti dal volume di produzione – e dei “costi variabili” (CV) – funzione del numero di prodotti realizzati;
2. I ricavi (R), che sono pari al prodotto del prezzo unitario (P) per i pezzi venduti (V).

Il diagramma corrispondente, detto “diagramma del punto di pareggio” mostra il punto nel quale il processo produttivo recupera i costi: infatti il BEP è proprio il punto del diagramma ove i ricavi ottenuti dalle vendite uguagliano i costi totali di fabbricazione. Esaminando il diagramma è possibile individuare la quantità di prodotto che è necessario produrre e vendere per ottenere il pareggio tra i ricavi e i costi. I costi fissi sono principalmente i costi di ammortamento, i costi di installazione e di assicurazione. I costi variabili sono, invece, quasi interamente costituiti da materie prime e manodopera diretta



### Principali obiettivi di un sistema produttivo

Stiamo cercando di capire quali sono gli obiettivi di un sistema produttivo ideale (la perfezione):

- a) Bassi costi di produzione
  - b) Alta elasticità
  - c) Alta flessibilità
  - d) Elevata qualità
  - e) Rapide consegne
  - f) Regolari consegne
  - g) Elevato livello di servizio
- a) Può essere importante per la FIAT ma non per la Bugatti, ad esempio. Quindi devo stabilire in che settore mi voglio inserire: in quel mercato sono importanti o no i costi di produzione? Dipende.
  - b) Dipende dal settore e, in particolare, se la domanda è costante nel tempo o meno.
  - c) Potrebbe non essere necessario: ad esempio, se produco benzina o acqua non mi serve né flessibilità né elasticità. Nel caso di automobili, la flessibilità è, invece, importante.
  - d) Dovrei escludere, in primis, le macchine tradizionali perché la qualità dipende dall'operatore, la cui qualità è variabile. Inoltre potrebbe interessarmi produrre a bassa qualità, perché, nel settore in cui lavoro, la concorrenza si basa sui prezzi di vendita.
  - e) Si abbina sempre ad un'altra caratteristica, come, ad esempio, la qualità: se devo consegnare una Ferrari posso far aspettare, mentre per una 500 no!
  - f) Significa che rispetto le consegne nei tempi previsti. Se sono regolare non mando in crisi i settori produttivi (che magari si ritrovano prodotti finiti di ingombro se non ho magazzini adatti) e, inoltre, favorisco la mia reputazione verso i clienti.
  - g) Se è 1, io evado tutti gli ordini pervenuti. Tuttavia, se questo accadesse per ogni livello di domanda, sarei costretto a sovradimensionare l'impianto, la manodopera, il magazzino e le scorte. Mi conviene? Sì se i clienti fanno affidamento su di me, o cederei clienti ai miei concorrenti. Per la Ferrari questo non importa, perché è in regime di monopolio, mentre per una 500 siamo in condizioni di libero mercato.



# Capitolo 2

## I sistemi produttivi e gli impianti industriali

### Le attività produttive ed i processi industriali

La produzione industriale prevede l'impiego di determinate risorse e la loro combinazione per l'ottenimento di altre risorse destinate ai consumatori finali o ad impieghi in altre produzioni. Per **processo** (produttivo) si intende invece *una sequenza di attività, legate logicamente tra di loro, che impiegano risorse (persone, macchine, procedure, materiali), con la finalità di fornire un prodotto o un servizio per un cliente interno o esterno*. Viene specificato interno o esterno perché possono esserci reparti, all'interno dell'azienda, che lavorano per l'azienda stessa, quindi hanno dei tempi da rispettare, sia per fornire prodotti sia per riceverli (ad esempio sono un reparto che fa scocche del veicolo e il mio "cliente" è il reparto verniciatura). Ricordiamo che l'attività produttiva può essere suddivisa in funzione del settore di attività in:

- **Settore primario:** produzione agricola, zootecnica, forestale, ittica, beni naturali in genere;
- **Settore secondario:** produzione per trasformazione (artigiana o industriale);
- **Settore terziario:** produzioni di servizi (energia, trasporti, comunicazioni, crediti).

Le tipologie di produzione varieranno non soltanto in funzione dei settori di attività ma anche in funzione delle tipologie di produzione richieste. Ad esempio si potranno avere *produzioni di materiali per successivi impieghi manifatturieri* (produzione di materie prime per altre produzioni industriali); oppure *produzione di componenti* (elementi, sottogruppi, gruppi per impieghi in prodotti complessi); o la realizzazione di *manufatti complessi* attraverso la combinazione e l'assemblaggio dei prodotti provenienti dai processi dei tipi precedenti. Tali differenze sono legate soprattutto alla presenza, nel primo caso, di processi tecnologici quali:

PROCESSI		TECNOLOGIE
<b>Formatura per distacco</b> (asportazione di truciolo)	→	Macchine utensili (Tornitura, fresatura...)
<b>Formatura per deformazione plastica del materiale</b>	→	Fucinatura, stampaggio, laminazione, estrusione, imbutitura ecc.
<b>Formatura per riempimento di forme</b>	→	Fonderia, presso colatura, pressofusione
<b>Formatura per giunzione</b>	→	Saldatura, forzamento, riporto di metallo
<b>Formatura superficiale di affinamento</b>	→	Trattamenti termici e meccanici di finitura (pallinatura, sabbiatura, bonifica)

Come si vede ad uno stesso processo appartengono più tecnologie e quindi diversi macchinari e diversi operai.

### Materiali che intervengono in un processo

I materiali che intervengono in un processo sono:

- **Materia prima:** Materiali di partenza, introdotti nel processo e che vengono trasformati ma ritrovo comunque nel prodotto finito. La definizione di materia prima, ovviamente, è relativa al processo in oggetto: Ad esempio: i motori sono i prodotti finiti del processo produttivo della FMA, mentre rappresentano la materia prima per il processo dell'Alfa Romeo di Pomigliano d'Arco. Anche etichette.

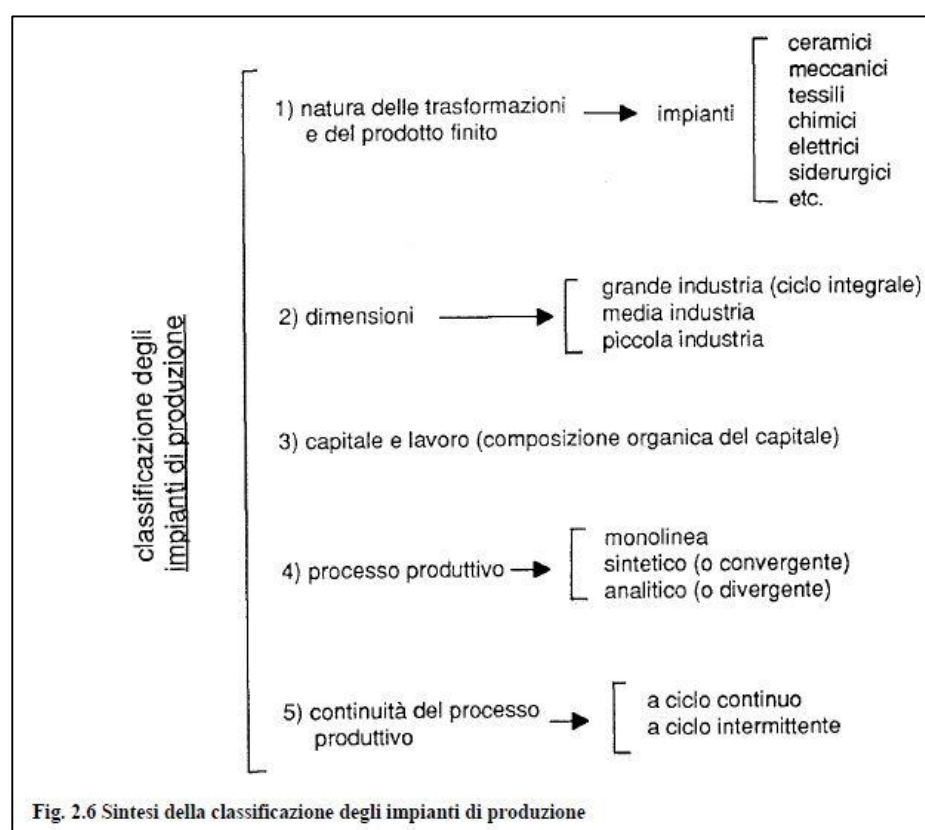
- **Materia sussidiaria (ausiliaria):** Materiali necessari ai processi di trasformazione ma che non ritrovo nel prodotto finito.
- **Semilavorati:** Materiali e assieme che ritrovo nei reparti produttivi in fase di lavorazione o in attesa di essere lavorati, che ritrovo nel prodotto finito.
- **Prodotto finito:** Prodotti che hanno completato il ciclo di produzione e sono pronti ad essere consegnati al cliente.
- **Scarti e sfridi di lavorazione:** Pezzi di produzione che non vendo né utilizzo dopo la lavorazione.
- **Co-prodotti e sottoprodotti:** Materiali trasformati resi disponibili accanto e/o a valle dei prodotti principali.

## Classificazione degli impianti di produzione

Negli impianti industriali si possono distinguere:

IMPIANTI TECNOLOGICI	IMPIANTI DI SERVIZI
<p>Uno o più impianti di produzione in senso stretto. Esso è quell'insieme più o meno articolato di macchine, apparecchiature, congegni e dispositivi costituenti una unità organica e tecnologicamente individuata, nella quale vengono compiute le operazioni di trasformazione vera e propria delle materie prime in prodotto finito, in cui cioè si realizza il ciclo tecnologico. Tali impianti, però, da soli non consentono di ottenere alcun prodotto: il loro funzionamento è possibile in virtù di altri impianti complementari, strettamente inseriti nella struttura complessiva, detti impianti di servizio.</p>	<p>Sempre più di uno. Sono comuni ai diversi impianti di produzione e si diversificano sostanzialmente soltanto dal punto di vista della potenzialità.</p>

Gli impianti tecnologici (o di produzione) possono essere così classificati:



### 1) Natura delle trasformazioni e del prodotto finito:


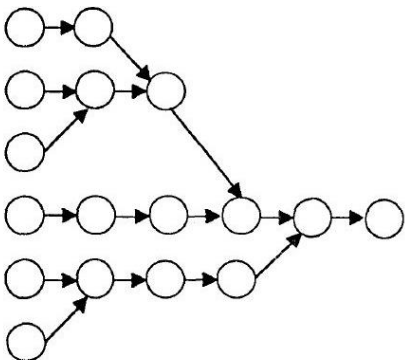
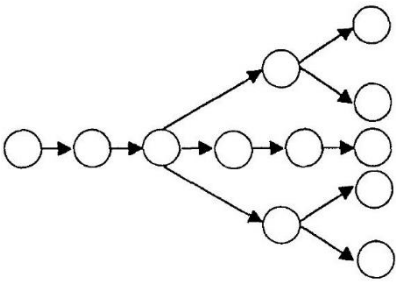
Riguarda soprattutto la parte terminale del processo tecnologico, laddove avvengono le trasformazioni più vicine al prodotto finito.

**2) Dimensioni:** I parametri di valutazione delle dimensioni sono vari: numero di addetti, capitale investito, capacità (o potenzialità) produttiva, ecc.

**3) Capitale e lavoro:** che unitamente alla materia prima ed all'energia costituiscono i fattori necessari per lo svolgimento di ogni attività industriale, si classificano in impianti ad alta intensità di capitale (capital intensive) ed impianti con prevalente contenuto di lavoro

(labour intensive). I primi sono caratterizzati da elevati valori del rapporto fra il capitale fisso, corrispondente al complesso dei mezzi di produzione, ed il cosiddetto capitale variabile corrispondente alla forza lavoro; i secondi invece da bassi valori di tale rapporto.

#### 4) Processo produttivo: distinguiamo varie tipologie di processo:

A. Processo Monolinea	B. Processi Sintetici (o convergenti)	C. Processi Analitici (o divergenti)
Entra una sola materia prima e fuoriesce un unico prodotto. Ad esempio la produzione di ghisa, cemento e TNT (tessuto non tessuto).	Prevedono l'accoppiamento di 2 o più parti con la finalità di ottenere un unico prodotto finito (assemblaggio). Si tratta di elettrodomestici, automobili, elettronica ecc.	Prevedono una sola materia prima in ingresso ma più prodotti finiti in uscita (petrolio, industria lattiero-casearia). Questo però senza cambiare trafila o attrezzaggi.
		

A e B Sono processi più semplici, tuttavia, il più diffuso è il C che è molto più complicato, nonostante abbia una gestione più semplice (ma progettazione più difficile). Per B ci sono problemi in fase di gestione, perché sono fondamentali gli ordini!

#### 5) Continuità del processo produttivo: Si distinguono due tipi di impianto

A flusso (o ciclo) CONTINUO		A flusso (o ciclo) INTERMITTENTE	
Progettato per fare una singola cosa: un unico prodotto, un unico ciclo di produzione, unico flusso di produzione (non si parla di pezzi, ma di pezzi all'ora), rendimento elevato.		Capacità produttiva molto elevata, ma ho una richiesta che non riesce a saturare tutta la capacità produttiva, quindi lavoro a ciclo intermittente e faccio anche altre operazioni. Può lavorare anche in continuo ma non viceversa. Più prodotti, più cicli di produzione, quantità limitata di prodotti, produzione a lotti, basso rischio commerciale.	
A CICLO TECNOLOGICAMENTE OBBLIGATO	NON A CICLO TECNOLOGIC. OBBLIGATO	A CICLO TECNOLOGICAMENTE OBBLIGATO	NON A CICLO TECNOLOGICAMENTE OBBLIGATO
1. Impianti che si presentano come un tutt'uno (chimici, petrolchimici, siderurgici). 2. Impianti con macchine a sequenza non modificabile (filatura, tessitura, tintoria).	Macchine che potrebbero svolgere più cicli, ma disposte in modo da ottenere un unico prodotto. È il caso delle auto: ad es. spostato un saldatore robotizzato altrove e cambio modello.	La modifica si può ottenere variando le modalità di esecuzione del ciclo in termini di attrezzature (trafile ecc. per spaghetti, maccheroni ecc.) o materie prime (impasto integrale ecc.). Diversi tipi di pasta, ma solo pasta!	Macchine che possono svolgere più cicli per ottenere prodotti diversi. Non possono essere saturate con un solo prodotto. Layout per reparto. Qui non mi basta fare solo pasta ad esempio.

#### VANTAGGI E ESEMPI

Se sbagli a stimare la domanda ho problemi: la perfetta coincidenza tra produzione e domanda non si ha mai. Se ho sottoproduzione è critico, perché non posso ridimensionare l'impianto.	Può essere adeguato alla domanda comprando macchine in più. Se viene inventato un nuovo materiale non devo buttare tutto. Ne devo fare tutto l'investimento subito.	Il vantaggio è che se un prodotto non è richiesto più sul mercato, non devo spostare macchine ma cambiare solo attrezzature e/o materie prime. Se, però, vendo l'impianto, chi lo acquista può produrre solo le stesse cose che producevo io.	Ad esempio, se ho una pressa da stampaggio e faccio posacenieri, ne realizzo 1 ogni 2/3 secondi: produrrei troppi posacenieri, quindi faccio altri prodotti.
--	---	---	--

## Definizione di vari tipi di flusso

- **Flusso critico:** è quel flusso al di sopra del quale conviene il processo continuo e al di sotto conviene il processo intermittente (ovviamente posso fare il discorso di valutare se usare uno o l'altro solo se ho un impianto a flusso intermittente!). Se, ad esempio, ho un impianto che uso a flusso continuo, sfruttato all'85%, non mi conviene passare a flusso intermittente, perché, nonostante per il 15% sia inutilizzato, finirei per perdere ancora più tempo nel riassetto delle linee.
- **Flusso ottimo tecnico:** è il flusso che garantisce lo svolgimento del processo al costo minimo (se lo supero, i costi aumentano). È spesso compito di un ingegnere raggiungerlo.
- **Flusso più conveniente:** è quello che consente di ottenere la massima differenza tra ricavi e costi. Ovviamente ad un imprenditore interessa di più massimizzare l'utile piuttosto che minimizzare i costi.
- **Flusso minimo di pieno impiego:** è quel flusso produttivo che satura completamente l'impianto. Si sfruttano, in tale modo, le macchine al 100%. Nel caso di un impianto che è un tutt'uno esso è uguale alla capacità produttiva! Se invece abbiamo più macchine, ad esempio, si calcola così:  
Supponiamo di avere tre macchine A, B, C

TEMPI CICLO		Dai TC ricavo il numero di macchine necessario		Tempo unitario: tempo in cui la macchina produce 1 unità (è fittizio perché il tempo reale è TC)
$TC_A = 12 \text{ min}$	→	2A	→	6 min/pezzo
$TC_B = 36 \text{ min}$	→	6B	→	6 min/pezzo
$TC_C = 18 \text{ min}$	→	3C	→	6 min/pezzo

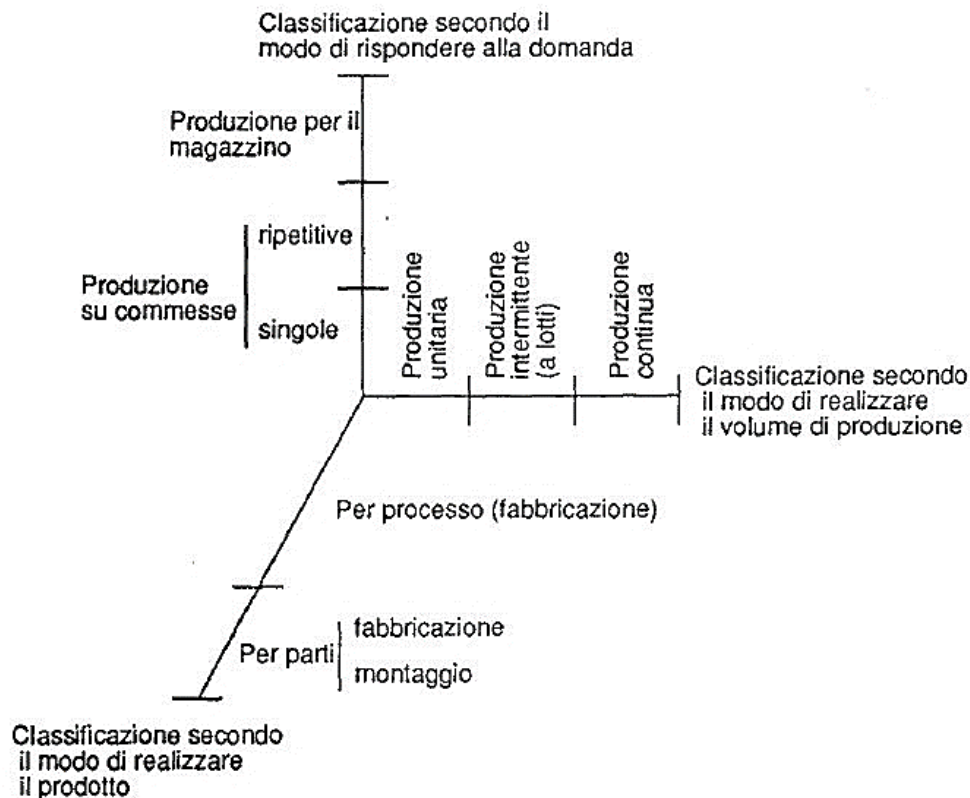
Per poter accoppiare sempre un pezzo di ogni macchina con gli altri due, ho necessità che, ad esempio, B (la macchina più lenta) impieghi meno tempo. Ciò è impossibile! Allora voglio che alla fine dei 36 minuti, ci sia ugual numero dei prodotti di A, B e C: questo è possibile solo con la combinazione prima proposta, infatti, avendo 6 macchinari B, dopo 36 minuti avrò 6 pezzi da B. Ma anche A mi darà 6 pezzi dopo 36 minuti, perché ho 2 macchinari A che impiegano 12 min per pezzo:  $2 \times 3$  (in 36 minuti fanno ciascuno 3 produzioni) = 6. Idem per C. Se vogliamo semplificare il calcolo, basti pensare che il tempo equivalente per fare una unità si ricava facendo il massimo comune divisore dei TC. Facciamo un altro esempio:

TEMPI CICLO		Dai TC ricavo il numero di macchine necessario		Tempo unitario: tempo in cui la macchina produce 1 unità (è fittizio perché il tempo reale è TC)
$TC_A = 11 \text{ min}$	→	11A	→	1 min/pezzo
$TC_B = 7 \text{ min}$	→	7B	→	1 min/pezzo
$TC_C = 5 \text{ min}$	→	5C	→	1 min/pezzo

Qui il massimo comune divisore dei tempi ciclo è pari ad 1: Questo ci dice che l'unica soluzione possibile è quella di produrre (fittiziamente) 1 pezzo al minuto. Come? Avendo numero di macchine pari al rispettivo tempo ciclo. Ricapitolando: Si effettua il massimo comune divisore dei tempi ciclo; si divide il tempo ciclo della macchina in esame per il massimo comune divisore in modo da avere il rispettivo numero di macchine necessario. Questo poi si vedrà meglio negli esercizi.

## I sistemi produttivi

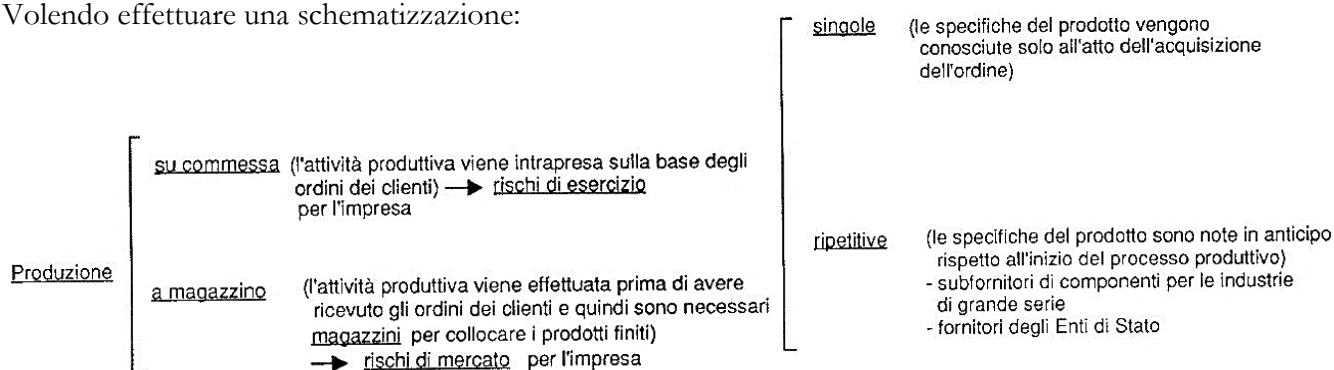
Qui si ripropone, in modo più approfondito, lo studio dei vari sistemi produttivi.



- Secondo il *modo di rispondere alla domanda*, possono essere individuati i seguenti casi "tipici":

PRODUZIONE SU COMMESSA (singola o ripetitiva)		PRODUZIONE PER IL MAGAZZINO
L'attività produttiva viene intrapresa sulla base degli ordini dei clienti. Non ci sono rischi legati alla definizione delle caratteristiche del prodotto, né all'acquisizione degli ordini, ma occorre adeguare la produzione alla mutevole domanda del mercato, con tutti gli scompensi conseguenti.		L'attività viene effettuata prima di aver ricevuto gli ordini dei clienti, sulla base di previsioni di vendita. In questo secondo caso, naturalmente, i prodotti devono essere temporaneamente collocati in depositi (magazzini) e immessi sul mercato in seguito, man mano che gli ordini vengono acquisiti. Le caratteristiche del prodotto devono essere stabilite in anticipo sulla base di ricerche di mercato, prima dell'acquisizione effettiva degli ordini, esponendo inevitabilmente l'azienda a tutta una serie di rischi di natura commerciale; in compenso, però, la tecnologia di produzione, le modalità operative ed il fabbisogno di fattori di produzione, possono essere definiti sulla base di quantità note in anticipo dei prodotti da realizzare, consentendo una razionalizzazione del processo produttivo, specie nei riguardi della sua efficienza.
COMMESSE SINGOLE	COMMESSE RIPETITIVE	
L'azienda riceve una serie di ordini diversi per singoli prodotti, differenziati anche in misura notevole, per i quali solitamente occorre elaborare il progetto (totale o parziale), i cicli di lavorazione, di assemblaggio, di collaudo, ecc.	L'azienda realizza una gamma di prodotti dalle caratteristiche definite per un gruppo di clienti abbastanza stabile, che richiede forniture scaglionate nel tempo; si produce cioè "su catalogo", ma solo dopo il manifestarsi dell'ordine, una gamma spesso ampia di prodotti, di cui sono definiti in anticipo progetto, cicli, attrezzature, materiali.	

Volendo effettuare una schematizzazione:



• Secondo il modo di realizzare il volume di produzione:

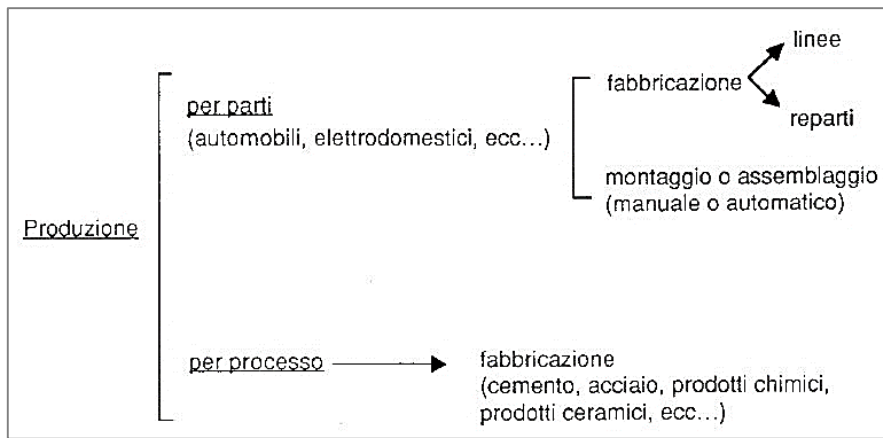
Produzioni CONTINUE	Produzioni INTERMITTENTI (o a lotti)	Produzioni UNITARIE
I prodotti realizzati sono sempre gli stessi, anche per periodi notevolmente estesi, dando luogo ad un flusso ininterrotto dalle caratteristiche omogenee nel tempo: il sistema funziona in modo continuo, producendo sempre nello stesso modo.	I prodotti sono realizzati in lotti economici di entità superiore ai fabbisogni immediati, in modo da formare scorte di magazzino destinate ad essere utilizzate in seguito, quando i centri operativi saranno impegnati in altre attività produttive: il sistema funziona in modo intermittente, variando la sua produzione nel tempo.	L'attività produttiva è organizzata in funzione dell'ottenimento delle specifiche quantità richieste dai singoli ordini, con una variabilità dei cicli di produzione assai spinta.

Produzione	<u>continua</u>	(volume di produzione nella unità di tempo molto elevato)
	<u>intermittente a lotti</u>	(volume di produzione più modesto)
	<u>unitaria</u>	(volume di produzione assai basso)

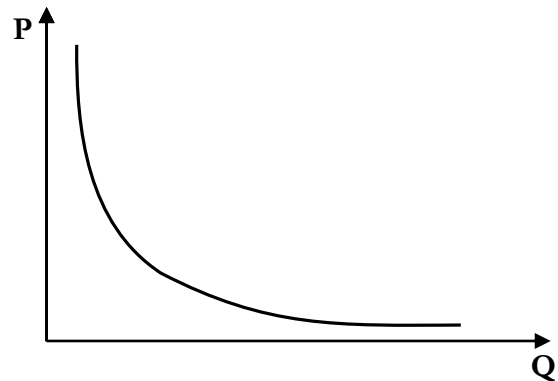
• Secondo il modo di realizzare il prodotto:

Produzioni PER PROCESSO	Produzioni PER PARTI, O MANUFATTURIERE
<p>Il prodotto finito non può essere scomposto nelle sue materie prime, poiché i componenti originali non sono più distinguibili o hanno cambiato natura, come accade nei procedimenti utilizzati per ottenere acciaio, carta, cemento, prodotti chimici, filati, prodotti farmaceutici, ecc.</p> <p>Spesso a ciclo tecnologicamente obbligato.</p> <p>Problemi iniziali in fase di dimensionamento.</p>	<p>Il prodotto ottenuto è costituito da un certo numero di componenti discreti, o parti, realizzati con varie materie prime e tecnologie di trasformazione, come avviene in prodotti quali le automobili, gli elettrodomestici, le apparecchiature elettroniche, le scarpe, i giocattoli, ecc.</p> <p>Una caratteristica peculiare di questo tipo di produzione è che un prodotto può essere quasi sempre montato e smontato, a meno che non sia realizzato mediante saldatura, incollaggio, forzatura, cucitura, ecc.</p> <p>Il processo produttivo, in tale caso, comprende pertanto sia fasi di <i>fabbricazione</i> (da intendere come insieme di lavorazioni che modificano la forma, le dimensioni o lo stato superficiale di parti singole), sia fasi di <i>montaggio</i> (da intendere come complesso delle operazioni di giustapposizione di parti singole per formare un assieme).</p> <p>Problemi di gestione.</p>



Per le fasi di fabbricazione, si intuisce che sono possibili diverse tipologie di sistema di produzione, in funzione di: *volumi unitari da realizzare, ripetitività e valore unitario dei pezzi*. In particolare, si può dire che, all'interno di uno stabilimento, difficilmente si produrranno tanti tipi diversi di prodotti in grandissime quantità, o, viceversa, un unico prodotto in piccole quantità.

Quindi l'impresa si va a posizionare, orientativamente, in un determinato punto della curva rappresentata a destra. Si distinguono i **prodotti (P)** diversi che l'azienda produce, e la **quantità (Q)** degli stessi. Si intuisce che se l'azienda è monoprodotto ( $P=1$ ),  $Q$  è molto elevato (quella di destra è una iperbole non equilatera). Tuttavia se l'azienda produce molti prodotti diversi ( $P$  tendente a infinito),  $Q$  tende a un valore molto piccolo. Ebbene, in base a tali tendenze si distinguono l'organizzazione dei reparti (**Lay-out**, che vedremo dopo) i vari **sistemi di produzione**. Questi ultimi si dividono in...



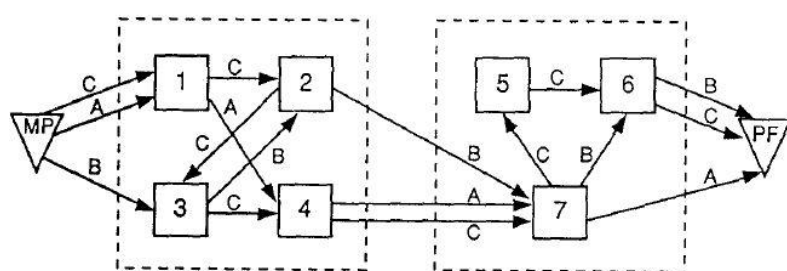
JOB SHOP	FLOW SHOP	A CELLE
<p>Tanti prodotti diversi da realizzare in pochissimi pezzi. In tale caso non ha senso realizzare una linea di produzione per ogni prodotto. Organizzo quindi una struttura (lay-out) per reparti, poi, in funzione del piano di produzione, mando in lavorazione i prodotti. Avrò quindi dei flussi che si intrecciano. Non si spostano i singoli pezzi tra i vari reparti (che potrebbero essere anche molto distanti tra loro), bensì l'intero lotto ottimo di produzione. Quindi, se anche impiego 2 ore per un pezzo, per completare il mio prodotto ci possono volere anche settimane o mesi. Conseguenza di ciò è che uso i tempi di lavorazione dell'intero lotto, invece che del singolo pezzo.</p>	<p>Un unico (o pochi) prodotto da realizzarsi in grandissime quantità. Se le fasi sono in sequenza, basta spostare le macchine in modo da formare una sequenza: ciclo monodimensionale (lay-out per prodotto). Sposto, quindi, il singolo pezzo da una macchina all'altra: le macchine, a causa di ciò, non possono avere tempi ciclo troppi diversi. A differenza del job shop, qui i tempi di trasporto e di attesa sono trascurabili. Un esempio è quello della catena di montaggio, dove le macchine, sono disposte secondo le fasi di lavorazione del prodotto.</p>	<p>Situazione intermedia tra 1 e 2. Tuttavia posso pensare di organizzarmi nel modo più intelligente: se produco boccole di diverse dimensioni, guardo la produzione <u>globale</u> di boccole (ciò che mi interessa), e magari organizzo reparti in cui si fanno boccole delle stesse dimensioni (faccio tanti piccoli flow shop!). In sostanza, la produzione di prodotti della stessa famiglia avviene in un'area definita dell'impianto dove sono presenti le macchine necessarie a quella famiglia. Il lay-out è a postazione fissa (i pezzi rimangono fermi, per pesantezza o delicatezza, e le persone e le macchine si spostano) o a celle.</p>



## Classificazione della fabbricazione

Di conseguenza al criterio prima trattato, si organizzeranno i vari reparti, o meglio il loro **lay-out** (disposizione in pianta dei reparti di produzione e delle macchine negli stessi reparti). Per questo cerchiamo di classificare alcuni tipi di produzione/lay-out.

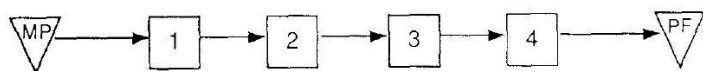
- **Produzione per reparti (lay-out funzionale, o per processo o JOB SHOP):** in essa ogni ordine di lavorazione (costituito da un unico pezzo o da un certo numero di pezzi - lotto o batch - che si muovono assieme), richiede l'esecuzione di una serie di operazioni da parte di un gruppo di macchine e/o di operatori, in una sequenza preassegnata (ciclo tecnologico) che può ammettere alternative. In tale caso, la ridotta quantità delle parti da realizzare e la notevole varietà dei cicli di lavorazione, portano ad aggregare i macchinari in reparti tecnologicamente omogenei (tornitura, fresatura, saldatura, verniciatura, ecc.), ciò che facilita lo scambio di competenze fra operatori e la supervisione da parte dei capi di primo livello. Si ha così a disposizione una potenzialità produttiva (espressa, per esempio, in termini di ore macchina disponibili per l'esecuzione di una data classe di operazioni tipiche del reparto) variamente utilizzabile per le



tipi di sistema, con particolare riferimento alla programmazione della produzione. Si tratta infatti di ottimizzare l'allocazione di una serie di risorse limitate (le macchine) ad un insieme di impieghi (ordini di lavoro), i cui cicli (sequenza di utilizzo delle macchine) possono essere parzialmente sovrapposti fra loro e non necessariamente unidirezionali. Il tutto è reso ancor più complesso dalla variabilità nel tempo del mix dei prodotti da realizzare e dalla

influenza degli effetti casuali tipici delle situazioni in cui il job shop opera (modifiche nelle richieste dei clienti, variabilità delle caratteristiche delle materie prime ecc.).

- **Produzione per prodotto (linee di fabbricazione o FLOW SHOP):** queste strutture produttive sono costituite da un insieme di macchine progettato per realizzare rigidamente una sequenza prefissata di lavorazioni, per uno o pochissimi prodotti con varianti limitate, da ottenere in grandi quantità. In questo caso il flusso di materiali, mostrato nella figura successiva, è lineare ed è incorporato nel processo (in genere automatizzato), con una disposizione dei macchinari che corrisponde alla sequenza del ciclo di lavorazione. La gestione della produzione è certamente più semplice, ma la flessibilità dell'impianto è nulla.



lanciamiento ed alla disponibilità, parametri che condizionano fortemente il livello delle prestazioni. È importante infatti che non vi sia una stazione di lavoro nettamente più lenta delle altre, così da influenzare negativamente la cadenza dell'intera linea, e che la disponibilità sia alta, al fine di garantire la realizzazione degli elevati volumi di produzione che giustificano la scelta di questo tipo di sistema produttivo, nonostante il notevole costo di impianto. Prima di

procedere alla realizzazione di un impianto flow shop, è necessario inoltre compiere un'analisi approfondita dei rischi di mercato ai quali si va incontro dotandosi di una significativa capacità produttiva per un singolo prodotto. Una volta realizzato l'impianto, se il mercato non assorbe il volume di produzione che è stato preso a riferimento per il dimensionamento, si determinano situazioni di insaturazione che elevano in modo spesso notevole i costi, compromettendo la capacità dell'impresa di remunerare adeguatamente il capitale investito, o addirittura di raggiungere l'equilibrio economico.

produzioni che la richiedono, a tutto vantaggio della flessibilità operativa. Dovendosi però lanciare contemporaneamente diversi ordini di lavorazione, per aumentare il grado di utilizzazione degli impianti, i flussi produttivi risultano fortemente intrecciati, così come mostrato nella figura di fianco. Complessi, anche sul piano concettuale, sono gli aspetti di gestione di questo

Per tali sistemi di fabbricazione in linea, i maggiori problemi si spostano dalla fase di gestione a quella di progettazione, con particolare riferimento al bi-



## JOB SHOP

PUNTI DI FORZA	PUNTI DI DEBOLEZZA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Investimento ridotto</b></li> <li>• <b>Alta flessibilità</b></li> <li>• <b>Elevata elasticità</b> Di solito si lavora su un solo turno, quindi, se volessi aumentare l'elasticità, basterebbero straordinari. Se sono troppe ore di straordinario compro un'altra macchina.</li> <li>• <b>Scarsa obsolescenza</b> Le macchine non diventano obsolete perché sono, in genere, tradizionali, che riescono a fare diverse operazioni. Sono standard, ergo, è difficile che vengano superate da macchine tecnologicamente superiori. Le tecnologie molto innovative hanno elevata obsolescenza.</li> <li>• <b>Rapido avvio di nuove produzioni</b> Perché le attrezzature sono generiche (valide sempre).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Alti tempi di attraversamento</b> Come detto in precedenza, ci vuole molto tempo per produrre un pezzo, anche se i tempi effettivi sono bassi.</li> <li>• <b>Elevato WIP (work in process)<sup>1</sup></b> Elevato immobilizzo di materiale per semilavorati: aumentano i costi di produzione e richiede un elevato investimento finanziario.</li> <li>• <b>Scarsa saturazione</b> La saturazione varia in funzione degli ordini, e siccome questi sono variabili nel tempo, si hanno problemi.</li> <li>• <b>Alti costi di manodopera</b> Sono macchine tradizionali: è necessaria una persona per ogni macchina. Inoltre, dipendendo la qualità del pezzo dall'operatore, occorrono operai specializzati, che costano di più.</li> <li>• <b>Qualità non omogenea</b> La qualità non si può mantenere costante per tutta la giornata o per tutta la settimana (gli operai sono persone e hanno rendimento variabile).</li> <li>• <b>Scarsa prevedibilità dei tempi di consegna</b> È difficile prevederli con esattezza a causa della variabilità dei tempi di produzione stessi.</li> <li>• <b>Difficile reperibilità di manodopera specializzata</b> È difficile trovare operai altamente specializzati.</li> </ul>

## FLOW SHOP

PUNTI DI FORZA	PUNTI DI DEBOLEZZA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ridotti tempi ciclo</b> I tempi di flusso sono bassi anche se i prodotti sono complessi (Si pensi che per produrre un'utilitaria bastano 12 ore).</li> <li>• <b>Ridotto WIP</b> I semilavorati non restano fermi per molto tempo proprio perché i flussi sono bassi.</li> <li>• <b>Elevata saturazione</b> Faccio sempre lo stesso prodotto quindi saturo l'impianto il più possibile.</li> <li>• <b>Ridotto fabbisogno di manodopera</b> La linea è automatizzata quindi gli operai non sono impegnati sulla singola macchina. (una persona ne controlla anche 10 alla volta).</li> <li>• <b>Qualità uniforme</b> Non ci sono macchine tradizionali, quindi è la qualità della macchina che conta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Notevole rigidità</b> Lavoro almeno su due turni, quindi, è quasi impossibile far fronte ad un aumento di richiesta. Lavoro su tre turni solo se devo sopperire all'elevato costo iniziale della macchina.</li> <li>• <b>Investimenti elevati</b> Le macchine sono tecnologicamente avanzate, quindi costano. Tutta la linea è ad hoc, quindi costa.</li> <li>• <b>Rischi di rapida obsolescenza</b> Stesso motivo del punto precedente.</li> <li>• <b>Vulnerabilità ai guasti</b> Ci vuole sempre manutenzione preventiva molto spinta, perché se si guasta la macchina, sono utili che perdo per forza, perché non ho produzione.</li> <li>• <b>Elevato tempo di avvio di nuove produzioni</b> Perché dovrei progettare e realizzare una nuova linea di produzione (ex novo).</li> </ul>

<sup>1</sup> Nota. WIP: Indica il numero di pezzi, o di lotti, che vengono lavorati contemporaneamente, all'interno di un sistema produttivo. Si tratta del materiale, in uscita da una fase del processo di lavorazione, in attesa di essere trattato da quella successiva. Non confondere con work in progress.

- Produzione per celle (o cell production):** Nasce dall'idea di ottenere i vantaggi di entrambi i metodi (job shop e flow shop). Inoltre nasce dalla necessità di avere elevata flessibilità, mentre le soluzioni precedenti sono troppo rigide. Per cui il lay-out a celle costituisce la base della produzione Just in Time. Spesso è utile quando in un numero insieme di prodotti differenti da realizzare, è possibile individuare più famiglie di pezzi con cicli di lavorazione sufficientemente omogenei (secondo i criteri della tecnologia di gruppo, o *Group Technology*), si possono individuare gruppi di macchine differenti (celle), organizzati come piccoli impianti di tipo flow shop, da adibire alle lavorazioni necessarie per ottenere un'intera famiglia di pezzi (quindi, ad esempio, non una produzione per la singola boccola, ma per un'intera famiglia di boccole con i macchinari adatti). Il tentativo è quello di ottenere i vantaggi della produzione di grande serie anche per le piccole e medie serie, eliminando l'intreccio del flusso produttivo rispetto al job shop, con vantaggi rilevanti sia per la riduzione del lead time, sia per la semplificazione dei trasporti e la gestione della produzione; si riduce però lievemente la flessibilità dell'impianto, in quanto ogni cella è dedicata alla lavorazione di una sola famiglia di pezzi. Ovviamente non raggiungerò le velocità di un vero impianto Flow Shop, perché, anche per piccole differenze di dimensioni all'interno della stessa famiglia, dovrò, magari, riattrezzare le macchine, quindi la lavorazione non è proprio continua, ma molto veloce. In termini di costo, ho il vantaggio di non dover acquistare necessariamente macchine costose: posso avere un piccolo tornio per boccole che, forse, non andrà bene per alberi, ma a me non importa! La velocità si riduce (e i costi aumentano) di molto, se volessi (e potrei farlo) comprendere all'interno della famiglia di boccole anche gli alberi che dovrò accoppiare con esse. Il vero problema si sposta nel definire le famiglie e poi trovare i codici per ogni famiglia e ogni singolo pezzo (vedi casella **codifica**). Per la produzione a celle, i lay-out in generale, possono essere di due tipi:

### GROUP TECHNOLOGY e la CODIFICA

Attribuire codici, in modo da identificare caratteristiche comuni viene detto **Group Tecnology**.

Quando un progettista disegna un pezzo, gli attribuisce un codice: si parte facendo un disegno d'insieme e poi si passa alla scomposizione delle singole componenti. Vi sono 3 tipi di codici:

- **Codici a disegno:** Pezzi che disegniamo per determinate funzioni. (a barre, QR code).
- **Codici unificati:** Se disegniamo assieme con componenti unificati (dadi, bulloni) basta scrivere il loro codice. Queste componenti codificate, in genere, si scelgono, non si riprogettano!
- **Codici a catalogo:** Ogni azienda, che produce componentistica, ha pezzi diversi da quelli unificati e gli affida un proprio codice (a differenza, appunto di quelli unificati, che valgono a livello mondiale).

Lo stesso discorso vale per l'utensileria, a meno di esigenze particolari.

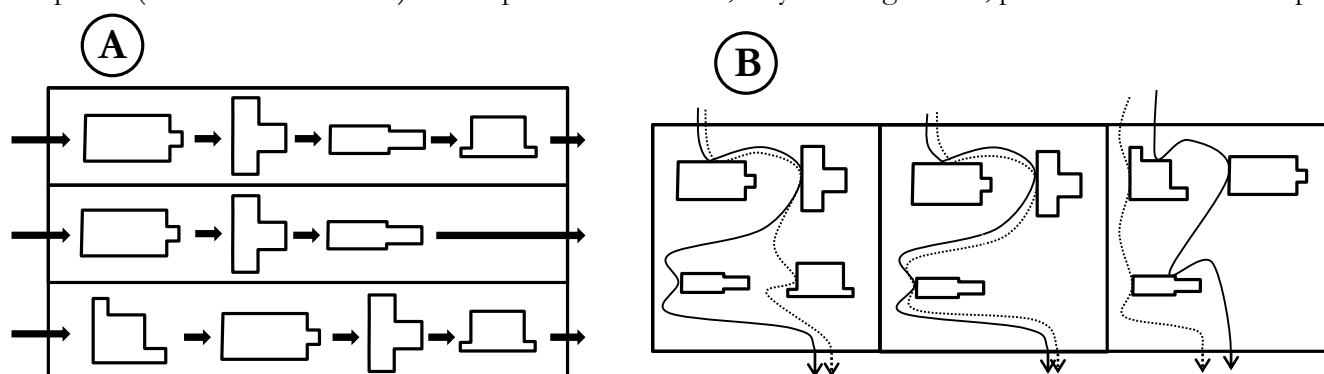
Per i codici a disegno, decidiamo noi che criterio di codifica utilizzare tra quelli esistenti. Alcuni di questi sono:

- **Codici progressivi:** la codifica a numeri progressivi consiste nell'usare numeri in una successione progressiva. Non vi sono limiti (1, 2, 3 ecc.). Tuttavia, non dà informazioni sulle quantità che dovranno essere ordinate e montate. Quindi va bene per pochi pezzi, anche perché potrebbe divenire troppo lungo.

- **Codici Alfanumerici:** nella codifica alfanumerica si introducono lettere, in modo da poter fare più combinazioni, senza far aumentare il numero di caratteri (come le targhe automobilistiche).

- **Codici parlanti:** è come se parlassero perché, ogni parte del codice, identifica una caratteristica del pezzo (materiali, dimensioni ecc.). Così facendo, non devo vedere tutti i progetti per conoscere i pezzi, ma basta una ricerca mirata ad una categoria di pezzi con quelle caratteristiche.

Per un'azienda nuova è facile progettare un lay-out a celle, ma se un'azienda dovesse passarvi da un job shop, dovrebbe modificare tutti i codici stabiliti in passato, in modo da organizzare la produzione in famiglie di pezzi (tranne quelli che non produco più).



Tra le due soluzioni la **B** è migliore perché ho tutto sotto controllo, ho una visione d'insieme migliore. Con la **A**, il singolo operatore riesce a tenere sotto controllo solo la macchina prima e dopo di esso, mentre con la **B** si ha un quadro di tutto ciò che accade nella cella.

## Parametri studiati in funzione dell'organizzazione

Ci chiediamo se il TRS sia diverso tra i vari lay-out e in quale di questi sia più alto. Secondo un ragionamento superficiale, le tipologie di perdite sono sempre le stesse ed equivalenti tra i vari tipi di organizzazione, ma in realtà non è così. In particolare il TRS è maggiore nel Job Shop o nel Flow shop? Confrontiamo i tre tipi visti:

JOB SHOP	FLOW SHOP	A CELLE
<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevata incidenza dei tempi di riattrezzaggio.</li> <li>Se una macchina è guasta non ce ne accorgiamo immediatamente: alcune fermate sono ritenute più normali perché gestite da operatori. Inoltre potrebbe non interessarmi, perché ne ho un'altra uguale in reparto, ma i tempi di riparazione aumentano in ogni caso!</li> <li>Si fanno pochi pezzi, quindi non mi rendo conto se ci sono microfermate. Ci sono, però, molti rallentamenti ogni volta che cambio lavorazione, per controllare che vada tutto bene anche con la nuova lavorazione.</li> <li>La qualità diminuisce e varia molto nel tempo, anche a causa dell'operatore.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perdite per riattrezzaggi minime o praticamente inesistenti.</li> <li>Riduco l'intervento umano quindi ho meno guasti.</li> <li>Se si guasta una macchina, si blocca tutto subito, quindi si ripara subito la macchina (me ne accorgo anche con monitor e computer). Infatti abbiamo tempi di fermata bassi.</li> <li>Le microfermate mettono in crisi il sistema perché possono far fermare le macchine a monte e o a valle. Inoltre sono assenti le variazioni di velocità perché non ho nuove lavorazioni: faccio sempre la stessa cosa.</li> <li>La qualità è sempre costante e molto elevata. Infatti riduco l'intervento umano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perdite per riattrezzaggi molto bassi perché i pezzi appartengono alla stessa famiglia, quindi simili. (Alta versatilità). Tuttavia la versatilità non è per forza maggiore del job shop (del flow shop sicuramente lo è): infatti, quanto detto prima, garantisce alta riconfigurabilità, ma non per forza elevata convertibilità. Se il nuovo pezzo da produrre appartiene ad una famiglia, i tempi sono molto bassi e quindi la versatilità è maggiore del Job Shop, altrimenti il pezzo deve attraversare più celle e la convertibilità sarà minore del job shop. Quindi bisogna vedere.</li> </ul>

In definitiva il TRS sarà molto diverso tra le varie tipologie di lay-out. Tuttavia, non bisogna solo guardare il TRS ma anche quale tipo di lay-out viene sfruttato al meglio delle sue potenzialità.

## Classificazione del montaggio - Con riferimento al tipo di impianto

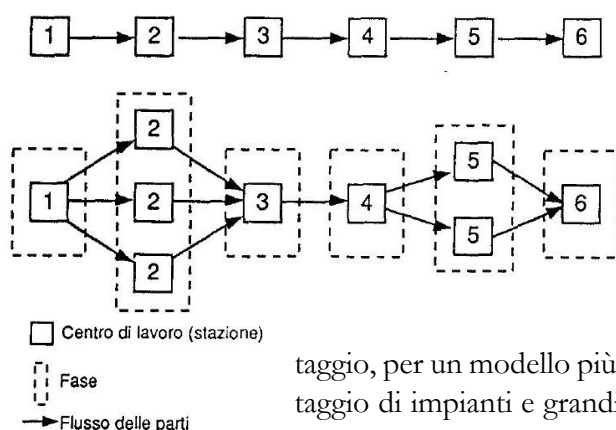
Sono disponibili diverse soluzioni:

- 1) **Montaggio a posto fisso:** in questo caso l'oggetto da realizzare non si trasferisce da una postazione all'altra: è l'operatore che compie l'intero ciclo di assemblaggio (e eventualmente le parti di collaudo), avendo a disposizione le adeguate attrezzature. Conseguenza di ciò, è la necessità di disporre, in ogni postazione di lavoro, di tutte le attrezzature e le parti necessarie per arrivare al completamento dell'assieme finale (sono i pezzi che arrivano all'operatore "sul suo tavolo di lavoro", ma i vari operatore non si passano niente, non si interfacciano). Questo può provocare un flusso delle parti intrecciato, soprattutto se vi sono molte postazioni di lavoro e il volume di produzione non è piccolo. Per contro, ogni operatore ha sotto controllo l'intero processo di montaggio e può compiere la verifica di funzionalità e l'eventuale riparazione di difetti di prodotti anche complessi (come macchine utensili). Una soluzione, per migliorare il flusso di componenti, è quella di usare dei kit, ossia set completi di parti necessarie per un determinato assieme. Questo diventa indispensabile quando si realizzano molte varianti del prodotto finito, che differiscono anche per un numero limitato di particolari. Negli ultimi anni, l'uso di varianti, con mix e sequenze di produzione variabili, è divenuto un fattore critico di successo: viene detta *diversificazione del prodotto finito*.
- **Montaggio a trasferimento (o in linea perché gli oggetti avanzano in una linea):**
  - **(linee) A ritmo non imposto** (o *a linee spezzate*): costituito essenzialmente da una serie di stazioni di lavoro (con gruppi di operai), disposte in successione con polmoni (buffer o depositi) intermedi. Le stazioni sono collegate da un sistema di trasporto, eventualmente meccanizzato (un convogliatore a nastro o a rulli). Ciò che gestisce il ritmo sono i vari operatori (quando l'operaio, o gli operai, hanno

finito il loro lavoro, la linea avanza, come nella Ferrari). In quest'ultimo caso l'assieme è in crescita da un posto di lavoro al successivo (*montaggio sequenziale*), altrimenti, la linea è il mezzo di adduzione di sottoassiemi, montati in posti diversi, al medesimo punto di assemblaggio finale (*montaggio stellare*).

- **(linee) A ritmo imposto:** La cadenza di avanzamento è fissata dal sistema di trasporto dei pezzi (necessariamente meccanizzato), e risulta uguale per tutte le postazioni (non sono più gli operatori a decidere quando far avanzare la linea, ma devono eseguire le operazioni in un tempo stabilito). Tuttavia, tra le varie stazioni della linea, possono essere posizionati dei "polmoni di disaccoppiamento" (buffer<sup>2</sup>) per dare maggiore flessibilità operativa nel caso di rallentamenti o arresti. Un caso particolare è quello delle *linee a trasferimento continuo*, costituite da una serie di stazioni, disposte lungo un convogliatore a moto continuo (aereo o a pavimento), recante i prodotti da assemblare, intervallati tra loro a distanza costante. Di fatto, costante è anche il tempo impiegato dal prodotto per attraversare la stazione (salvo piccole variazioni). Il caso esaminato è quello di automobili di serie, lavatrici ecc.

Il montaggio a trasferimento trova applicazione soprattutto in presenza di elevati volumi produttivi e di assiemi di dimensioni considerevoli (è da notare che anche il costo delle attrezzature di montaggio, se rilevante, può far preferire questa soluzione al sistema a posto fisso). Un esempio è fornito dalla figura di sotto (con il termine di stazione si indica una postazione di lavoro dove è svolto un segmento ben definito del processo di montaggio - una o più operazioni - denominato fase). Ogni fase può essere assegnata ad una o più stazioni: il numero di queste ultime indica allora il *grado di "parallelizzazione"* dell'attività produttiva. Con questa soluzione impiantistica il flusso delle parti da montare è molto più razionale, poiché ogni postazione deve essere alimentata solo con una quota (non tutto i pezzi dell'assieme finale) dei particolari costituenti il prodotto. Inoltre ogni postazione richiede un minor numero di attrezzature, consentendo così di ottenere una miglior saturazione complessiva, che può permettere a sua volta l'utilizzo di mezzi più sofisticati ed a più elevata produttività. Si deve in ogni caso osservare che la potenzialità produttiva della linea dipende tipicamente solo dal tempo di completamento del lavoro da parte della stazione (o del gruppo di stazioni) che procede con maggior lentezza. Anche qui si può far uso di kit che però contengono anche solo gadget per particolareggiare i vari prodotti finiti diversi (ad esempio il kit contenente un set di portabottiglie, con i pezzi necessari al montaggio, per un modello più costoso dello stesso frigorifero). In generale, mentre per il montaggio di impianti e grandi apparecchiature si ricorre alla soluzione a posto fisso, nei processi di montaggio per medio-grandi volumi è prassi comune adottare il sistema della linea.



zazione complessiva, che può permettere a sua volta l'utilizzo di mezzi più sofisticati ed a più elevata produttività. Si deve in ogni caso osservare che la potenzialità produttiva della linea dipende tipicamente solo dal tempo di completamento del lavoro da parte della stazione (o del gruppo di stazioni) che procede con maggior lentezza. Anche qui si può far uso di kit che però contengono anche solo gadget per particolareggiare i vari prodotti finiti diversi (ad esempio il kit contenente un set di portabottiglie, con i pezzi necessari al montaggio, per un modello più costoso dello stesso frigorifero). In generale, mentre per il montaggio di impianti e grandi apparecchiature si ricorre alla soluzione a posto fisso, nei processi di montaggio per medio-grandi volumi è prassi comune adottare il sistema della linea.

	POSTO FISSO	IN LINEA
+	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Investimenti ridotti</b> (Attrezzi standard)</li> <li>• <b>Lavoro vario</b> (più professionalità)</li> <li>• <b>Controllo qualità semplificato</b> (lo fa l'operatore)</li> <li>• <b>Rapido avvio di nuove produzioni</b> (Ho attrezzature standard, che valgono sempre, perché faccio pochi pezzi)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ridotti Tempi ciclo</b> (Perché ho alti volumi)</li> <li>• <b>Ridotti WIP</b> (Flusso veloce)</li> <li>• <b>Ingombro limitato</b></li> <li>• <b>Ridotto costo manodopera</b> (non tutta specializzata)</li> <li>• <b>Flusso delle parti stazionario</b></li> </ul>
-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Alto tempo ciclo</b> (non vengono nemmeno considerati)</li> <li>• <b>Elevato WIP</b> (Si riduce la velocità dei flussi)</li> <li>• <b>Flusso delle parti intrecciato</b></li> <li>• <b>Notevole ingombro</b> (l'operatore ha bisogno di spazio)</li> <li>• <b>Maggior costo di manodopera</b> (Persone specializzate)</li> <li>• <b>Difficile addestramento manodopera</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Notevole rigidità</b> (è difficile aumentare la catena produttiva)</li> <li>• <b>Investimenti elevati</b> (Progettata ad hoc)</li> <li>• <b>Difficile bilanciamento</b> (Prodotti a configurazione variabile nel tempo: se monto più optional, aumenta il tempo ciclo).</li> <li>• <b>Lavoro ripetitivo</b></li> <li>• <b>Maggior tempo avvio di nuova produzione</b> (Devo riprogettare l'intera linea).</li> </ul>

<sup>2</sup> nella linea asincrona tra una stazione di lavoro e l'altra è presente un punto di accumulo dei pezzi, che prende il nome di magazzino interoperazionale o buffer.

## Classificazione del montaggio - Con riferimento al tipo di organizzazione

La classificazione precedentemente introdotta fa riferimento al tipo di impianto utilizzato per il montaggio. Considerando invece gli aspetti di organizzazione del lavoro, si possono presentare, di massima, le alternative descritte di seguito:

- **Montaggi Parcellizzati:** ogni persona svolge una singola, semplice operazione. Quindi vi è una chiara divisione tra assemblaggio, collaudo e riparazione. I tempi ciclo quindi sono bassissimi.
- **Montaggi Ricomposti:** si realizzano forme di arricchimento dei compiti (job enrichment): ogni persona inizia a svolgere "un pacchetto" di operazioni (il tempo ciclo aumenta). Le operazioni sono meno ripetitive: ad ogni operatore è assegnata una frazione considerevole del ciclo produttivo, comprendente di regola attività di montaggio, collaudo e riparazione (anche più di una insieme).
- **Montaggi ad isola:** in questo caso, ad un gruppo di lavoratori, è assegnata collettivamente la responsabilità di realizzare un segmento apprezzabile del ciclo produttivo (al limite l'intero ciclo) svolgendo tutte le attività di montaggio e collaudo previste dal medesimo (come un motore Ferrari: poche persone assemblano completamente il pezzo). Servono persone molto più preparate, ma non c'è più ripetitività. Riguardo all'entità del segmento di produzione assegnato e alle modalità di ripartizione dei compiti, il montaggio a isole può accostarsi alle soluzioni a posto fisso o a trasferimento. Con il montaggio ad isola si cerca di fornire una risposta alla richiesta degli operatori di compiere mansioni più complete e significative (vi è anche la job rotation); di solito, fra l'altro, si ottiene anche un aumento della flessibilità e dell'elasticità dell'organizzazione produttiva (grazie alla maggiore capacità di fare fronte a microconflittualità, assenteismo, ecc.), nonché una qualità del prodotto più elevata e/o più costante.

### I problemi di progettazione delle postazioni e dei cicli

Nel caso di sistemi di montaggio manuali, i più rilevanti problemi di progettazione sono legati a:

- progettazione del posto e del ciclo di lavoro dell'operatore (sia a posto fisso, sia in linea);
- bilanciamento fra i diversi stadi del processo (in linea).

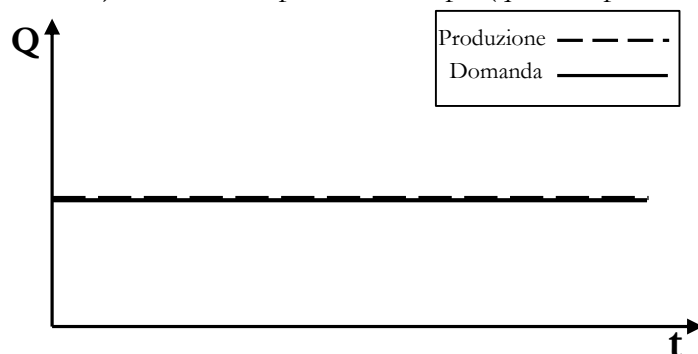
Per dare una risposta al primo problema possono essere utilizzate, fra l'altro, molte delle tecniche di analisi del lavoro sviluppate negli ultimi decenni (MTM, cronometraggio, ergonomia, ecc.). Il secondo problema consiste nel determinare quali, fra tutte le operazioni necessarie al montaggio completo del prodotto finito, assegnare ad ogni stazione, in modo "bilanciato" e nel rispetto dei vincoli tecnologici di precedenza e di massimo carico di lavoro assegnabile alla singola postazione. Nel caso del montaggio manuale, tale ricerca è resa particolarmente complessa dalla variabilità intrinseca dei tempi di montaggio degli operatori (il tempo di montaggio dipende infatti dalla predisposizione/abilità dell'operatore, dall'affaticamento, ecc.). In ogni caso, l'interdipendenza esistente fra gli stadi della soluzione in linea pone, pur con il ricorso a metodi di bilanciamento sofi-

sticati, un limite superiore di convenienza alla saturazione degli operatori addetti al montaggio (non si può avere la perfezione né "stressare" l'operatore). Tale situazione può essere superata solo riducendo la rigidità del vincolo di dipendenza fra i diversi stadi (per esempio con la creazione di polmoni di disaccoppiamento statici o circolanti). I montaggi automatici sono stati finora in prevalenza basati su sistemi a trasferimento fisso, realizzati ad hoc, per l'assemblaggio in grandi volumi di prodotti relativamente poco complicati. Con questa soluzione si presentano problemi di rigidità e di rischio di obsolescenza analoghi a quelli delle linee transfer di fabbricazione. La possibilità di diffusione di sistemi flessibili di montaggio automatico di tipo robotizzato appare d'altro canto molto legata ad una razionalizzazione dell'intero ciclo tecnico-produttivo, che parta da una adeguata progettazione ed unificazione delle parti componenti secondo i principi del "design for assembly". È infatti evidente che un opportuno cambiamento tecnologico del prodotto (innovazione progettuale) e/o l'adozione di componenti standardizzati possono semplificare radical-

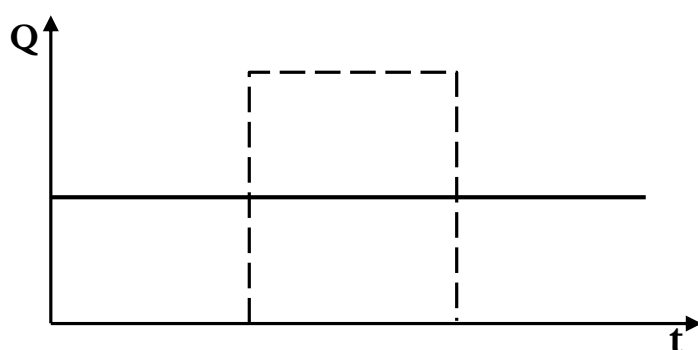
mente il processo di montaggio. Il fenomeno si è già manifestato con chiarezza nel caso dei montaggi elettronici (si pensi all'inserimento di componenti nelle schede a circuito stampato). L'evoluzione e l'unificazione della componentistica, unita alla crescente disponibilità di mezzi che consentono l'automazione delle operazioni di montaggio, di collaudo e di diagnosi di eventuali inconvenienti, spingono infatti a realizzare soluzioni organizzative tipiche della grande serie anche con produzioni di media serie. Il montaggio automatico flessibile sta comparso anche in altri settori, nei casi in cui un'ampia gamma di prodotti diversi sia ottenibile impiegando componenti fortemente standardizzati. Serrature, interruttori domestici, strumenti per autovetture, per fare degli esempi, possono essere ottenuti con linee completamente robotizzate che, con tempi di attrezzaggio virtualmente nulli (1 o 2 secondi), possono montare indifferentemente l'uno o l'altro degli articoli della gamma, utilizzando componenti diversi che appartengono tuttavia all'unica famiglia individuata in sede di riprogettazione radicale dei prodotti.

## Il problema della domanda nella progettazione dell'impresa

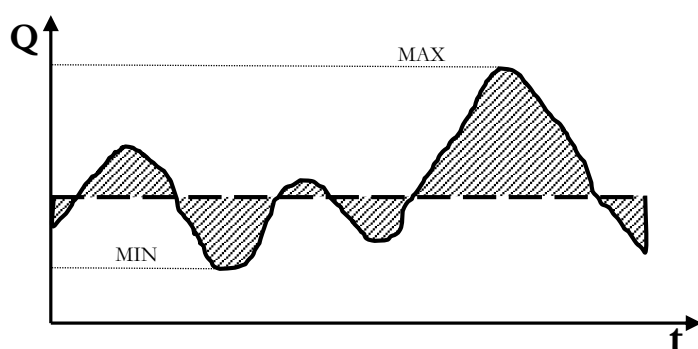
Presentiamo prima le curve di domanda tipo (variazione nel tempo della quantità richiesta all'impresa - linea continua) e le curve di produzione tipo (quantità prodotta dall'impresa nel tempo- linea tratteggiata):



**1) Domanda costante nel tempo e pari alla produzione** (sono due rette orizzontali sovrapposte). È il caso del flusso più conveniente; inoltre l'impresa deve essere in grado di seguire tale domanda (produzione continua). Un esempio può essere l'industria cartaria.



**2) Domanda costante** (distribuita durante l'anno) **e produzione concentrata** (in un periodo). La domanda deve essere soddisfatta in un piccolo (relativo) tempo. Un esempio può essere l'industria conserviera (che produce a magazzino).



**3) Domanda variabile e Produzione costante.** Per riuscire a soddisfare la domanda, il valore della produzione potrebbe essere pari al valore medio della domanda (nel caso di produzione costante). Questo vuol dire che la somma delle aree evidenziate deve essere nulla (nel senso che la somma di quelle al di sopra del valore medio deve essere uguale a quella delle sottostanti). È il caso dell'industria di automobili.

Nel caso **2** possiamo prendere, ad esempio, un'impresa che produce conserve di pomodoro: sono vincolato dall'aver disponibile la materia prima concentrata in soli due mesi dell'anno! Quindi posso dimensionare l'azienda in diversi modi: Potrei concentrare la produzione in quei due mesi, vendendo poi il prodotto durante tutto l'anno. Potrei costruire un magazzino frigorifero in modo da lavorare tutto il pomodoro in quei due mesi (conservandoli poi nei frigoriferi), ma produrre conserva per tutto l'anno. Ancora potrei conservare comunque a magazzino e produrre in un periodo di 1-6 mesi, e durante il restante periodo produrre altri prodotti (come chi produce panettoni, durante il restante periodo, magari, produce anche colombe). Tuttavia spesso non è l'impresa a scegliere la condizione più conveniente: bisogna far fronte anche alle proprie risorse economiche; spesso si sceglie una situazione non proprio ottimale per mancanza di capitale iniziale.

Nel caso **3** potrei scegliere il valore MAX della domanda per dimensionare l'impianto: spendiamo di più e potrei anche aver sovradimensionato il tutto, perché, essendo la domanda pari al Max per un brevissimo periodo, non sfrutterò mai la capacità massima dell'impianto! Se lo dimensiono per la domanda media poi mi devo adeguare a una domanda variabile nel tempo: se la curva "oscilla" molto, mi serve un magazzino elevato per far fronte ad aumenti di domanda durante l'anno. Se scelgo il MIN non ha proprio senso: perdo clienti subito, perché saturo l'impianto ma non riesco a rispondere a domande crescenti. Tuttalpiù devo affidarmi a terzi. In sostanza si sceglie: valore medio + magazzini + variazione prezzi + ricorsi a straordinari + rinunciare alle vendite durante alcuni periodi. Tutto questo per seguire il più possibile la domanda!

## Classificazione degli impianti di produzione e di servizio

Impianti di produzione		Impianti di servizio	
Permettono di passare dalla materia al prodotto finito.		Permettono la realizzazione dei prodotti negli impianti di produzione. Si classificano...	
IN BASE A	VENGONO CLASSIFICATI COME	IN BASE A	VENGONO CLASSIFICATI COME
Natura della trasformazione e del prodotto finito	<div><div>-Ceramici</div><div>-Tessili</div><div>-Meccanici</div><div>-Elettrici</div><div>-Chimici</div><div>-Siderurgici</div></div>	Entità servita	<ul style="list-style-type: none"><li>Mezzi produttivi</li><li>Persone addette</li></ul>
Dimensioni	<ul style="list-style-type: none"><li>Grande industria</li><li>Media industria</li><li>Piccola industria</li></ul>	Tipi di servizi	<ul style="list-style-type: none"><li>Di alimentazione (centrifuga)</li><li>Di scarico (centrifugato)</li></ul>
Capitale e lavoro (composizione organica del capitale)	Uguale a punto precedente	Funzione svolta	<ul style="list-style-type: none"><li>Produzione e distribuzione di energia</li><li>Controllo condizioni ambiente di lavoro</li><li>Trasporto materiali, soldi e liquidi</li><li>Variazione impianto-ambiente esterno</li></ul>
Processo produttivo	<ul style="list-style-type: none"><li>Monolinea</li><li>Sintetico (convergente)</li><li>Analitico (divergente)</li></ul>		
Continuità del processo produttivo	<ul style="list-style-type: none"><li>A ciclo continuo</li><li>A ciclo intermittente</li></ul>		

## Confronto tra differenti tipi di processo

ORGANIZZAZIONI CARATTERISTICHE → IL PRODOTTO ↓	JOB SHOP	A LOTTI	A LINEE SPEZZATE	IN LINEA	PROCESSO CONTINUO
<b>GAMMA</b>	Su disegno del cliente	Progetti propri Realizzazioni a lotti economici	Produzioni standard, poche differenziazioni	(uguale a) <b>3</b>	Produzione standard
<b>FATTORI CRITICI</b>	Affidabilità consegne, personalizzazione e originalità	Prestazioni, affidabilità, tempestività consegne e innovazioni	Prezzo, prestazioni, flessibilità, affidabilità consegne	<b>3</b>	Prezzo
<b>FATTORI IRRILEVANTI</b>	Prezzo				Innovazione, personalizzazione
<b>INNOVAZIONI DI PRODOTTO</b>	Continua e vivace	Frequente e Pianificata	Poco frequente	Rara e costosa	Pressoché inesistente o comunque molto costosa
<b>IL PROCESSO</b>	Non definito, raramente esistente	Non tutti i prodotti richiedono le stesse fasi: c'è un ciclo tipo.	Ciclo ben definito con alcune fasi fuori linea	<b>3</b>	Rigido

# Capitolo 3- Il layout di stabilimento

## Il problema del layout

### Introduzione

Il problema del layout, inteso nel senso generale della distribuzione-disposizione interna dei macchinari e dei materiali, ha dovuto essere affrontato da ogni singola impresa dalla prima rivoluzione industriale in poi. Per dare una definizione di **layout**, si può fare riferimento a quella dell'American Institute of Industrial Engineers: *«l'organizzazione della produzione ha per oggetto la progettazione, la messa in opera, la manutenzione e il miglioramento di sistemi integrati di uomini, macchine e materiali; facendo uso di tecniche e metodi tratti dalle scienze matematiche, fisiche e sociali, oltre che dei criteri dell'analisi economica, essa deve definire gli obiettivi di tali sistemi integrati, valutare preventivamente e controllare i risultati ottenuti»*. Una buona organizzazione della produzione è indispensabile per l'efficiente funzionamento di uno stabilimento. In alcune circostanze, essa può diventare critica per la sopravvivenza dell'impresa. Guardando il layout in termini più pratici, si può dire che esso comprende la progettazione e attuazione della disposizione ottimale delle attrezzature industriali, ivi comprese la manodopera, il macchinario, le scorte, i trasporti interni e tutti i servizi accessori, nonché la progettazione della struttura più adeguata a contenere e a proteggere tali sistemi integrati. L'accezione di «layout di stabilimento» può pertanto applicarsi alla planimetria esistente o a quella proposta, come pure allo studio analitico dei vari aspetti del problema (o studiare quella esistente o progettarela). Il layout ottimale, nella sua accezione generale, non esiste: Data la complessità dei problemi che convergono nel layout, i criteri che si possono adottare per effettuarne l'analisi dei risultati economici sono numerosi e possono differire a seconda degli obiettivi che il layout si propone.

### Occasioni di studio del lay-out

Il layout di uno stabilimento interessa e tocca direttamente tutti coloro che vi lavorano. La disposizione del posto di lavoro di ogni operaio dipende dal layout; i capi-squadra sono interessati al layout perché esso influisce sulla produttività della squadra loro affidata. In generale, si può dire che le occasioni da cui scaturiscono problemi di layout sono essenzialmente le seguenti:

- Riprogettazione parziale o totale del prodotto;
- Messa in linea di un prodotto nuovo;
- Sensibili variazioni nella domanda;
- Obsolescenza delle attrezzature esistenti;
- Eccessiva frequenza di infortuni sul lavoro;
- Atmosfera di lavoro insoddisfacente;
- Variazioni nell'ubicazione o nella concentrazione dei mercati;
- Necessità di ridurre i costi.

<p><b>Riprogettazione parziale o totale del prodotto</b></p>	<p>Progettare un nuovo stabilimento industriale è qualcosa che capita molto raramente, ma ciò che posso fare è smantellare una vecchia linea di produzione per introdurre nuove macchine (se vi sono nuove tecnologie potrei sostituire 3/4 macchine vecchie con una sola nuova). Ad esempio, l'industria automobilistica lancia, sempre più spesso, nuovi modelli di autovetture. Innovazioni radicali si verificano ogni tre o quattro anni e richiedono cambiamenti sostanziali nel layout degli stabilimenti. Le grandi industrie automobilistiche hanno reparti specializzati destinati esclusivamente ai problemi di layout. Le industrie che producono beni non soggetti a così rapide variazioni possono fare a meno di reparti appositi; tuttavia, a ogni cambiamento parziale o totale dei loro prodotti esse devono affrontare il problema della riprogettazione e ridisposizione delle attrezzature e dei servizi interni.</p>
--	--



<b>Messa in linea di un prodotto nuovo</b>	Devo capire come inserire un nuovo prodotto in un impianto già esistente tramite uno studio di layout. Le imprese più attive sono continuamente alla ricerca di nuovi prodotti: I reparti di ricerca e sviluppo approntano progetti e prototipi, quindi bisogna studiare bene se vale la pena smantellare una linea di un vecchio prodotto.
<b>Sensibili variazioni nella domanda</b>	Se la domanda si riduce posso dismettere una linea, ma di certo non posso licenziare i dipendenti! Quindi ottimizzo il layout e l'utilizzo dei dipendenti per le linee rimaste. Se la domanda cresce devo pensare come fare spazio per aggiungere risorse. Ancora potrebbe restare una elevata domanda di un solo prodotto: in questi casi potrebbe succedere di dedicare un intero stabilimento (anche costruendolo appositamente!) a quel prodotto, e l'altro (o gli altri) a prodotti a domanda più variabile. Può capitare, ancora, che se un'altra impresa, oltre la propria, ha una riduzione della domanda, su un prodotto identico al nostro, si decide di unire le produzioni in uno stabilimento comune (continuando a vendere con i rispettivi marchi) a vantaggio di entrambe.
<b>Obsolescenza delle attrezzature esistenti</b>	Se le attrezzature non sono più valide, dal punto di vista tecnologico, le sostituisco e devo rivedere il layout (magari, non di tutto lo stabilimento). Se è il singolo macchinario il problema rimane molto limitato, ma quando, invece è tutta la linea (l'intero processo produttivo) ad essere obsoleta, i cambiamenti nell'allocatione dei macchinari e del personale diventano notevoli. Se gli edifici diventano obsoleti o insufficienti, si potrebbe costruire un altro stabilimento, costruire una nuova ala o piano del precedente, o acquistare (o fittare) uno stabilimento di terzi già esistente, a seconda delle proprie risorse economiche.
<b>Eccessiva frequenza di infortuni sul lavoro</b>	Gli infortuni sono spesso causa di un cattivo layout. Se ho un layout ibrido perché ho ampliato l'azienda e ho fatto male i conti, potrei aver intrecciato flussi pericolosi, come, ad esempio, spostamento di mezzi di sollevamento (muletti) e persone incrociati: potrebbero essere investiti dei dipendenti. Ancora, se vi è esposizione ad agenti chimici potrei rimediare anche installando docce o impianti igienici. Se in un reparto vengono eseguite spesso saldature ad arco, potrei dover installare appositi schermi per operai che lavorano in reparti adiacenti. Questo per dire che non serve sempre riorganizzare, per forza il layout, nel primo dei tre casi è necessario, negli altri due no.
<b>Atmosfera di lavoro insoddisfacente</b>	Potrei aver messo dei reparti rumorosi vicino al reparto progetti, o in generale, due locali incompatibili accostati, esponendo dipendenti a elevate temperature o vibrazioni. Inoltre devo facilitare l'accesso a mezzi, materiali e macchine: l'opinione dei dipendenti influenza la reputazione dell'impresa all'interno e all'esterno.
<b>Variazioni nell'ubicazione o nella concentrazione dei mercati</b>	I cambiamenti nell'ubicazione dei mercati possono coinvolgere non soltanto problemi di layout, ma, addirittura, suggerire l'opportunità di uno spostamento dell'intero stabilimento.
<b>Necessità di ridurre i costi</b>	Spesso il bilancio dell'azienda è negativo, nonostante essa venda bene, perché i costi superano i ricavi. L'industria, nel suo insieme, impegna molte risorse per favorire studi e ricerche sui metodi che permettano di ridurre i costi. Vi sono innumerevoli modi per ridurre i costi. Nuovi materiali vengono continuamente offerti all'industria per sostituire i materiali che si rivelano più costosi. Lo sviluppo di processi più rapidi può ridurre gli immobilizzi di capitale nei magazzini di produzione. In questa sede, tuttavia, ci interessano principalmente i contributi che possono essere dati alla riduzione dei costi in sede di progettazione e attuazione del layout. Un layout migliore è quasi sempre sinonimo di un migliore metodo di produzione. Inoltre un layout migliore significa, di regola, che gli edifici, le attrezzature e il personale vengono utilizzati in maniera più razionale.

## Tipi di problemi di layout

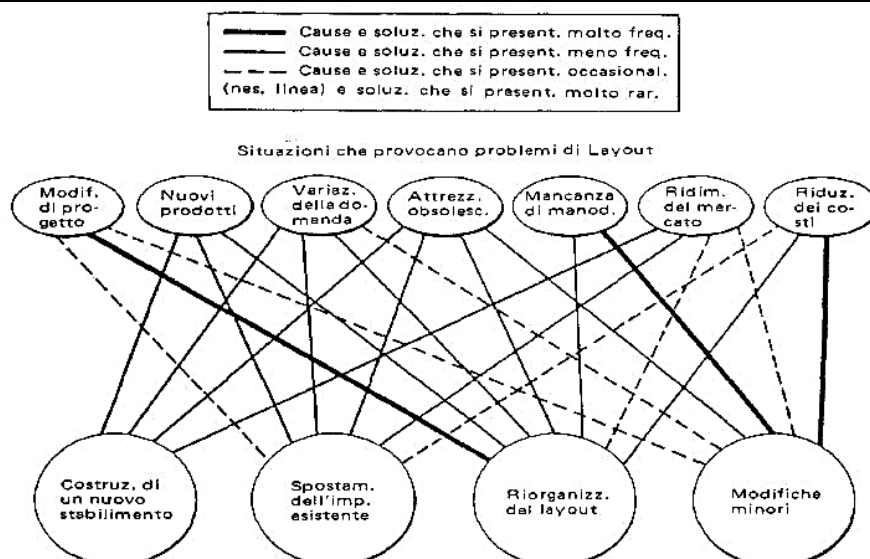
I problemi di layout si possono raggruppare in 4 categorie che, in ordine di complessità crescente, sono:

1. Modifiche parziali al layout esistente;
2. Trasformazione generale del layout esistente;
3. Trasferimento degli impianti in uno stabilimento già esistente;
4. Costruzione di un nuovo stabilimento.

Queste categorie di problemi presentano aspetti in comune e altri che differiscono sostanzialmente:

1	<b>Modifiche parziali al layout esistente</b>	Piccoli cambiamenti nella disposizione degli impianti e delle attrezzature sono piuttosto frequenti. Le cause sono: Nuovi metodi di lavorazione in qualche reparto; lo stesso può dirsi di nuove tecniche di collaudo; l'acquisto di nuovo macchinario, se pure di tipo simile a quello obsoleto. Questo tipo di problemi è quello che presenta il minimo grado di difficoltà. La loro soluzione non richiede complessi strumenti di ricerca, né in genere, molto tempo. Ciò contribuisce, probabilmente, alla notevole frequenza con cui simili problemi vengono affrontati e risolti in pratica.
2	<b>Trasformazione generale del layout esistente</b>	È il caso di industrie interessate a produzioni rapidamente obsolescenti o impieganti processi in rapida evoluzione. L'utilizzazione ottimale delle risorse impone di solito lo studio e la stesura di layout sostanzialmente diversi da quelli esistenti. In problemi di questo tipo, il nuovo layout può essere progettato in modo del tutto autonomo rispetto a quello precedente. L'unica limitazione riguarda lo spazio disponibile che, di solito, non può essere aumentato.
3	<b>Trasferimento degli impianti in uno stabilimento già esistente</b>	Consiste nel trasferimento degli impianti produttivi in un nuovo edificio. Come nel caso precedente, anche questo tipo di problema offre la <u>rara</u> opportunità di riesaminare i metodi e i processi produttivi in atto per aggiornarli con le tecniche più evolute. Innovazioni di questo tipo sono spesso costose se non possono essere accompagnate da trasformazioni sostanziali del layout, mentre quando il layout deve essere riprogettato comunque, si ha un'eccellente occasione per la revisione e l'ammodernamento dei metodi.
4	<b>Costruzione di un nuovo stabilimento</b>	La progettazione di un nuovo stabilimento coinvolge la categoria più gravosa dei problemi di layout. Il responsabile del layout deve anzitutto disporre le unità relative al processo produttivo vero e proprio. Fatto questo, va studiata la disposizione dei servizi ausiliari indispensabili alla vita dello stabilimento. Infine va definito l'involucro - l'edificio destinato a contenere gli impianti produttivi - in modo tale da facilitare o comunque non disturbare i criteri ottimali con cui è stato definito il layout delle unità produttive, come accade a volte quando l'edificio è già esistente e gli impianti devono essere concepiti e dislocati entro vincoli volumetrici e planimetrici prestabiliti.

In via di principio non è possibile stabilire una correlazione tra le cause, già elencate, da cui nascono i problemi di layout e le categorie di tali problemi come qui delineate. In pratica si rileva tuttavia che esistono dei rapporti di causa ed effetto, che sono sintetizzati nella figura di fianco.



-Schema grafico di interdipendenza fra le categorie di soluzioni possibili in problemi di layout e le situazioni che li provocano.

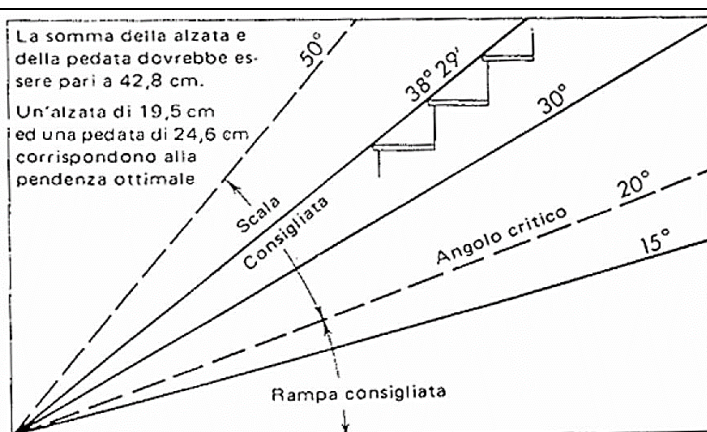
## Obiettivi dello studio di layout

In termini molto generali si può dire che il layout ottimale è quello che consente di soddisfare nel modo migliore le esigenze di tutti gli interessati, cioè la direzione dell'azienda, i suoi dipendenti e i suoi azionisti. Tuttavia, gli obiettivi sono molteplici e alcuni non sono compatibili tra di loro, quindi bisogna capire quali sono più importanti per la propria azienda.

1. Semplificare il processo produttivo
  - a) Aumentare il grado di utilizzazione degli impianti
  - b) Ridurre le scorte nei reparti e nei magazzini
  - c) Facilitare gli interventi di manutenzione
  - d) Aumentare la produzione
2. Ridurre il costo del trasporto del materiale
3. Utilizzare al meglio lo spazio disponibile
4. Migliorare l'ambiente di lavoro
5. Evitare investimenti non necessari
6. Utilizzare al meglio il personale
  - a) Manodopera diretta: (operai)
  - b) Manodopera indiretta: (Movimento mezzi ecc.)
  - c) Personale amministrativo
  - d) Personale di supervisione e controllo

1	In senso lato, forse è il principale obiettivo di un buon layout: più è semplice meno costa ed è meno caotico. In particolare la semplificazione dipende da questi fattori:	
	a	Si deve cercare di ottenere il <u>massimo grado di utilizzazione</u> . In particolare l'impianto e il macchinario più costosi devono essere disposti in modo da consentirne l'utilizzazione in più turni.
	b	<u>Ridurre le scorte significa anche ridurre i ritardi di produzione</u> . Un opportuno bilanciamento delle linee di produzione è essenziale per la riduzione o la eliminazione dei ritardi e scorte. Inoltre <u>l'immagazzinamento delle scorte aggrava il costo della produzione in proporzione diretta al tempo</u> , a causa del capitale così immobilizzato. Nelle industrie a processo continuo (come ad esempio nelle raffinerie di petrolio dove i prodotti sono allo stato liquido) le scorte di produzione possono essere facilmente ridotte al minimo. Quando il prodotto è allo stato solido è più probabile che sia necessario un considerevole immobilizzo di capitale in scorte. Questo problema appartiene essenzialmente alla sfera di responsabilità del controllo della produzione, ma un buon layout è condizione necessaria perché esso possa essere risolto in maniera veramente efficace.
	c	Il macchinario deve essere disposto in modo da <u>rendere la manutenzione ordinaria quanto più spedita</u> . Un buon layout deve essere in grado di prevedere le esigenze della manutenzione proiettate nel futuro (se metto due macchinari troppo vicini devo spostarli per fare manutenzione).
2	d	<u>Maggior volume di produzione in pari tempo (a parità di macchine), o minor tempo di lavorazione per unità di prodotto, sono termini che si traducono in manifesti vantaggi economici per l'impresa</u> . La riduzione dei tempi morti nelle varie fasi di lavorazione e la eliminazione di scorte di produzione non necessarie sono altri aspetti di questo problema.
	I costi di trasporto sono tutti "a perdere"! Devo limitarli. Ad esempio, uno degli stabilimenti della Ford è stato organizzato in modo che i pezzi in lavorazione possano passare direttamente da una macchina alla successiva. I trasporti di materiale sono stati in questo modo ridotti al minimo, inoltre sono stati eliminati tutti gli spostamenti manuali nel corso delle cento e più operazioni che la macchina può effettuare. Vi sono molte situazioni, tuttavia, in cui i trasporti manuali sono ancora i più economici. Anche in questi casi il layout va curato adeguatamente poiché la riduzione della distanza di trasporto ha un effettivo significato economico.	
3	<u>Corretto uso dello spazio per tener conto delle esigenze, non soltanto delle aree di produzione e di immagazzinamento, ma anche di quelle destinate ai servizi e ai reparti ausiliari</u> . La disorganizzazione dei magazzini, l'eccessiva ristrettezza delle aree di produzione, o l'esistenza di zone morte, sono tutti gravi sintomi di insoddisfacente utilizzazione dello spazio. Il costo dello spazio, in questo senso, varia sensibilmente da stabilimento a stabilimento e può essere calcolato in maniera molto accurata in termini di € per metro quadrato.	
4	<u>I dipendenti desiderano lavorare in un ambiente accogliente</u> . Numerosi fattori devono essere considerati a questo proposito in sede di progettazione del layout. La comoda disponibilità degli utensili ed il facile accesso ai materiali sono tra questi; altri <u>elementi importanti sono l'eliminazione dei rumori fastidiosi a mezzo di opportuni isolamenti acustici, il riscaldamento, la ventilazione, l'illuminazione,</u>	

l'eliminazione dell'umidità e della polvere. In particolare, attenta considerazione deve essere prestata ai criteri di sicurezza sul lavoro. Il responsabile del layout deve avvalersi della consulenza di specialisti in antinfortunistica perché i criteri antinfortunistici debbono essere osservati e rigorosamente applicati in ogni buon layout. Ad esempio, le pendenze ottimali delle rampe e delle scale sono state fissate con criteri antinfortunistici come risulta dalla figura al lato.



**5** Gli investimenti di capitale in macchinari e impianti possono essere talvolta contenuti grazie a un buon layout. La disposizione di un tornio, per esempio, può essere tale che esso possa venir convenientemente utilizzato in due o più diversi processi produttivi; in tal modo si può evitare l'acquisto di un altro tornio. Nella stesura di un nuovo processo di produzione si deve tener conto dei tempi morti riscontrati nelle lavorazioni già in atto. Problemi di questo genere riguardano essenzialmente la stesura dei cicli di lavorazione, ma la realizzazione di un buon ciclo può essere grandemente facilitata in sede di layout. Per investimenti si intendono non solo macchinari, ma trasporto acquisti ecc.

Milioni di ore lavorative vanno perdute ogni anno a causa di cattivi layout. Un buon layout, naturalmente non garantisce l'utilizzazione ottimale della manodopera, ma ne è condizione e stimolo. A questo proposito le seguenti considerazioni dovrebbero essere tenute presenti nella stesura del layout:

- |          |  |
|----------|--|
| <b>a</b> | <u>Molte ore di lavoro possono andar perdute a causa di eccessive distanze tra il luogo di lavoro e i punti di rifornimento</u> di attrezzi e materiali (magazzini). Inoltre scompaiono dalla vista del supervisore. Naturalmente, un accurato studio dei metodi e un opportuno bilanciamento delle linee di produzione può contribuire in maniera sostanziale alla riduzione dei tempi improduttivi.  |
| <b>b</b> | Si possono ridurre i costi di manutenzione: <u>Molte operazioni possono essere rese più facili e spedite grazie a un buon layout.</u> Così, la pulizia delle macchine e dei pavimenti può essere facilitata utilizzando attrezzature opportune (come anche carico e scarico merci).  |
| <b>c</b> | <u>Un'organizzazione appropriata permette di ridurre il lavoro amministrativo al minimo.</u> Per darne un esempio, basti citare un'industria meccanica che, dopo aver riorganizzato una sua linea di produzione, ha potuto ridurre il volume di lavoro amministrativo da 4.900 a 250 fogli all'anno;   |
| <b>d</b> | <u>La disposizione interna dei reparti e degli uffici può facilitare oppure ostacolare l'attività di supervisione e controllo.</u> Ogni supervisore dovrebbe essere, teoricamente, in contatto con il suo reparto in modo permanente. Un ufficio a vetrate o una balconata a mezzanino può facilitare il contatto visivo continuo. Tuttavia, un ufficio separato deve essere previsto per il capo che ha diretta autorità di linea ed è indispensabile per gli eventuali richiami disciplinari ai subordinati. |

## I principali tipi di layout

(questo capitolo non è stato trattato dal prof. a lezione)

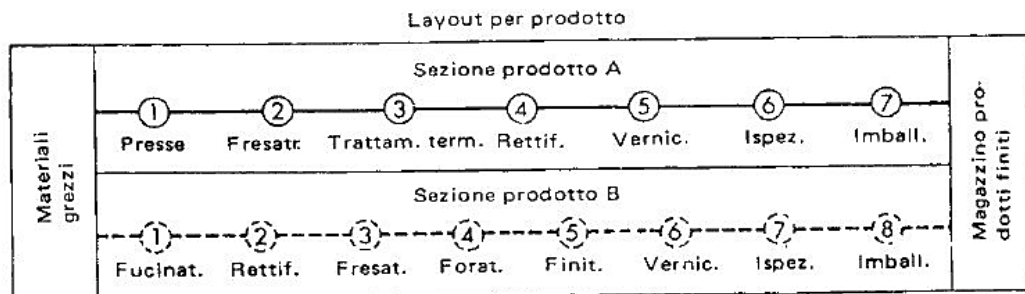
Esistono quattro principali tipi di layout. In genere, gli stabilimenti moderni usano una combinazione di questi tipi, che si trovano raramente attuati nelle loro forme pure. Essi sono:

1. Layout per prodotto;
2. Layout per processo;
3. Layout a celle;
4. Layout a punto fisso.

Questi tipi classici di layout possono essere applicati sia a cicli di fabbricazione sia a operazioni di montaggio.

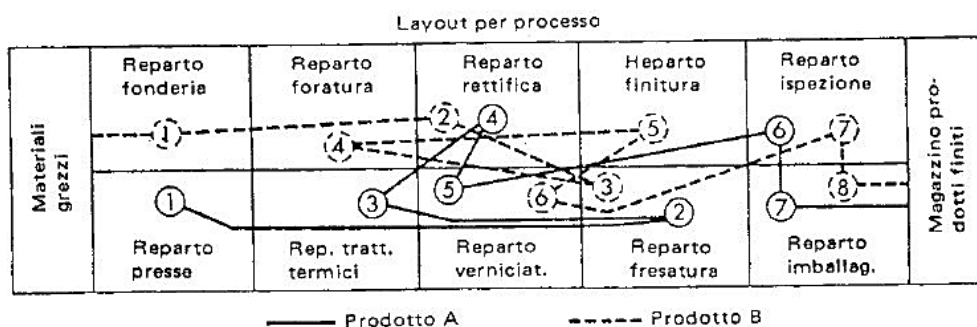
## 1. Layout per prodotto (Flow Shop)

Questo tipo di layout, caratteristico delle grandi industrie automobilistiche, è ben noto. In esso, ogni area dello stabilimento è destinata alla produzione di un solo prodotto. Il prodotto è standardizzato e, per giustificare questo tipo di layout, deve essere costruito in grandi quantità. Nel layout per prodotto, il macchinario è disposto nell'ordine in cui viene utilizzato nel ciclo di lavorazione. Le materie prime arrivano a un estremo dell'area di fabbricazione e passano da una operazione all'altra con tempi di trasporto minimi fino all'altro estremo, da cui esce il prodotto finito. La figura illustra graficamente il layout per prodotto.



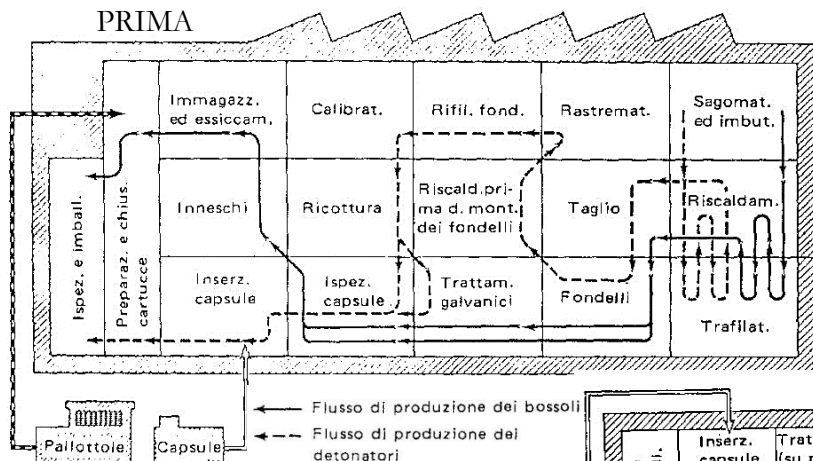
## 2. Layout per processo (Job Shop)

Il layout per processo, o layout per reparto come viene anche chiamato, riunisce in un'unica zona tutte le lavorazioni dello stesso tipo. Così vi sarà un reparto di stampaggio, un reparto di tornitura, un reparto di saldatura, un reparto di verniciatura, ecc. In questa disposizione tutte le operazioni simili, e il macchinario loro destinato, sono riuniti nella stessa area. Il layout per processo è particolarmente indicato per produzioni di modesta quantità, con molti prodotti differenti. Esso è particolarmente utile quando il prodotto non è standardizzato, perché permette una maggiore flessibilità che non ha il layout per prodotto.



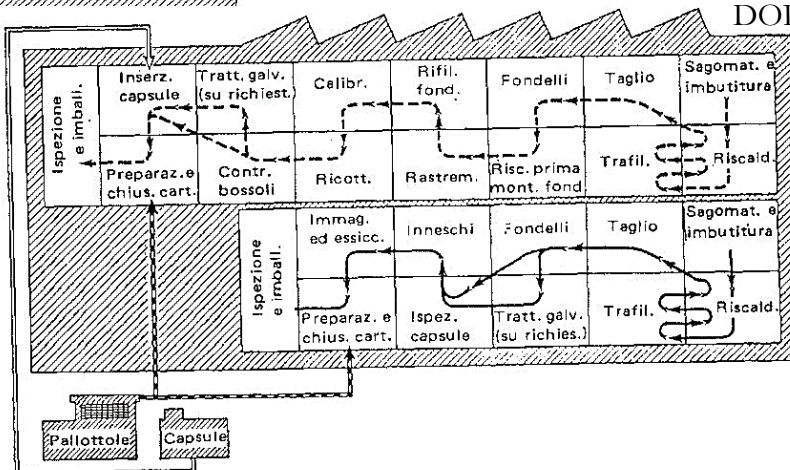
### ESEMPIO:

#### PRIMA



La produzione di bossoli e detonatori presso la Remington Arms Company, organizzata secondo gli schemi del layout di processo, provocava per il materiale spostamenti lunghi e complessi (e flussi intrecciati). Nello stabilimento si producevano due diversi tipi di cartucce. L'adozione di

#### DOPO



una organizzazione rispondente agli schemi del layout per prodotto e, di conseguenza, la creazione di reparti diversi per la produzione di bossoli e di detonatori, ha portato all'accorciamento delle linee di flusso del materiale, alla semplificazione dei problemi di «trattamento» ed alla possibilità di avere linee di controllo autonome per ciascun prodotto.



### 3. Layout a Celle

L'aumento della flessibilità nel layout per processo (job shop) determina un decremento considerevole degli indici di prestazione a causa della complessità dei flussi dei semilavorati (direzione di flussi variabile, ridotta utilizzazione delle stazioni, tempi di attraversamento elevati, WIP elevato). Utilizzando le tecniche della GT (Group Technology) è possibile configurare il layout del sistema in modo da ottenere indici di prestazione intermedi tra quelli dei layout prima considerati. Si tratta del layout a celle, in cui in ogni cella si installano tutte le stazioni di lavoro idonee a processare i cicli di lavorazione di una stessa famiglia di pezzi. I pezzi appartengono ad una stessa famiglia tecnologica se sono simili e richiedono analoghe sequenze di lavorazioni.

### Layout misti

I tipi classici di layout si riscontrano raramente nella pratica. Tuttavia, ogni layout concreto può essere suddiviso, cioè scomposto e analizzato in termini di layout elementari. A volte la linea di demarcazione tra un tipo e l'altro è piuttosto incerta. Va tenuto presente che ai fini di una valutazione del layout, è importante che esso ottimizzi un certo prefissato criterio di valutazione. Quando un layout risponde alle esigenze dell'impresa, è del tutto irrilevante a quale tipo esso appartenga.

### 4. Layout a punto fisso

Per capire tale layout, occorre notare che moderni processi di fabbricazione richiedono macchine utensili grandi e complesse; al contrario, le operazioni di montaggio richiedono spesso soltanto utensili manuali. Poiché il trasporto di questi è molto facile, il layout a punto fisso viene ancora applicato nei reparti di montaggio.

### Caratteristiche dei vari layout e vantaggi

Consultare prima la tabella dei vantaggi e dei confronti tra i vari metodi.

I vantaggi e le limitazioni, così elencate per i vari tipi di layout, devono essere confrontati con la situazione reale che di volta in volta si deve affrontare. Non vi è dubbio che il layout per prodotto, o «produzione in linea», sia il più efficace in termini di ore di lavoro per unità di prodotto; solo così è stata possibile la produzione in massa, caratterizzata da elementi intercambiabili, cui si deve l'alto livello di vita delle nazioni più evolute. Pertanto, ogni qualvolta ciò è possibile, dovrebbe essere applicato il layout per prodotto. Vi sono, naturalmente, circostanze e situazioni in cui tale soluzione non può essere giustificata sul piano economico per l'impresa.

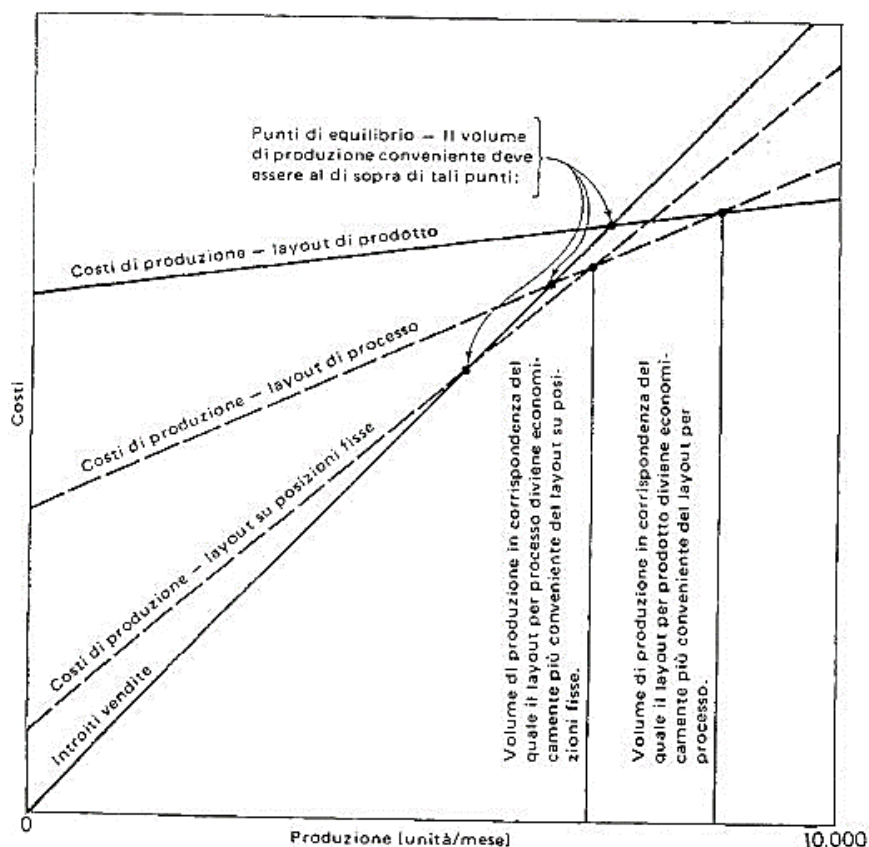


Figura: Analisi raffica dei volumi di produzione necessari per rendere economicamente più conveniente l'adozione delle diverse organizzazioni classiche di layout.

## La matrice prodotto-processo

Un metodo interessante e utile per rappresentare gli aspetti comuni e le principali differenze riscontrabili nei diversi tipi di processo identificati, è rappresentato dalla cosiddetta matrice “prodotto-processo”. Sugli assi di questa matrice sono descritte rispettivamente la varietà del mix prodotto da un lato (in alto nell’immagine) e le tipologie di processi produttivi dall’altro (a sinistra: dal job shop al processo a flusso continuo). Come evi-

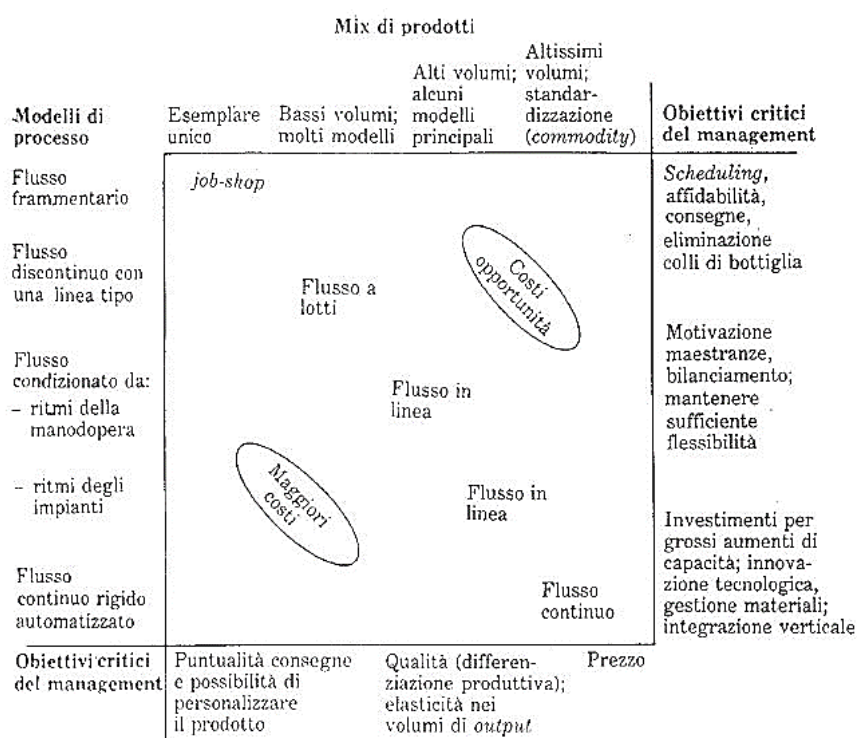
Modelli di processo	Esemplare unico	Bassi volumi; molti modelli	Alti volumi; alcuni modelli principali	Altissimi volumi; standardizzazione ( <i>commodity</i> )	Obiettivi critici del management
Flusso frammentario					Scheduling, affidabilità, consegne, eliminazione colli di bottiglia
Flusso discontinuo con una linea tipo					
Flusso condizionato da: – ritmi della manodopera  – ritmi degli impianti					Motivazione maestranze, bilanciamento; mantenere sufficiente flessibilità
Flusso continuo rigido automatizzato					Investimenti per grossi aumenti di capacità; innovazione tecnologica, gestione materiali; integrazione verticale
Obiettivi critici del management	Puntualità consegne e possibilità di personalizzare il prodotto		Qualità (differenziazione produttiva); elasticità nei volumi di output	Prezzo	

denziato nella figura, il mix di prodotti lavorati evolve da produzioni uniche su commessa (lavori artistici, artigianali o personalizzati) a produzioni standardizzate, prodotte e consumate in grandi volumi. Tra questi due estremi l’impresa si può trovare in diverse situazioni: produrre molti prodotti, ciascuno dei quali in volumi relativamente bassi, oppure può limitare la produzione a pochi modelli su elevati volumi. Ovviamente queste scelte alternative necessitano di differenti competenze manageriali (in basso e a destra); per esempio: se da un lato il prodotto commodity deve indubbiamente competere sul prezzo, dall’altro per l’articolo-esemplare unico la variabile prezzo è del tutto irrilevante, mentre assumono importanza critica al-

tri aspetti quali: la rispondenza alle specifiche, l’affidabilità delle consegne ecc. Tutto ciò richiede una strategia competitiva ad hoc: invece di orientarsi alla minimizzazione del costo, occorrerà prestare attenzione alla progettazione del prodotto, ai termini di consegna e alle performances, poiché sono questi, e non il prezzo, i fattori di successo del sistema produttivo. Tra i due estremi descritti, come già sottolineato, esiste tutta una serie di alternative (molti modelli/bassi volumi, pochi prodotti/elevati volumi) che indurranno il management a focalizzare le proprie strategie competitive su altri obiettivi, come la qualità della produzione o la capacità di realizzare volumi diversi di produzione. Quindi a seconda della differente situazione in cui l’unità produttiva si trova ad operare, assumeranno quindi maggior rilevanza ora il prezzo, ora la progettazione del prodotto, ora i termini di consegna; è chiaro però che, laddove l’obiettivo strategico è la qualità o la flessibilità, la variabile prezzo passerà in secondo piano. I manager di produzione devono quindi decidere su quali obiettivi focalizzare la propria attenzione, tenendo conto del binomio prodotto/mercato a cui fanno riferimento e dei vincoli imposti dalla strategia globale di impresa. Tornando alla matrice rappresentata nella figura, si può notare come la classificazione dei processi muova da un processo flessibile e frammentario a uno automatizzato e rigido (sinistra), a flusso continuo. Tra questi due estremi esiste una vasta gamma di soluzioni possibili in termini di flessibilità/produttività e di maggior o minor integrazione. Ad un estremo i compiti critici sono rappresentati dalle operazioni di scheduling, dall’efficiente movimentazione dei materiali e dalla capacità di far fronte a possibili strozzature nella produzione; all’altro estremo, invece, occorre focalizzare l’attenzione sulle decisioni di investimento in nuova capacità produttiva, sulle scelte di integrazione e sui cambiamenti nelle tecnologie. Tra i due poli assumono particolare significato temi quali la motivazione dei lavoratori, il bilanciamento delle capacità nei diversi segmenti di processo, il grado di flessibilità e di elasticità caratteristico degli impianti. Alla luce di quanto abbiamo detto, la matrice prodotto-processo può essere completata disponendo lungo i suoi lati il mix di prodotto, la tipologia di processo e le scelte critiche del management. Come si è già avuto modo di sottolineare, ogni tipo di processo si accorda a un particolare mix produttivo: diviene quindi relativamente semplice accomunare le singole tipologie di processo con le posizioni più appropriate all’interno della matrice

(come nella figura di destra). Infatti entrando nella matrice con due “valori” sui rispettivi assi, la posizione dell’azienda dovrebbe essere vincolata. Tuttavia, con il lungo discorso precedente, abbiamo mostrato come non tutti i mix sono ottimali, ma una scelta lungo un asse spesso ci vincola a una scelta anche lungo un altro asse! (ad esempio non sarebbe l’ideale avere flusso frammentario e volumi altissimi e di conseguenza avere come obiettivo il prezzo). Quindi le scelte ottimali del prodotto processo, si dispongono lungo la diagonale della matrice, dall’angolo in alto a sinistra (job shop, produzione su commessa unica) all’angolo inferiore a destra (produzione a flusso continuo, commodity). Solamente collocandosi lungo la

diagonale è possibile individuare la combinazione più efficiente tra tipo di processo produttivo e mix di prodotto. Si immagini ad esempio che un’impresa tenti di produrre bassi volumi di un’ampia gamma di prodotti, utilizzando un processo continuo, rigido e automatizzato, tipicamente capital intensive e integrato verticalmente. La combinazione, posta al di sotto della diagonale, è chiaramente inefficiente, poiché il processo dovrebbe essere interrotto e riattrezzato frequentemente per garantire quel livello di flessibilità necessario a una produzione di numerosi e differenti modelli di prodotto, attuata per piccoli lotti. La scelta si dimostra non solo inefficiente, ma esageratamente onerosa: l’investimento in impianti automatizzati, il costo dei continui riattrezzaggi, i tempi di riavvio e i notevoli scarti provocherebbero infatti sprechi insostenibili. Nel caso invece ci si collochi al di sopra della diagonale, si manifestano altri tipi di costi: si supponga ad esempio che un prodotto altamente standardizzato, consumato in grandi volumi venga prodotto con un processo discontinuo (esempio a lotti). Anche in questo caso la scelta si dimostra del tutto inefficiente, non già per costi extra dovuti all’acquisto di impianti dispendiosi come nell’esempio precedente, ma per tutti quei costi operativi (principalmente quelli di manodopera) che risultano molto più elevati di quanto non potrebbero essere; e ciò si riflette, in seguito, in una compressione del margine di contribuzione unitario. Possiamo quindi dire che, non sostituendo macchinari specializzati e automatizzati agli impianti esistenti di tipo generico e ad alta intensità di lavoro, l’impresa perde l’opportunità di generare maggiori profitti. Questo fenomeno prende il nome di costo-opportunità, giacché non investendo in maggiori attrezzature e in un più rigido processo produttivo, l’impresa trascura l’opportunità di lucrare maggiori profitti. Questi costi sono da considerarsi reali tanto quanto una vera e propria uscita di cassa, e come tali debbono pesare nelle decisioni in tema di produzione.



## Fasi di attuazione di un layout

Le fasi del lavoro di layout, comprese tra il momento della decisione aziendale di costruire un nuovo stabilimento e il momento in cui lo stabilimento è pronto per iniziare la sua attività produttiva, sono numerosissime e svariate. Oggi la stesura e l’attuazione di un layout impongono molto più che non la sola realizzazione di un modello in scala del nuovo stabilimento e dei suoi impianti. Anzi, in linea generale non è possibile definire una sequenza unica per il lavoro di layout, perché la quantità e la natura dei problemi che devono essere affrontati e risolti in questo ambito variano largamente da una situazione all’altra. In via di principio si può affermare che è opportuno preparare anzitutto il layout generale dello stabilimento e far seguire a questo i layout dettagliati delle singole direzioni, divisioni o reparti. L’importanza di una simile sequenza di lavoro è fondamentale.



Il responsabile del layout deve tenersi continuamente in stretto contatto sia con la direzione dell'impresa, sia con i dipendenti e gli operai. Tutti coloro che opereranno nello stabilimento sono infatti direttamente interessati al layout. L'operaio di un'officina di produzione è interessato ad avere a disposizione tutti gli attrezzi del suo lavoro; il capo-reparto è interessato a conoscere l'ubicazione del suo ufficio; il direttore del personale ha problemi concernenti la sicurezza sul lavoro e le condizioni igieniche dei vari reparti; la squadra di manutenzione è interessata al layout perché esso può influire sulla sua capacità di provvedere rapidamente ed efficacemente alle riparazioni del macchinario, ecc. Si possono definire, per grandi linee, quattro fasi di attività, per altro strettamente interconnesse e parzialmente sovrapposte nel tempo (figura pag. 41). La scelta dell'ubicazione di un nuovo stabilimento, per esempio, deve già tener conto del layout generale. Non è però possibile risolvere completamente il problema del layout generale senza prendere in considerazione i layout dettagliati. In corso di installazione, infine, si presentano spesso problemi che erano sfuggiti prima e che impongono ora parziali ritocchi al layout. Vediamo più nel dettaglio i...

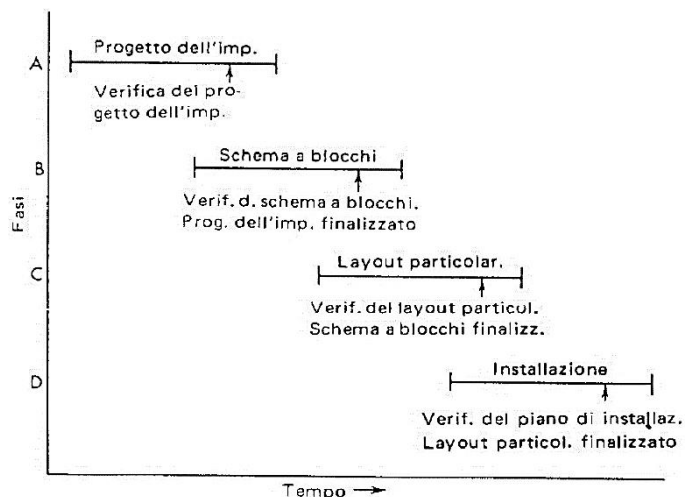
## Metodi di valutazione

- |  |                                  |
|--|----------------------------------|
| 1. Impianto pilota                         | 9. Curve di livello              |
| 2. Confronto dei costi                     | 10. Intensità di traffico        |
| 3. Valutazione della produzione            | 11. Triangolo dei buff           |
| 4. Valutazione delle aree                  | 12. Metodo montecarlo            |
| 5. Metodo dei voti                         | 13. Teoria delle code            |
| 6. Analisi pro e contro                    | 14. Teoria dei modelli analitici |
| 7. Programmazione lineare                  | 15. Simulazione                  |
| 8. Bilanciamento della linea di produzione |                                  |

1. Si realizza un piccolo impianto in scala ridotta (tipico dell'industria chimica dove parte significativa del costo è costituito dai tubi).
2. Tra 2 layout alternativi il migliore è quello che ha un costo di impianto o esercizio più basso. Bisogna distinguere tra costi d'esercizio e costi di impianto: il primo è più importante dal punto di vista degli utili ( $\text{utile} = \text{ricavi} - \text{costi d'esercizio}$ ); il secondo è importante dal punto di vista dell'investimento iniziale. Se non ho problemi sul costo di impianto tenderò a fare in modo che i costi di esercizio siano quelli più bassi. Se invece l'investimento è limitato devo limitare i costi di impianto.
3. Si valuta il rapporto tra produzione e risorse. Se ho le risorse si preferisce il layout a maggiore produttività.
4. Tra i vari layout il migliore è quello che occupa meno spazio
5. Si tratta di individuare i parametri critici per giudicare un layout. Dopo di questo si attribuiscono dei punteggi: si fa la somma e vince il layout che raggiunge il punteggio più alto. La difficoltà sta nel considerare tutti i parametri e attribuirgli il giusto peso.
6. È una analisi simile alla 5 ma più qualitativa (senza numeri). Il risultato quindi non sarà proprio oggettivo.
7. Metodi di ricerca operativa per trovare la soluzione ottimale. In sostanza sono delle disequazioni scritte in base a dei vincoli: una volta che rispetto tutti i vincoli, punto alla massima efficienza possibile. Ad esempio, sulla stessa linea produco Punto e Ypsilon: gli utili, i costi e i tempi ciclo saranno diversi, quindi bisogna valutare tutti i tempi e alla fine si può stimare il numero di Punto e Ypsilon che si dovranno fare per raggiungere un ottimo dal punto di vista matematico. Bisogna poi fare sempre i conti con il mercato.
8. Tra i due layout il migliore è quello con una linea di produzione più bilanciata. Potrebbe andare in contrasto con il punto 4 perché richiederebbe più spazio.
9. In base a grafici tracciati, con vari parametri, scelgo il layout migliore.
10. Lo vedremo dopo. Come i punti 11. 12. 13. 14.
15. Si fanno dei modelli e poi si interviene su questo modello per trovare la configurazione migliore però ogni volta si fanno delle simulazioni al calcolatore: ad esempio, si lancia la produzione di un prodotto per 1 mese, in modo da vedere come vanno le cose e poter intervenire prima di fare l'investimento. Ci vorrà più tempo ma alla fine la soluzione sarà quella ottimale senza aver dovuto realizzare l'impianto.

## Vantaggi di un buon layout

I vantaggi di un buon layout sono numerosi e importanti. Le imprese più moderne e previdenti destinano considerevoli energie tecniche e finanziarie ai problemi di layout. Vantaggi anzitutto per i dipendenti. Un buon layout riduce la fatica degli operai ed elimina operazioni non necessarie. Inoltre, un buon layout contribuisce alla sicurezza sul lavoro e determina condizioni ambientali favorevoli. I vantaggi per la direzione sono essenzialmente quelli relativi alla produttività intesa come quantità di prodotto ottenuto per ogni ora di manodopera. Inoltre, un buon layout riduce il costo del trasporto e del movimento dei materiali e dei prodotti nell'interno dello stabilimento. Un buon layout può contribuire a ridurre i costi indiretti, per esempio riducendo gli scarti e i guasti dovuti a situazioni di lavoro troppo difficili o comunque improprie. Anche i costi di pulizia e di manutenzione possono essere favorevolmente influenzati da un buon layout. Un layout appropriato tende a mantenere al minimo l'investimento di capitale permanente, pur senza permettere che i mezzi di produzione divengano obsoleti. Un buon layout provvede alla flessibilità necessaria per attuare nuovi metodi di lavoro o aumentare il volume della produzione. Esso consente l'utilizzazione ottimale dello spazio disponibile; riduce al minimo il capitale investito in scorte di produzione e utilizza nel modo migliore i mezzi di trasporto interni senza provocare congestioni o disagi. Naturalmente, non sempre un buon layout è in grado di realizzare contemporaneamente tutti questi obiettivi. D'altro canto, vi sono numerose altre sfere, oltre a quelle qui elencate, in cui un buon layout può avere favorevoli ripercussioni per la vita dell'impresa.



Le varie fasi di progettazione del layout si sovrappongono. E' necessario quindi procedere continuamente ad un controllo retro-attivo delle decisioni prese.

## L'organizzazione del servizio

L'organizzazione del servizio responsabile del layout varia considerevolmente da impresa a impresa. Uno studio effettuato su 70 imprese industriali degli Stati Uniti ha rivelato che almeno 35 diverse denominazioni sono state date alla mansione del responsabile del layout.

### A chi affidare la responsabilità del servizio?

Secondo i pareri più autorevoli, le imprese di minori dimensioni, che non hanno alle loro dipendenze ingegneri specializzati, dovrebbero affidare la responsabilità del layout alla direzione tecnica o alla direzione della produzione. La scelta dovrebbe dipendere essenzialmente dalla qualità e capacità delle persone nei due settori. Ove la piccola impresa avesse alle sue dipendenze un ingegnere specializzato in impianti industriali, egli sarebbe probabilmente il più qualificato ad assumere la responsabilità del layout. Le imprese più grandi di solito hanno, a livello di staff, un reparto di organizzazione aziendale. In questo caso, e a condizione che il lavoro di layout giustifichi la presenza permanente di una persona, essa dovrebbe far parte del reparto di organizzazione. Ove il lavoro di layout richiedesse l'opera di più persone, queste potrebbero probabilmente costituire una sezione nell'ambito del reparto.

## Qualifiche professionali

Il responsabile del layout di stabilimento dovrebbe avere, o essere in grado di sviluppare, particolari qualifiche professionali e qualità personali. Le **qualifiche professionali** necessarie sono:

1. **Preparazione teorica:** Per poter efficacemente operare nel campo del layout, è necessaria una preparazione piuttosto approfondita in matematica e in statistica. Con il perfezionamento dei metodi di lavoro, la valutazione quantitativa di varie alternative di layout diviene sempre più importante. Inoltre, una certa

familiarità con i problemi architettonici relativi agli stabilimenti industriali è pure consigliabile per chi si occupa di layout;

2. **Conoscenza dei problemi direzionali:** Per una efficace attività nel layout è indispensabile una conoscenza almeno generica dei metodi di misurazione del lavoro, degli schemi di flusso e delle loro limitazioni, della contabilità industriale e dei processi di lavorazione. Anche la conoscenza dei problemi del controllo della produzione e una certa familiarità con i servizi ausiliari richiesti dall'industria in cui opera, sono elementi utili al responsabile del layout;
3. **Capacità di analisi:** Un buon lavoro nel campo del layout richiede l'analisi di numerosissimi fattori e la capacità di impostare varie soluzioni alternative. La capacità di individuare criteri validi in base ai quali valutare i meriti relativi delle varie alternative è una delle caratteristiche peculiari del responsabile del layout che sappia fare il proprio mestiere.

L'esperienza insegna che molti progetti di layout, validi ed efficaci in sé stessi, non hanno dato i frutti che sarebbe stato lecito attendersi per la mancanza, nel responsabile della loro attuazione, di alcune qualità umane. I **tratti della personalità** di un buon ingegnere di layout possono essere così riassunti:

1. **Pazienza:** Una modifica di layout per sua stessa natura impone al responsabile dell'attuazione di disturbare il tradizionale svolgimento del lavoro e dare pertanto fastidio a quasi tutti coloro che sono interessati alla modifica. Per poter sostenere l'opportunità di un nuovo layout è necessario dimostrare le insufficienze di quello attuale. Riuscire a farlo senza provocare violente proteste richiede la più alta dose di pazienza;
2. **Tatto:** Il responsabile del layout deve essere in grado di comunicare in termini amichevoli a tutti i livelli dell'organizzazione. Forse la sua qualità umana più importante è la capacità di ottenere collaborazione con le numerose persone interessate, più o meno direttamente, alle modifiche di layout;
3. **Sicurezza di sé e iniziativa:** Il responsabile del layout deve essere in grado di produrre nuove idee. Quando egli si è convinto di aver trovato la soluzione più adeguata, avrà bisogno di una notevole dose di sicurezza in sé stesso per poter convincere a sua volta la direzione dell'azienda e i suoi superiori;
4. **Capacità di vendere:** La capacità di comunicare in termini chiari e incisivi, sia verbalmente sia per iscritto, è della massima importanza. Di solito, un nuovo layout viene illustrato a voce e contemporaneamente esposto per iscritto e, eventualmente, presentato anche sotto forma di modello. L'arte di persuadere e la capacità di afferrare rapidamente le ragioni e le motivazioni dei suoi interlocutori sono qualità di grandissima importanza per il responsabile del layout.

## Il reparto di layout

I reparti responsabili del layout possono essere inseriti in numerosi settori dell'organico di un'azienda. La posizione più opportuna di questo reparto va determinata di volta in volta in funzione delle esigenze particolari dell'impresa e delle capacità professionali degli esperti di layout che lo compongono. Il numero di persone che devono essere destinate al reparto dipende dalla natura del processo industriale e dalla maggiore o minore varietà della produzione. Una grande azienda che opera con numerosi stabilimenti impieganti da 200 fino a 25.000 persone ciascuno, ha definito le esigenze del layout, per quanto concerne il personale, nel modo qui sotto indicato:

<i>Per:</i>	<i>personale di layout</i>
i primi 500 dipendenti	1 ingegnere con assistenti temporanei
per ogni 1.000 dipendenti in più	1 ingegnere e 1 disegnatore
per ogni 10.000 dipendenti	1 consulente ingegnere di layout a tempo pieno

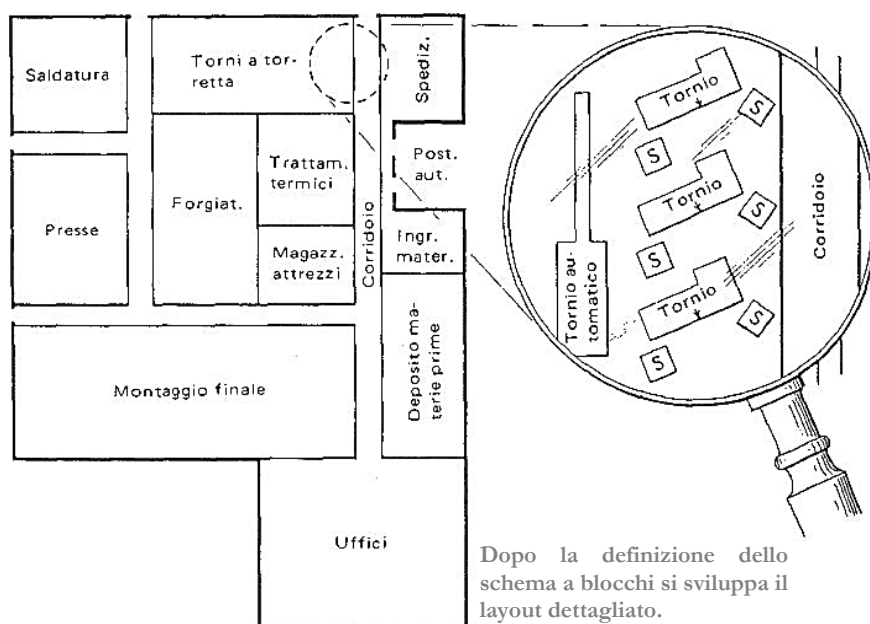
Questi consulenti sono in generale in posizione di staff presso la direzione generale. Simili criteri sono validi nei confronti dei pro-

blemi di layout di ordinaria amministrazione e di carattere permanente. Per singoli progetti di mole particolare, come per esempio per la costruzione di un nuovo stabilimento, il reparto di layout deve essere temporaneamente ampliato con l'aggiunta di altri ingegneri e disegnatori, specialmente quando, come di regola accade, i progetti devono essere realizzati con scadenze prefissate e vincolanti.

# Raccolta ed elaborazione dati

## Introduzione

L'idea che lo studio del layout di uno stabilimento consista essenzialmente nell'approntare una grande tavola e nel posarvi sopra modelli di macchine e blocchi di legno, spostandoli poi in modo più o meno ordinato fino ad ottenere una disposizione soddisfacente, è ancora molto diffusa. In verità, i modelli e i blocchi sono estremamente utili per la «visualizzazione» di varie alternative di layout; gli stessi modelli possono diventare importantissimi per l'esperto della materia, quando si tratti di presentare le conclusioni di uno studio alla direzione dell'impresa. Tuttavia, è vano sperare di poter costruire un layout efficace senza aver, anzitutto, provveduto a raccogliere e organizzare una notevole quantità di dati riguardanti tutti i fattori che influiscono, o possono influire, sul layout stesso. Il singolo dato di maggiore importanza per il responsabile del layout è il *volume di produzione* che il layout cercato dovrà essere in grado di soddisfare. La determinazione di questo dato dipende dallo studio generale del prodotto e del mercato. Un layout che fosse stato preparato in base a una valutazione largamente errata del prevedibile volume della produzione non potrebbe in alcun modo essere efficace (perché è il cuore dell'azienda, quello che dà utili). Per quanto riguarda la distribuzione generale delle varie parti di uno stabilimento, la raccolta dei dati costituisce un momento iniziale, mentre, per esempio i dati necessari al layout dettagliato dei singoli reparti possono essere raccolti molto più tardi (come in figura).



## I metodi di raccolta ed elaborazione dati

1. Determinazione del volume di produzione
2. Distinta base (o distinta materiali)
3. Cicli di lavorazione
4. Diagramma di lavorazione (o operativo)
  - a. Schema di procedimento
  - b. Schema di flusso
  - c. Diagramma di flusso
5. Calcolo del (o dei) macchinario occorrente
  - a. Volumi di produzione
  - b. Scarti
  - c. Tempi standard
6. Caratteristiche del macchinario
7. Esigenze di spazio
  - a. Per impianti di produzione
  - b. Per immagazzinamento
  - c. Per i servizi
8. Caratteristiche degli edifici (piante, servizi)

Analizzeremo nel dettaglio questi punti, che rappresentano metodi utili per raccogliere i dati necessari alla progettazione di un buon layout. Il punto 1. non lo analizzeremo perché ne abbiamo discusso l'importanza già nel paragrafo precedente.

È giusto fare una premessa ai punti 2. 3. 4. Che riguardano tutti il/i prodotto/i: Alcuni dati sui materiali e sui processi di fabbricazione sono essenziali ai fini del layout. Quando si tratta di un prodotto già in corso di fabbricazione, le informazioni richieste possono essere ottenute in genere in base alla documentazione esistente; quando si tratta invece di un nuovo prodotto, analoghe informazioni sono sempre necessarie ma devono, il più delle volte, essere preparate dallo stesso ufficio incaricato del layout o dall'ufficio progetti. I dati necessari riguardanti i materiali e i processi sono sintetizzati nella tabella.

<i>Dati necessari</i>		<i>Origine dei dati</i>
Caratteristiche del prodotto	Dimensioni, forme, peso del prodotto; esigenze di qualità; proprietà speciali.	Servizi tecnici, collaudo d'entrata e collaudo finale
Volume di produzione	Numero di pezzi diversi costituenti il prodotto; quantità di ogni pezzo nell'unità di tempo; previsioni sulla domanda del mercato.	Direzione commerciale, ufficio di marketing e direzione della produzione.
Distinta dei componenti	Tempi assegnati per ogni lavorazione; sequenza delle operazioni lavorative; sequenza delle operazioni di montaggio; macchinario richiesto.	Direzione della produzione e ufficio tempi e metodi.

Esistono parecchi strumenti in base ai quali i dati occorrenti possono essere ricavati in forma concisa e facilmente intelligibile. Questi strumenti sono 2. 3. e 4.

2. **Distinta base:** La distinta dei componenti consiste semplicemente nell'elenco di tutti i pezzi facenti parte di un certo prodotto finito (figura- vi è il disegno d'insieme di un martinetto meccanico e della sua distinta base). Naturalmente, la distinta dei componenti di un'automobile è piuttosto lunga, mentre la distinta dei componenti di un paio di forbici è particolarmente breve. Questa distinta costituisce il fondamento di ogni

**MECHANICAL JACK**

<b>WILLIS CRANE &amp; LIFT CO.</b>		<b>NEWARK, N.J.</b>
DRAWN BY	E.T.M.	CHECKED E.P.G.
		561

serio studio di layout. Di solito, una distinta di componenti contiene le informazioni elencate in figura, benché si dà il caso di imprese che usano distinte molto più esaurienti, contenenti, per esempio, informazioni sui fornitori, sui costi dei materiali, i tempi ed eventuali altri numeri di riferimento.

3. **Cicli di lavorazione:** Oltre alla distinta base, spesso proprio a causa di esigenze di stesura di layout, vengono forniti anche i cicli di lavorazione delle parti e dei montaggi, o meglio, di tutte le operazioni necessarie per trasformare un certo pezzo da materia prima a prodotto finito. Le informazioni indispensabili che devono essere contenute in un ciclo di lavorazione sono: nome del pezzo e relativo numero; numero del disegno costruttivo; nome e numero di ogni operazione; indicazione della macchina utensile; indica-

[illegible]







zione degli attrezzi; indicazione del tempo assegnato.

Si capisce quindi che tale operazione può essere fatta solo per pezzi prodotti in grande serie: infatti per ogni minuto di montaggio, occorrono 300 ore da parte degli analisti per stilare un buon ciclo di lavorazione, e se i pezzi prodotti sono pochi non ne vale la pena.

Non è qualcosa di trascurabile: infatti si pensi che nel layout per prodotto, la sequenza di lavorazione per ogni pezzo determina in modo univoco il layout più opportuno. Se si stimano poi i tempi di lavorazioni giusti, si può stimare anche il TRS e in base ad esso sovradimensionare opportunamente.



**4. a. Schema di procedimento:** consiste in una rappresentazione grafica dei punti nei quali i materiali vengono introdotti nel processo produttivo e della sequenza delle operazioni e dei controlli che fanno parte di ogni lavorazione, con la sola esclusione di quelle relative ai trasporti interni e ai movimenti di materiali.

Simbolo	Operazione	Descrizione
	Lavorazione (o operazione)	Si ha lavorazione ogniqualevolta un pezzo subisce per volontà dell'uomo modifiche nelle sue caratteristiche fisiche o chimiche, viene assemblato o disassemblato o viene preparato per una lavorazione successiva, per il collaudo, per il trasporto, ecc. Si ha lavorazione anche nel trasferimento di informazioni o nell'effettuazione di calcoli.
	Collaudo (o controllo)	Si ha collaudo quando un pezzo viene esaminato sia per identificazione sia per il controllo qualitativo o quantitativo delle sue caratteristiche.
	Trasporto	Si ha trasporto quando un pezzo viene spostato da un posto a un altro, salvo nei casi in cui lo spostamento sia parte integrante di una lavorazione o di un'operazione di collaudo.
	Ritardo (o sosta)	Si ha ritardo ogniqualevolta condizioni diverse di una lavorazione impediscono (o non demandano) l'immediata esecuzione dell'operazione successiva.
	Magazzinaggio	Si ha magazzinaggio quando un pezzo viene conservato e protetto da asporto non autorizzato.
	Operazioni combinate	Quando si debbano indicare operazioni contemporaneamente eseguite presso il medesimo posto di lavoro, i rispettivi simboli vengono combinati. Questo è rappresentativo della combinazione di collaudo e lavorazione.

Gli schemi di procedimento fanno uso di particolari simboli che sono in genere codificati. La tabella di sinistra riporta i principali simboli standardizzati dalla «American Society of Mechanical Engineers» (ASME).

Nel ritardo (il prof lo chiama Sosta) rientrano spesso i semilavorati che sono in attesa vicino alle macchine ma non c'è nessun documento valido ai fini fiscali (per averli fermi lì). Nell'immagazzinaggio ci devono essere documenti di carico e scarico, che valgono ai fini fiscali. Delle 5 fasi (le operazioni combinate sono alcune delle prime 5 fatte contemporaneamente, quindi non la consideriamo) 2 sono attive (lavorazione e collaudo) e le restanti 3 passive, ossia sono "a perdere", nel senso che sono solo spese in più senza che siano necessarie per ottenere utile dal prodotto. Lo scopo è quindi quello di minimizzarle.

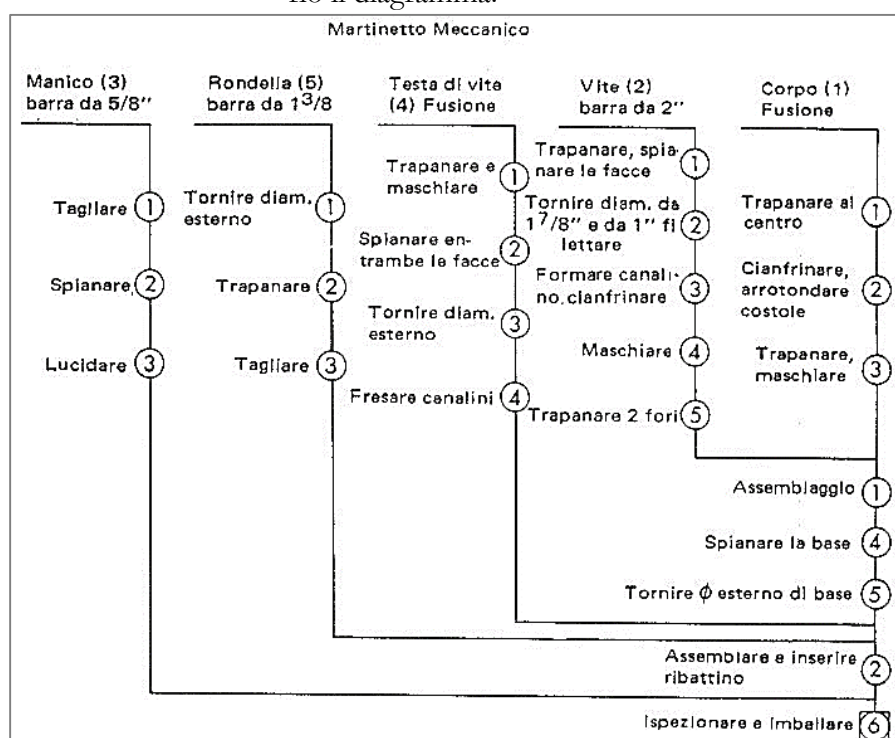
Nello schema di procedimento si rappresenta la sequenza di tutte le lavorazioni e i collaudi, quindi solo le prime due fasi ossia quelle attive! L'uso delle altre potrebbe rendere confusionario il diagramma.

Sulla destra vi è un esempio di schema: in sostanza si disegna un ramo per ogni particolare che va a comporre il pezzo da realizzare e per ognuno si specifica il materiale di partenza, la prima operazione da fare (con i tempi necessari), la seconda operazione (con i tempi) ecc. ed eventuali azioni di controllo durante le fasi di lavorazione (nel caso di destra non ve ne sono). Se questo particolare deve ricevere un altro pezzo, per assemblare l'assieme finale, si raccorda con altri rami (tanti quante sono le parti dell'assieme).

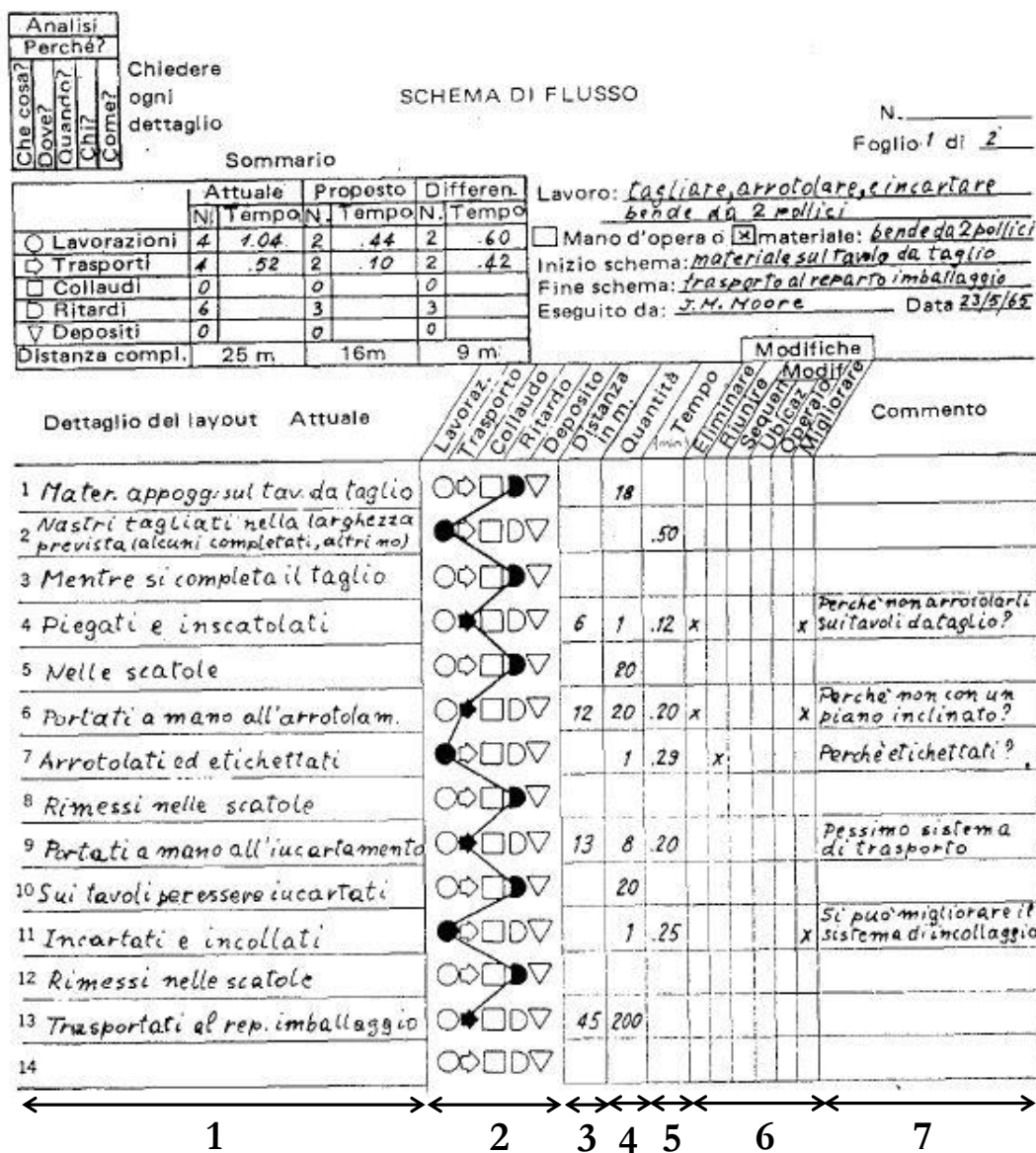
Se acquisto un nuovo macchinario devo modificare lo schema per migliorarlo (è anche lo scopo dello schema).

In definitiva lo schema di procedi-

mento permette di ottenere un quadro completo e sistematico del processo produttivo. Quando tale processo è particolarmente complesso, il diagramma diventa indispensabile per evitare pericolose confusioni e conseguenti errori in sede di layout. Va però rilevato che questi diagrammi non forniscono immediatamente alcuna soluzione ai problemi di layout e devono essere usati con discernimento e particolare abilità analitica per poter essere sfruttati a questo scopo.



**b. Schema di flusso:** è uno degli strumenti più idonei per lo studio di questo problema. Nei manuali di ingegneria industriale lo schema di flusso viene definito come «una rappresentazione grafica della sequenza di tutte le operazioni, trasporti, collaudi, ritardi e immagazzinamenti (quindi tutte e 5 le fasi sia attive che passive!) che si verificano nel corso di un processo produttivo. Lo schema contiene inoltre particolari informazioni di interesse, quali i tempi necessari a ogni operazione e le distanze degli spostamenti. Lo schema di flusso può essere relativo ad un prodotto oppure ad un uomo. A seconda della situazione che interessa, può essere preferito l'uno o l'altro degli schemi: è più complesso del precedente ma più completo.



A sinistra ne è riportato un esempio. Il foglio è diviso in varie colonne, ognuna utilizzata per comunicare un'informazione: **1** La sequenza di operazioni; **2** le 5 fasi prima descritte: si segna in che fase si trova la corrispettiva operazione del punto 1, e si collegano quelle di tutte le operazioni fino a ottenere una spezzata; **3** la distanza percorsa; **4** la quantità di materiale; **5** il tempo necessario per l'operazione; **6** le modifiche che vengono proposte; **7** un commento sulla proposta per comprendere meglio.

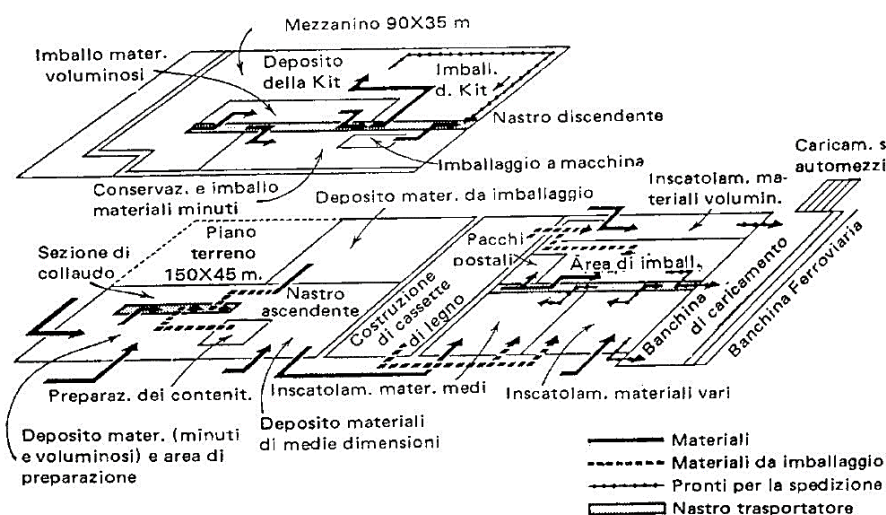
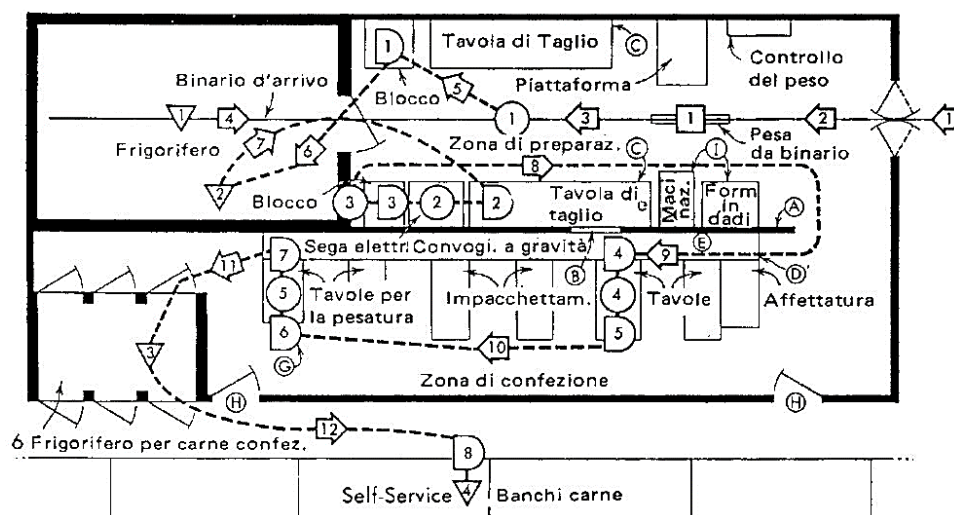
Inoltre, in alto troviamo una serie di domande (che cosa? Dove? Ecc.), da porre, che servono a capire se quello che si fa è razionale. È presente anche un sommario che rappresenta una tabella riassuntiva.

Già osservando la spezzata, si può vedere che, se è troppo frastagliata, si alternano troppo spesso fasi diverse. Se volessi mettere a confronto questo metodo di produzione con un altro, dovrei fare lo stesso schema per il nuovo metodo e confrontare i risultati scritti nella tabella di sintesi (sommario). Anche in questo caso, vale la pena solo se è una produzione di serie, non per un numero limitato di pezzi!

Naturalmente, anche di questo schema si deve dire che esso da solo non risolve alcun problema di layout; lo schema di flusso si limita a presentare una serie di dati nella forma più adatta per l'analisi e lo studio.

**c. Diagramma di flusso:** Nei manuali il diagramma di flusso viene descritto come «uno schizzo del layout di ogni piano, completato con le indicazioni dell'ubicazione delle singole attività elencate sullo schema di flusso. Gli spostamenti di materiali o uomini indicati sullo schema di flusso vengono rappresentati sul grafico con linee e frecce. Ogni attività o lavorazione viene contraddistinta sul grafico con lo stesso numero di identificazione che la caratterizza sullo schema (di flusso). Le frecce indicano il senso del flusso».

In sostanza riporta la pianta dello stabilimento, con la posizione delle macchine e dei reparti produttivi. Poi vi sono linee che rappresentano il percorso seguito dai materiali, quindi ci fa capire subito dove c'è caos e intervenire (vedere figura di destra: flusso della carne in un grande magazzino di alimentari). Come detto, viene utilizzato il più delle volte per seguire il flusso dei materiali; tuttavia, esso può essere applicato agli spostamenti degli operai di produzione, degli impiegati ed anche delle macchine, come nel caso in cui si voglia rappresentare il percorso di un carrello di trasporto interno.

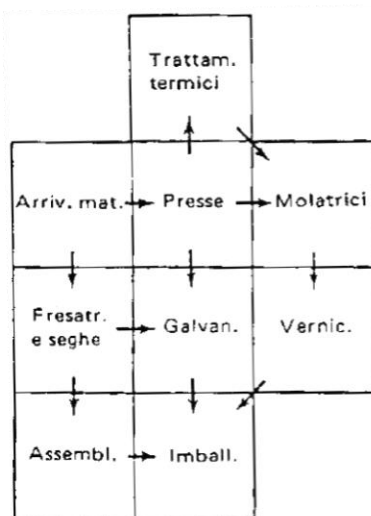


A volte, nel caso di edifici a più piani, è opportuno rappresentare graficamente il flusso in tre dimensioni. Un esempio di tale grafico è dato dalla figura di sinistra.

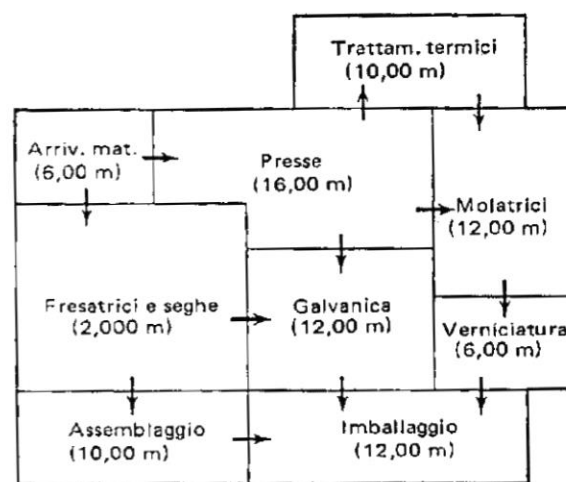
Il flusso generale può essere studiato e determinato sia sulla base delle lavorazioni, sia tenendo in considerazione tanto le lavorazioni quanto lo spazio ad esse destinato. Il primo metodo è raccomandabile per la determinazione della pianta di un nuovo edificio ancora da costruire, come per esempio in figura di sotto (a), in cui le esigenze di

spazio sono ignorate. A uno stadio successivo, è tuttavia essenziale prendere in considerazione anche queste ultime. Le piante a blocchi si prestano molto bene per questo tipo di lavoro: così la figura b rappresenta la pianta a blocchi relativa alla medesima situazione della figura a, ma in cui si è tenuto conto delle esigenze di spazio dei vari reparti.

Le attività dei singoli reparti sono state considerate in (a) senza riguardo alle esigenze di spazio. Una volta che l'ubicazione relativa dei reparti sia stata definita in modo soddisfacente in funzione dei rapporti funzionali, è semplice inserirsi le esigenze di spazio e determinare la pianta a blocchi dello stabilimento, come in (b).



(a)



(b)



**5. Calcolo del macchinario occorrente:** La determinazione del macchinario occorrente è uno dei passi fondamentali nella progettazione del layout. Per effettuarla, sono necessari dati ragionevolmente fondati sulle previsioni di:

- a. Volume della produzione;
- b. Scarti;
- c. Tempi standard per ogni lavorazione.

Nell'esempio di calcolo che segue si è supposto che le variazioni dai dati medi siano insignificanti e possano essere trascurate. Questa ipotesi può essere messa in discussione ed è esaminata in dettaglio più avanti. Occorre appena dire che se uno qualsiasi dei dati di partenza dovesse risultare gravemente errato, tale errore si ripercuoterebbe direttamente sui risultati del calcolo.

**ESEMPIO** (layout per prodotto):

a) Le vendite di un sollevatore meccanico si valutano in 80.000 pezzi all'anno. Questa informazione è il punto di partenza per il calcolo del macchinario occorrente: infatti, quando ci si immette in un mercato, si valuta dove c'è un buco nella domanda (magari la somma di tutte le altre aziende di settore non è in grado di saturare la domanda mondiale) e allora c'è possibilità di fare utili andando a ricoprire quello scarto tra domanda globale e produzione di tutte le aziende di settore!

Per capirci: ad esempio, la produzione mondiale di sollevatori meccanici è di 1.000.000, ma tramite analisi vedo che, quest'anno, la domanda sarà di 1.200.000; vedo quindi che c'è uno scarto di 200.000 pezzi che le aziende attuali non riusciranno a ricoprire; da ulteriori analisi mi rendo conto che probabilmente le aziende già esistenti aumenteranno la produzione e altre aziende nuove in quel settore, magari, faranno il mio stesso ragionamento, quindi di quello scarto di 200.000 mi conviene ricoprirne solo 80.000 (perché magari nel luogo dove si trova la mia azienda il mercato è meno competitivo e riuscirò a vendere).

Il numero di ore lavorative deve essere stabilito dalla direzione dell'impresa; supponiamo siano 2.000 ore annue, come risultato di 50 settimane lavorative di 40 ore ciascuna. Il tasso della domanda, cioè il numero di pezzi di qualità soddisfacente venduti per ora di lavoro, è allora:

$$\text{tasso di domanda} = \frac{80.000}{2000} = 40 \text{ pezzi/ora}$$

MACCHINARIO OCCORRENTE - LAYOUT PER PRODOTTO

Pezzo: Corpo di martinetto N. 561-1  
 Richiesta annua: 80.000 Ore lavorative annue: 2000  
 Richiesta oraria: 40 pezzi all'ora Tasso di scarto: 5%  
 Produzione oraria preventiva: 42,1 Pezzi all'ora

Seq.	Lavorazione	Macchina	Tempo std. (ore/pezzo)	Capacità (pezzi/macch. ora)	Mano d'op.	N. di macch.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Trapanare al centro, faccia superiore	Cornio a torretta	0,019	52,6	0,8	1
2	Cianfrinare e arrotondare costole, faccia inferiore	Cornio Logan	0,064	15,6	2,7	3
3	Trapanare e maschiare	Cornio Giskolt	0,042	23,9	1,7	2

Modulo di calcolo del macchinario occorrente per una produzione nota nel layout per prodotto.

b) Si deve ritenere che una produzione soddisfacente al cento per cento potrà essere realizzata molto difficilmente; pertanto, si deve tener conto di una certa percentuale di scarti. Se si suppone che gli scarti siano del 5%. per ottenere 40 pezzi buoni per ogni ora di lavoro, il tasso produttivo iniziale deve essere di:

$$\begin{aligned} \text{tasso di produzione} &= \frac{40}{1 - 0,05} \\ &= 42,1 \text{ pezzi/ora} \end{aligned}$$

c) Per poter ora procedere alla determinazione del macchinario occorrente è necessario conoscere i tempi assegnati per tutte le lavorazioni. Per definire questo dato, si suppone che il tempo assegnato dia il valor medio della distribuzione dei tempi rilevati, ivi inclusi alcuni inevitabili ritardi. Il tempo assegnato per ogni lavorazione è dato nella colonna 4 della figura di sinistra.



**6. Caratteristiche delle macchine:** In un impianto, per qualsiasi potenza richiesta (ad esempio elettrica, aria compressa, ecc.) si ha una formula del genere:

$$P = \sum P_{Targa} - C_1 - C_2$$

Dove:

- $P_{Targa}$  = Potenza massima di ogni macchinario.
- $C_1$  = Coefficiente di contemporaneità. Tiene conto del fatto che non tutti i macchinari saranno in funzione contemporaneamente.
- $C_2$  = Coefficiente di carico. Dipende dalla tipologia della singola apparecchiatura (a corredo si trovano i valori di potenze medie richieste per ogni apparecchiatura, infatti non lavoreranno mai sempre alla massima potenza, ossia quella di targa).

In base alla potenza  $P$ , che si ottiene dalla formula di sopra, si va a fare il contratto con il fornitore di energia (ad esempio ENEL) ovviamente mettendosi in condizione di sicurezza e quindi richiedendo un contratto con potenza maggiore di  $P$ . Tutto questo si può fare solo avendo già scelto il tipo di macchina, infatti  $C_2$  è strettamente legato al tipo di macchinario.  $C_1$  invece ne è diretta conseguenza: in base al tipo di macchine siamo noi a definire  $C_1$  valutando che macchinari saranno in funzione contemporaneamente. Quindi  $C_1$  dipende da come organizziamo la produzione.

**D.D.E.** Conviene dimensionare in base al carico (o domanda) massimo o medio?

Dipende dalla criticità del servizio:

Ad esempio, in un casello autostradale, se dimensionassimo l'impianto per la domanda massima (il picco) avremmo bisogno forse di centinaia di postazioni. Invece si sovradimensiona l'impianto tenendo comunque conto, in parte, del picco (infatti alcune postazioni non sono in funzione normalmente).

Se invece consideriamo i piazzali per consegne di materiali o distribuzione di prodotti finiti il discorso cambia. Ad esempio, se un'azienda riceve tronchi di albero come materiali, capiterà che le verranno consegnati in una sola volta anche 10-12 tir! Quindi bisogna dimensionare i piazzali di scarico per il picco massimo, perché il valore medio è quasi inesistente, o meglio, non ha senso considerarlo. Se così non facessi mi metterei pericolosamente a rischio, per me stesso e verso i fornitori.



**7. Esigenze di spazio:** Poiché il layout di uno stabilimento consiste essenzialmente nella distribuzione dello spazio tra le varie attività e funzioni dello stabilimento stesso, la determinazione delle esigenze dei singoli settori costituisce una fase fondamentale del lavoro di layout. Le esigenze di spazio possono essere determinate in due modi:

- I. In base alle esigenze del layout esistente;
- II. Con il metodo del “centro di produzione”.

**I)** Questo metodo per la determinazione delle esigenze di spazio trova frequente applicazione, ma è limitato a situazioni in cui il prodotto o i prodotti, per la cui lavorazione si studia il layout, sono già in corso di produzione. Il metodo può essere invece difficilmente applicato nei casi in cui le esigenze del nuovo metodo non sono note; per esempio, quando si tratti di un nuovo prodotto. Se il volume della produzione deve essere triplicato, è relativamente semplice definire le maggiori esigenze di spazio rispetto a quelle attuali (perché già si sa bene come funziona la produzione di quel prodotto e tutto ciò che lo circonda). In questo modo si ha il vantaggio di poter determinare fin dall'inizio le esigenze di spazio totali, senza entrare nello studio dei dettagli.

Per la determinazione dello spazio totale devono essere considerate tutte le molteplici attività dello stabilimento. In particolare, vanno considerati tre settori:

- a. L'area necessaria agli impianti di produzione;
- b. L'area necessaria per l'immagazzinamento;
- c. L'area necessaria per i servizi e le attività accessorie.

a) Nella determinazione dell'area occorrente agli impianti produttivi si deve tener conto di adeguato spazio tra le macchine, sia per il movimento degli operai, sia per i materiali in corso di lavorazione, i mezzi di trasporto interno e i servizi di manutenzione. Spazio deve essere riservato per la conservazione degli attrezzi e per l'ufficio del capo officina, che si trovano di solito a immediato contatto della zona destinata agli impianti produttivi.<sup>3</sup>

b) L'area occorrente all'immagazzinamento dipende essenzialmente dalle dimensioni del prodotto e dei relativi mezzi di trasporto. Quando il prodotto può essere accatastato l'altezza delle cataste deve essere prefissata, perché da essa dipende l'area necessaria.

c) Le esigenze di spazio per i servizi devono essere calcolate reparto per reparto. In questo campo ogni stabilimento ha necessità particolari ed è difficile dare regole generali.

**II)** A proposito di questo metodo per il calcolo delle esigenze di spazio si possono citare le parole di Ireson: *«il centro di produzione è composto da una singola macchina e dalle apparecchiature ausiliarie e dallo spazio necessario per il suo corretto funzionamento. In linea di massima, ciò vuol dire che il centro di produzione comprende lo spazio per la macchina, l'armadio per gli attrezzi, i pezzi lavorati e da lavorare, lo spazio per l'accesso e per la manutenzione. Questo metodo richiede l'esame dell'effettiva installazione della macchina e il calcolo dell'area richiesta. L'area di un reparto si ottiene quindi come somma delle aree relative a tutti i centri di produzione da cui il reparto è costituito»*. Questo metodo è particolarmente utile per la determinazione dello spazio in layout per processo, in cui si faccia uso di più macchine o impianti dello stesso tipo. Affinché il metodo risulti più realistico, è opportuno, in particolare, tener conto nel calcolo di ogni centro di produzione dell'area necessaria per i corridoi e i passaggi.

**ESEMPIO:** un centro di produzione lungo sei metri e largo quattro. Se il centro è attiguo, lungo uno dei lati corti, a un corridoio di tre metri, l'area necessaria al centro è di:

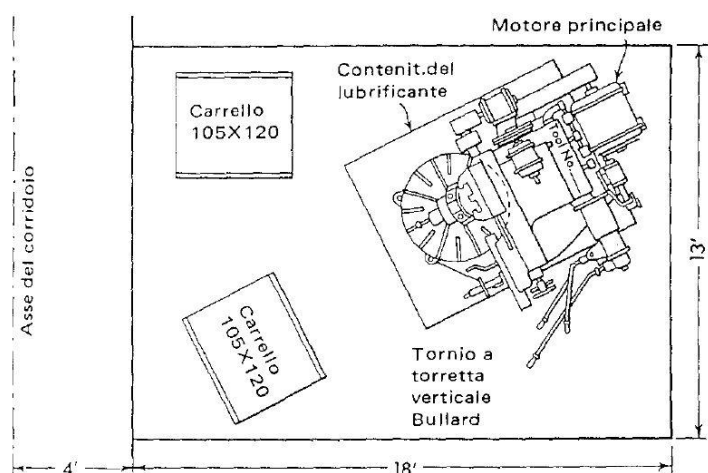
$$4 \times (6 + 1,5) = 30 \text{ m}^2$$

In questo calcolo è stata assegnata al singolo centro di produzione metà dell'area del corridoio. Il metodo del centro di produzione consente una valida stima dell'esigenza di spazio totale, ma richiede controlli e ritocchi

---

<sup>3</sup> Per ogni macchina esistono dei coefficienti di ingombro: se un tornio occupa 1m<sup>2</sup> e ha coefficiente pari a 8, ho bisogno di 8m<sup>2</sup>. Tali coefficienti li fornisce il produttore.

nel corso del layout, mano a mano che si vanno definendo tutti i dettagli. Questo metodo può costituire la base per la distribuzione generale dello spazio tra i vari settori e reparti dello stabilimento; unitamente all'analisi del diagramma di flusso, esso dà un valido contributo alla progettazione della pianta a blocchi. È chiaro che il vantaggio principale del metodo del centro di produzione sta nel fatto che esso può essere usato anche per layout relativi a prodotti nuovi, quando cioè l'impresa non ha diretta esperienza da usare come base di calcolo. Quando si tratta di progettare il layout di un nuovo stabilimento destinato sia a prodotti nuovi sia alla continuazione di linee di produzione già in corso, i due metodi qui descritti possono essere usati congiuntamente.



Esempio di un centro di produzione, completo delle unità ausiliarie.

8. **Gli edifici:** Una proposta per un nuovo layout, con la sola eccezione di quelli che comprendono la realizzazione di edifici completamente nuovi, non può essere concepita senza la disponibilità di dati completi e dettagliati sugli edifici entro i quali il layout dovrà essere attuato. Ogni qualvolta ciò sia possibile, il progettista del layout dovrà avere a disposizione i progetti costruttivi degli edifici; nel caso in cui, come avviene per edifici molto vecchi, ciò non fosse possibile, sarà suo compito procurarsi le piante, le sezioni e gli altri disegni necessari. Tutti i disegni dovranno essere accuratamente controllati per accertarsi che l'edificio non abbia subito modifiche in epoche successive. Questo è particolarmente importante per gli edifici che sono stati occupati da altre fabbriche in precedenza. In particolare, i disegni devono rispecchiare fedelmente la configurazione degli edifici anche per quello che riguarda le condutture d'acqua, di vapore, gli scarichi, i collegamenti elettrici, il circuito dell'aria compressa, ecc. I pilastri sono spesso disposti a intervalli regolari ma anche su questo punto un controllo è opportuno. Benché i disegni siano sempre in scala, difficoltà possono sorgere a proposito di qualche dimensione particolarmente critica. Proseguendo, controlli debbono essere effettuati sulle dimensioni in altezza, specialmente se non sono costanti.

La disposizione del macchinario impone, poi, una serie di problemi di carico; la resistenza dei pilastri e dei solai dovrebbe pertanto essere specificata. Negli edifici a più piani è indispensabile che siano noti i carichi di sicurezza dei pavimenti. Infine, i disegni dovrebbero riportare tutte le installazioni fisse di qualche rilievo, come cabine di trasformazione elettrica, generatori, ecc.

Quando i disegni costruttivi non sono disponibili, si devono effettuare misure e schizzi sul posto, da convertire poi in disegni formali. Purtroppo accade spesso che con questo metodo alcuni dati essenziali sfuggano all'esame e che la loro presenza venga rilevata solo più tardi, durante il lavoro di progettazione o di attuazione del layout. La situazione è molto diversa quando il layout interessa un edificio nuovo. In questo caso, è opportuno definire i dettagli degli edifici solo dopo che il progetto di layout è stato completato in tutti i suoi particolari.

## Criteri di studio delle soluzioni di plant layout

### Criteri di scelta del layout

La scelta del layout dipende da:

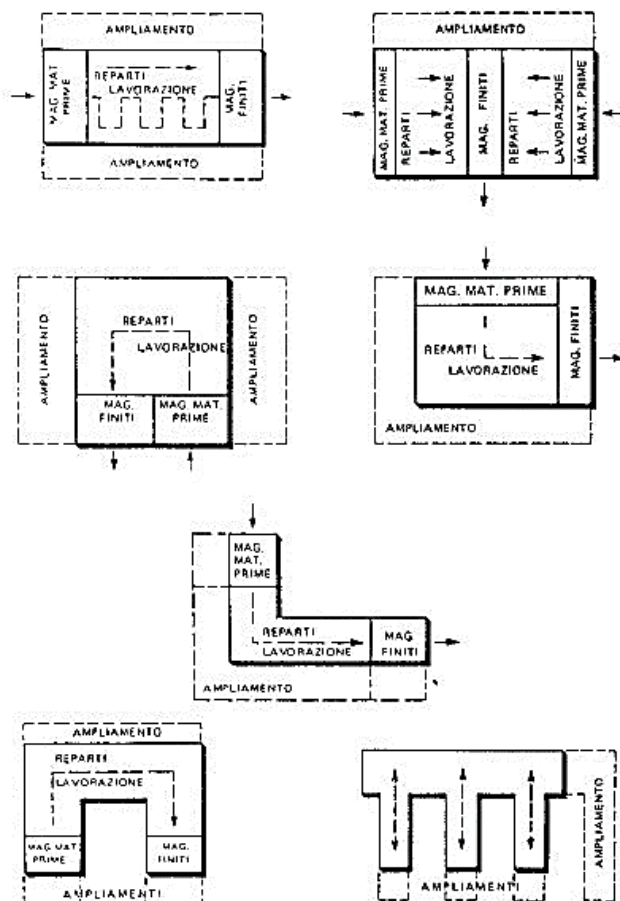
1. **Tipi di lavorazioni** (in serie, su commessa ecc.)
2. **Sistemi di trasporto interni**
3. **Costi di produzione**
4. **Area e forma del terreno**
5. **Ampliamenti futuri**
6. **Flessibilità della sistemazione**
7. **Condizioni dell'ambiente di lavoro**
8. **Flusso dei materiali**

1	<b>Tipi di lavorazioni</b>	Se in serie mi sposto verso un Flow Shop altrimenti verso un Job shop.
2	<b>Sistemi di trasporto interni</b>	Il tipo di layout dipende anche dai tempi di trasporto, a meno che io non decida di rivedere e cambiare il mio sistema di trasporti.
3	<b>Costi di produzione</b>	Ad esempio potrei decidere di passare da un layout Job Shop ad uno a celle: in questo caso devo far fronte ad un investimento iniziale superiore : saranno necessarie più macchine, talvolta anche identiche, perché si devono fare degli arrotondamenti per ogni singola cella e non più per il ciclo totale, o meglio, devo comunque “riempire” le celle con macchinari, anche se il TRS si alza notevolmente quindi potrei anche farcela con le stesse macchine, non dovendo ricorrere a celle, per così dire, complete. Tuttavia andrei a risparmiare notevolmente sul costo dei semilavorati perché si riducono i tempi di attesa: anche se dovessi comprare più macchine, converrebbe lo stesso perché utilizzerei delle immobilizzazioni finanziarie per delle macchine che mi danno dei risultati (per delle immobilizz. Materiali) e non per i semilavorati (rimanenze) che non mi fruttano.
4	<b>Area e forma del terreno</b>	In base al tipo e alle dimensioni del terreno si va a modificare la forma iniziale dell'impianto.
5	<b>Ampliamenti futuri</b>	A seconda della forma iniziale, si hanno minori o maggiori difficoltà ad ampliare lo stabilimento
6	<b>Flessibilità della sistemazione</b>	Dipende se devo o meno cambiare spesso tipo di lavorazione da fare.
7	<b>Condizioni dell'ambiente di lavoro</b>	Se mi serve che le persone collaborino tra di loro potrei pensare un layout a celle. Se mi serve che persone con le stesse competenze, collaborino tra di loro magari potrei usare un Job Shop. Se l'ambiente è ostile o all'impresa interessano tempi ridottissimi durante le lavorazioni cerco di limitare le distrazioni organizzando un Flow Shop.
8	<b>Flusso dei materiali</b>	Se per la mia produzione il flusso dei materiali è il punto critico (ho molti, e continui spostamenti) potrei pensare di usare un Flow Shop (ma dipende sempre dalle mie risorse economiche; un Flow Shop è costoso!).

## Criteri di valutazione

Vale la pena di ricordare che lo studio di plant layout deve sempre precisare:

- La disposizione dei vari reparti, degli impianti generali, dei servizi generali e ausiliari;
- Lo sviluppo del nuovo impianto in uno o più corpi di fabbricato: ciò dipende dalle forme più frequentemente adottate in pratica per gli edifici (figura), dall'estensione dell'impianto, dalla sicurezza, dalle lavorazioni che si devono effettuare, dalle condizioni ambientali che si vogliono ottenere, ecc.;
- Le possibilità di ampliamenti futuri, tenendo conto dell'estensione e della forma del terreno eventualmente già disponibile.



Forme più frequentemente adottate per gli edifici



Ciò premesso, esaminiamo le procedure più correnti per lo studio che ci interessa:

Se le lavorazioni sono del tipo in linea, si passa senz'altro al progetto generale di sistemazione dello stabilimento, tenendo conto dei corridoi principali di servizio e di collegamento e includendo anche gli impianti generali, i servizi ausiliari, generali ed igienico-sanitari. Se invece le lavorazioni sono del tipo per commesse, si deve dapprima sviluppare lo studio dei vari reparti.

Tali progetti parziali possono farsi mediante disegni in scala oppure mediante l'impiego di modelli bi- e tridimensionali, anch'essi in scala (generalmente 1:50 o 1:100). Successivamente, come già si è detto per le lavorazioni in linea, si provvede ad inserire i vari centri di produzione ed i magazzini in un progetto generale di plant layout, che includa gli impianti generali, i servizi generali ed ausiliari, e tenga conto degli ampliamenti futuri (piano regolatore generale dello stabilimento). Si imposta, in definitiva, tanto nel caso di lavorazioni in linea quanto in quello di lavorazioni per commesse, una serie di progetti generali, contraddistinti essenzialmente da sistemi diversi di trasporto dei materiali.

Di seguito, si illustrano alcuni procedimenti atti a facilitare lo studio delle varie soluzioni di plant layout, sia per quanto riguarda la sistemazione delle macchine in ogni reparto, sia per quanto riguarda la disposizione reciproca dei vari reparti. Come già detto, tali procedimenti si applicano alle lavorazioni per lotti, in quanto nel caso delle lavorazioni in linea si dovrebbero disporre i macchinari ed i reparti secondo la successione delle operazioni prevista dal ciclo produttivo. I metodi esposti, ed altri analoghi proposti da vari Autori, si basano sul concetto informatore di avvicinare fra di loro le macchine ed i reparti caratterizzati da un maggior numero di collegamenti o trasporti (per minimizzarne i tempi, che sono “a perdere”).

In altre parole, si considerano tali collegamenti o trasporti come dei pesi, che danno la misura di quanto sia importante avvicinare fra di loro certi posti di lavoro o reparti (per usare un termine che includa i due casi parleremo di centri di lavoro). Del resto, il costo totale dei trasporti interni fra i posti di lavoro di un reparto o fra i reparti di uno stabilimento (centri di lavoro) dipende – con riferimento ad una prestabilita unità di tempo (ora, giorno, mese, ecc.) – dalle quantità di materiali da movimentare da un centro di lavoro all'altro e dalle distanze da percorrere fra i baricentri (ponderali) dei centri stessi, poiché è in genere possibile considerare il costo di trasporto dell'unità di materiale direttamente proporzionale alla distanza percorsa, il costo totale dei trasporti, nell'unità di tempo, è dato dalla somma dei prodotti delle quantità trasportate (pesi) fra un centro di lavoro e l'altro, per il costo di trasporto dell'unità di peso riferito all'unità di distanza percorsa e per la distanza che divide i centri di lavoro in questione.

Ora, le quantità di materiali da trasportare possono essere riportate in una tabella come quella di destra, dove il termine generico  $P_{ij}$  misura la quantità di materiale che, nell'unità di tempo considerata, deve essere trasportata dal reparto  $i$  al reparto  $j$ .

Analogamente, se valgono le ipotesi fatte, si possono raccogliere i costi del trasporto dell'unità di peso di materiale in una tabella come la quella della pagina successiva, dove il termine generico  $c_{ij}$  indica il costo di trasporto dell'unità di materiale trasportata fra il centro di lavoro  $i$  ed il centro di lavoro  $j$ , per unità di distanza.

**N.B.** Se consideriamo il prodotto dei termini generici delle due tabelle  $P_{ij} * c_{ij}$  esso fornisce il costo del trasporto fra i centri di lavoro  $i$  e  $j$  per unità di distanza e di tempo.

		REPARTI					
REPARTI	<div>Da</div> <div>A</div>	1	2	...	j	...	n
	1						
	2						
	...						
	i				$P_{ij}$		
	...						
	m						



REPARTI	REPARTI						
	A	1	2	...	j	...	n
	D <sub>a</sub>						
	1						
	2						
	...						
	i				$c_{ij}$		
	...						
	m						

Ovviamente  $C_{ij}$  dipende principalmente dal mezzo usato e se vi è o meno la presenza di un operaio.

Se  $d_{ij}$  misura la distanza fra i baricentri (ponderali) dei centri di lavoro allora  $C_{ij}$ , il costo del trasporto (sempre nell'unità di tempo) del materiale  $P_{ij}$  fra i due centri di lavoro interessati, è dato dalla:

$$C_{ij} = P_{ij} \cdot c_{ij} \cdot d_{ij}$$

Se dal costo di trasporto fra i due centri generici  $i$  e  $j$  si vuole passare al costo totale relativo a tutti i centri di lavoro facenti parte dello stabilimento allo studio, basta scrivere:

$$\sum_{i=0, j=0}^n P_{ij} \cdot c_{ij} \cdot d_{ij}$$

Nella quale, ovviamente sono nulli i termini corrispondenti a  $i=j$ , in quanto rappresentano il costo per trasportare il materiale, nel caso in cui luogo partenza e destinazione coincidono. Inoltre, spesso, si riportano una riga e una colonna aggiuntiva in cui si scrive la somma dei costi della riga (scritti nella colonna aggiuntiva) e della colonna in esame (scritti nella riga aggiuntiva).

**Ricapitolando:** si scrive la matrice della quantità di materiale da trasportare da  $i$  e  $j$  nell'unità di tempo ( $P_{ij}$ ); poi la matrice dei costi di trasporto dell'unità di materiale da  $i$  a  $j$  nell'unità di distanza ( $c_{ij}$ ); e poi la matrice delle distanze tra i baricentri di  $i$  e  $j$  ( $d_{ij}$ ). Se moltiplichiamo la casella  $ij$  di ogni matrice per quella delle altre matrici, otteniamo la matrice dei costi di trasporto nell'unità di tempo da  $i$  a  $j$  ( $C_{ij}$ ) (che sono quelli che interessano a noi). Se poi sommiamo tutte le "caselle" della matrice  $C_{ij}$  otteniamo il costo totale relativo a tutti i centri di lavoro. Non è qualcosa di banale perché spesso l'incognita, che ci interessa, è proprio  $d_{ij}$ : infatti se sappiamo i costi di trasporto del mezzo per unità di distanza e le quantità da dover trasportare nell'unità di tempo, ci si chiede in base al nostro budget, quale distanza minimizza i costi!

In definitiva, Poiché interessa la soluzione di plant layout cui corrisponde il minor costo totale dei trasporti interni, si tratta di ricercare i valori di  $d_{ij}$  che minimizzano l'equazione precedente, supposti noti  $P_{ij}$  ed  $c_{ij}$ . I metodi di seguito esposti si propongono appunto di trovare tale soluzione ottimale. Si tenga presente che, quando i centri di lavoro sono dei reparti, l'equazione fornisce il costo totale dei trasporti fra reparti e non tiene conto dei trasporti dei materiali nell'ambito dei reparti stessi. Considera inoltre le distanze fra i baricentri dei reparti, mentre in realtà i mezzi di trasporto percorrono tragitti diversi.

Macchine o Reparti	PRODOTTI					
	A	B	C	D	E	F
1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10
Prod. mensile	2000	1000	1000	5000	10000	20000
Prod. per cont.	200	50	10	100	200	100
Conten. al mese	10	20	100	50	50	200

## Metodo delle intensità di traffico

Si riportano i vari cicli produttivi su una tabella del tipo esemplificato in figura contrassegnando ciascuna macchina o ciascun reparto con un numero: l'entità dei materiali trasportati da un'operazione all'altra, in un tempo determinato, deve esser misurata in unità omogenee (unità di carico, contenitori, numero di viaggi, ecc.).

Dalla tabella così elaborata, è possibile ricavare l'entità dei materiali che complessivamente perviene ai singoli posti o reparti di lavoro. Si costruisce ora un'altra tabella (pagina successiva) riportando verticalmente le operazioni produttive (ovvero la relativa numerazione) e orizzontalmente la numerazione inversa. In corrispondenza delle caselle individuate dall'incrocio delle coordinate di due operazioni si riportano le entità di traffico che i vari cicli

di lavorazione determinano fra le due operazioni. Nelle caselle disposte 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).

A questo punto, si tratta di pervenire ad una disposizione teorica tale che i posti di lavoro (od i reparti) caratterizzati da un maggior numero di collegamenti, siano sistemati il più vicino possibile fra di loro. A tale fine, prescindendo dall'ingombro reale di ciascuna stazione di lavoro, si può procedere nel seguente modo: tracciato un reticolo a maglie quadrate (figura 3.25), si riportano al centro di ogni maglia dei cerchietti nei quali si scrivono i numeri che contrassegnano ciascuna macchina o reparto; ogni cerchietto viene collegato, mediante trattini, a tutti i cerchietti che contraddistinguono posti di lavoro che sono in contatto con il primo; su ciascun trattino di collegamento si riporta il numero (letto sulla figura 3.24) che misura l'intensità di traffico. La disposizione teorica dei centri di lavoro può essere effettuata sulla base di quanto emerge dallo schema così costruito.

A titolo di esempio, si può piazzare al centro la macchina o reparto 6, che ha collegamenti con un maggior numero di altre macchine o reparti. Quindi, attorno a tale centro di lavoro, si dispongono quelli contrassegnati con i numeri 3, 5, 8 e 9 collegati ad un numero di centri di lavoro subito inferiore a quello che caratterizza il centro di lavoro 6, e così di seguito.

La determinazione di tali aree presuppone che si sia preventivamente eseguito, sia pure in prima approssimazione, lo studio dei singoli posti di lavoro, nel caso di macchine da sistemare nell'ambito di un reparto (a questo livello della progettazione, tale studio dovrebbe già essere stato eseguito);

Si considerano più disposizioni alternative e si sceglie, fra tutte, quella più soddisfacente. Anzi che al reticolo di figura 3.25, si può ricorrere al procedimento seguente: si rappresenti ciascun centro di lavoro con una sagoma di cartone a forma rettangolare avente un lato il doppio dell'altro. Si dispongano tali sagome le une rispetto alle altre (fig. 26), tenendo conto delle intensità dei trasporti evidenziate in fig. 24. Si ottiene anche in questo caso una disposizione teorica, dalla quale si può poi passare ad una disposizione ancora schematica, ma un po' più vicina alla realtà, considerando sagome non più eguali fra loro, ma aventi ingombri proporzionali, in una certa scala alle aree occupate da ciascun reparto.

	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1									430	430
2							210	220	860	
3			100	50	70			440		
4						210	420			
5	200				110	100	620			
6	50	100	100	20	440					
7		50	30	260						
8	10	20	260							
9	170	340								
10	430									

Figura 3.24

A sinistra: (Fig. 3.24) Collegamenti fra le macchine o i reparti ricavati dai cicli

Sotto: definizione di unità di carico

**Unità di carico:** "numero di articoli (o materiale sciolto) disposti o contenuti in modo da poter essere prelevati o spostati come un solo oggetto che sia in grado, al momento dello scarico, di mantenere la disposizione iniziale per un successivo spostamento."

Essa nasce dal voler standardizzare le dimensioni dei materiali, che, di per sé, differiscono per peso, volume e numero di pezzi, quindi si introduce questa unità di misura. Altri vantaggi sono la più facile trasportabilità in pallet (blocchi magari su pedane di legno), il più facile immagazzinamento e l'eliminazione, se possibile, del trasporto manuale.

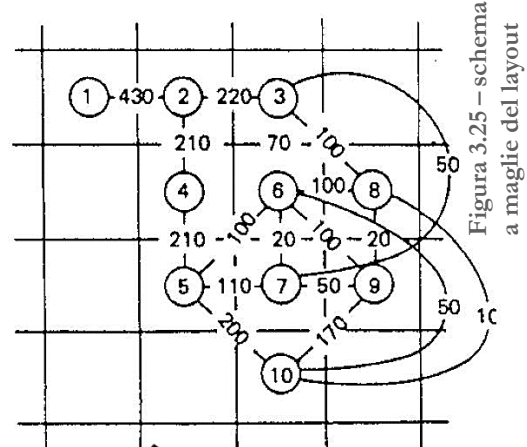


Figura 3.25 - schema a maglie del layout

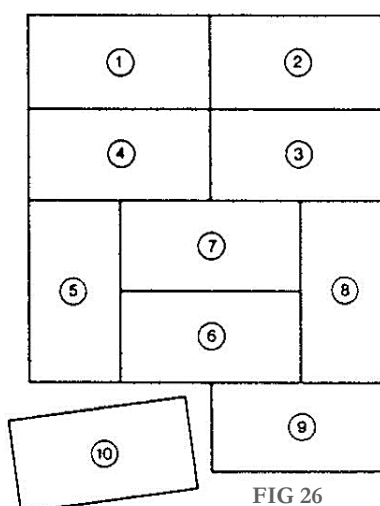


FIG 26

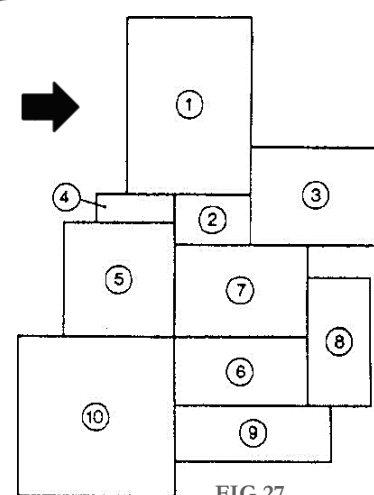
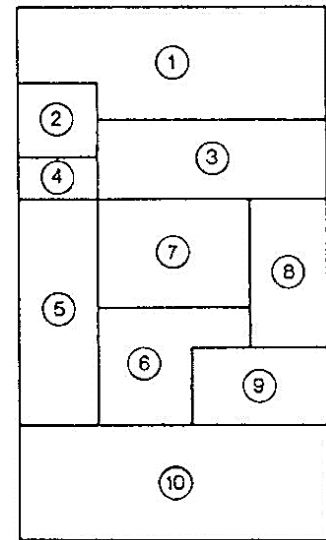


FIG 27

**Ricapitolando:** si cerca di capire quanti materiali scambia ogni reparto e con quale altro reparto. Si riassume tutto come in tabella 3.24 che serve a capire quanto un reparto scambia con gli altri: ad esempio il reparto 3 scambia, con il 2, 220 entità di traffico e, rispettivamente con l'8 scambia 100 entità, con il 7 scambia 50 entità e con il 6 scambia 70 entità. Quindi la somma di tutte queste (si sommano le righe e colonne che passano per la casella 3-3) da 440. A questo punto si fa un passo in più verso la disposizione dei reparti, tramite il reticolo a maglie quadrate. Tramite cartoncini di dimensioni uguali poi si costruisce il modello di fig. 26 che è equivalente a al reticolo 3.25! Infatti ogni reparto della figura 26 comunica con gli stessi della 3.25 (sono adiacenti). Poi, anziché costruire rettangoli uguali, si costruiscono proporzionali alle loro aree (a loro volta proporzionali al totale di materiali scambiati dal reparto) per avere un modello più vicino alla realtà. Se poi si vuole rispettare l'idea di uno stabilimento di forma rettangolare si trova il metodo più opportuno come la figura al lato (che rispetta ancora gli scambi della 3.25).



## Impiego degli elaboratori elettronici per lo studio del plant layout

Sempre con riferimento a lavorazioni per lotti, sono state messe a punto tecniche di costruzione che consentono di affrontare problemi di plant layout con l'impiego di elaboratori elettronici. Tali tecniche si basano sul principio che il costo dei trasporti interni costituisca l'elemento prevalente in vista dell'individuazione della migliore soluzione di plant layout. Ragione per cui esse ricercano la disposizione che vede avvicinati al massimo i centri di lavoro caratterizzati da un maggior numero di collegamenti.

Fra i numerosi programmi proposti ricordiamo i seguenti:

**a) ALDEP** (Automated Layout Design Program). Il procedimento, del tipo illustrato sotto il nome di metodo delle intensità di traffico, affida all'elaboratore il lavoro ripetitivo di costruzione di numerosi layout e la selezione dei migliori.

**Input:** Si forniscono al programma una tabella dei collegamenti fra i centri di lavoro (reparti, macchine, posti di lavoro) e costi unitari di trasporto del tipo di fig. 3.24, e le caratteristiche dimensionali di ciascun centro.<sup>4</sup>

Il programma sceglie a caso un primo centro di lavoro e lo riporta (in scala) su un disegno. Quindi ricerca un altro centro, caratterizzato dal maggior numero di collegamenti con il primo, e lo dispone vicino a questo. Se non vi sono centri di lavoro caratterizzati da collegamenti con il primo, il secondo centro viene scelto a caso e disposto ugualmente a fianco del primo. Si procede così fino a che tutti i centri di lavoro sono sistemati. Ovviamente, il programma tiene conto di eventuali ubicazioni obbligate o prestabilite per alcuni centri di lavoro. L'intera procedura è ripetuta per generare altri layout. Infine, l'elaboratore classifica tutte le soluzioni trovate in base alla tabella dei collegamenti. Il layout migliore sarà quello con minori costi di trasporto.

**b) CORELAP** (Computerized Relationship Layout Planning).

**Input:** Oltre agli stessi input del programma precedente, tale programma presuppone che le dimensioni lunghezza e larghezza del layout siano già definite.

Esso inizia con l'individuazione dei centri di lavoro (reparti, macchine, posti di lavoro) che hanno più contatti con gli altri. Individuato il centro di lavoro interessato da un maggior numero di collegamenti, lo dispone, nella forma e con le dimensioni predeterminate, su un disegno. Quindi, in base al numero di collegamenti, individua il centro di lavoro che è opportuno disporre vicino al primo e poi via via gli altri, che vengono sistemati il più vicino possibile al primo. Successivamente cerca i centri di lavoro che hanno più rapporti con quelli già sistemati. Si prosegue fino a che tutti i centri di lavoro sono sistemati sul layout (in scala). Poiché questo avrà una forma qualsiasi, si apporteranno le modifiche necessarie per fargli assumere la forma e le dimensioni prestabilite.

<sup>4</sup> Non avendo vincoli di dimensioni darà un layout molto irregolare ma molto ottimizzato: utile nel caso di impianti costruiti da 0

**c) CRAFT** (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique). Il programma di calcolo CRAFT ricerca la disposizione dei reparti cui corrisponde il valore minimo del costo totale di trasporto.

**Input:** Si tratta di fornire al programma i seguenti dati:

- 1) Tabella dei pesi riferiti all'unità di tempo prestabilita;
- 2) Tabella dei costi di trasporto dell'unità di peso riferiti all'unità di distanza;
- 3) Area (dimensioni) di ciascun reparto;
- 4) Disposizione iniziale (qualsiasi) dei reparti.

In base a tali dati, il programma esamina una serie di possibili configurazioni ottenute apportando piccole modifiche al plant layout iniziale, vale a dire cambiando la posizione di due o tre reparti alla volta. Tali cambiamenti sono attuati imponendo ai reparti la seguente successione degli scambi:

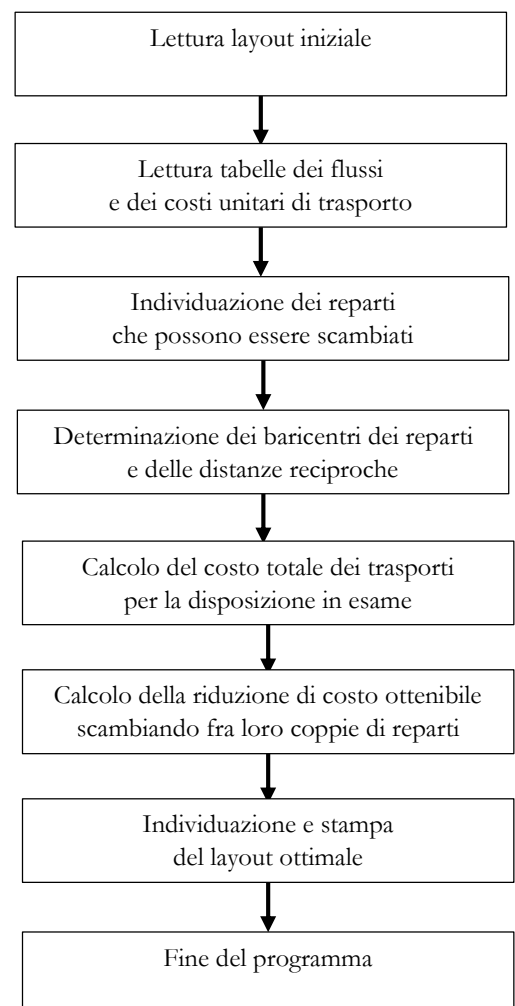
- 1) Reparti caratterizzati dalla stessa area;
- 2) Reparti aventi un lato in comune;
- 3) Reparti aventi un lato in comune con un terzo reparto.

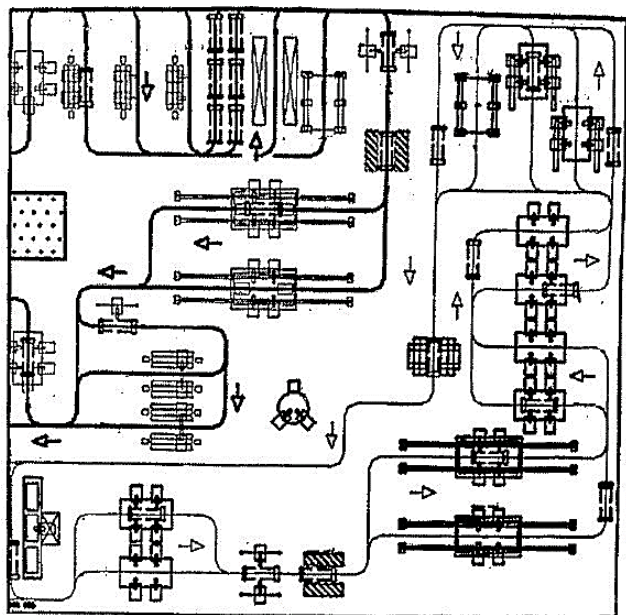
Supponendo di cambiare la posizione di due reparti alla volta, il numero di configurazioni da esaminare corrisponde alle possibili combinazioni di  $x$  elementi in una classe costituita da  $n$  elementi:

$$C_{n,x} = \frac{n!}{x! \cdot (n-x)!}$$

È ovvio che qualora – per qualsiasi motivo – un reparto abbia una posizione obbligata, lo stesso non sarà sottoposto ad alcun spostamento. Per ogni configurazione, l'elaboratore calcola – in base alla (3.1) – e memorizza il relativo costo totale dei trasporti fra i reparti. È così possibile individuare la soluzione meno costosa.

Il procedimento del programma CRAFT è evidenziato dallo schema a blocchi riportato di lato. Logicamente, una volta individuata la soluzione di layout ottimale, si procederà anche in questo caso al suo sviluppo progettuale dettagliato. Vale la pena di rilevare che il programma presenta alcune limitazioni, la più importante delle quali riguarda la forma dei reparti: infatti, fintanto che due reparti hanno la stessa area, la sostituzione reciproca non presenta difficoltà; se però si devono scambiare fra di loro due reparti aventi aree diverse, l'elaboratore deve procedere ad un adattamento delle forme di una parte, se non di tutti i reparti (mantenendo invariate le rispettive aree). Tale limitazione è ovviamente più importante se si deve rispettare un perimetro esterno prestabilito (in alcune situazioni non posso rendere, ad esempio, una stanza 4x4, una stanza 1x16: ha la stessa area ma la seconda diventa una specie di corridoio!) come avviene quando esiste già il fabbricato dello stabilimento. Sempre in tempi brevissimi è possibile richiedere all'elaboratore più soluzioni alternative oppure la riproduzione di soluzioni già immagazzinate. Completato il plant layout, l'elaboratore è in grado di trasformarlo in rappresentazione tridimensionale e, all'occorrenza, di ricavare sezioni orizzontali in corrispondenza di piani diversi.





La figura al lato riporta un esempio di plant layout ottenuto con il CAD. Tutti i disegni sono riprodotti nella scala desiderata e recano la legenda dei simboli adottati, la scala, la data e così via.

Tali sistemi automatizzati per la progettazione di layout, presentano i seguenti vantaggi:

- Rapidità di elaborazione di più soluzioni alternative;
- Precisione e uniformità dei disegni;
- Valorizzazione del progettista (in quanto questi viene svincolato dal lavoro manuale);
- Possibilità di interessanti sviluppi, specie per quanto riguarda la valutazione comparativa di soluzioni diverse di plant layout.

Da un punto di vista più generale, altre considerazioni possono essere fatte sull'impiego dei sistemi informatici per la progettazione dei plant layout. Essi consentono una elevata produttività grafica, bi e tridimensionale, completa di elenchi e computi metrici ed integrabile con altri sistemi assistiti da elaboratore (calcoli, documentazione tecnica, gestione). Inoltre, l'impiego del calcolatore è particolarmente utile per il piping e relativi supporti, anche perché consente di evitare interferenze in fase progettuale anziché "scoprirle" durante il montaggio in opera. Per contro, l'introduzione di un sistema CAD in azienda può presentare alcune difficoltà. Citiamo, in particolare:

- La carenza di personale esperto contemporaneamente nella progettazione e nell'uso di strumenti sofisticati di grafica computerizzata;
- Un utilizzo del sistema che giustifichi il relativo investimento;
- La difficoltà di integrazione tra diverse discipline, specie se queste utilizzano strumenti diversi

La moderna tecnologia informatica mette a disposizione, a prezzi ormai accessibili alla maggior parte delle aziende, posti di lavoro costituiti da elaboratori elettronici di notevole potenza (work station) che consentono di progettare o modificare layout in modo interattivo. Su questi elaboratori vengono installati software di tipo CAD (Computer Aided Design) particolarmente orientati alla progettazione di layout. Alla base dei programmi stanno ovviamente i cicli di lavorazione, schizzi di soluzioni o soluzioni parziali preventivamente elaborati, informazioni e condizioni da rispettare. Altri dati sono costituiti da forme grafiche standard rappresentanti i vari mezzi di lavoro (macchine, impianti, arredi, utenze tecnologiche, ecc.) e gli elementi caratteristici degli edifici ("maglia", tipo di pilastri, ecc.), che l'elaboratore immagazzina. L'introduzione delle informazioni avviene mediante tastiera, tavoletta e stilo, mouse, ecc. I programmi messi a punto per la progettazione del plant layout prevedono la successiva presentazione, zona per zona o reparto per reparto, degli elementi di fabbricato e dei mezzi di lavoro, con possibilità di modificare o correggere soluzioni già disegnate. Inoltre, tutti i grafici che compaiono su video possono essere spostati, ruotati, traslati, ecc. e infine duplicati.



# Progettazione di elementi radianti componibili per civili abitazioni

Si farà un esempio di progettazione da 0, di un impianto il cui scopo è quello di produrre, in sostanza, termosifoni.

## Requisiti primari

I requisiti essenziali del prodotto sono:

- Elevata conducibilità termica
- Estesa superficie di scambio
- Leggerezza
- Buone proprietà meccaniche
- Ottima resistenza alla corrosione (se in acciaio o in ghisa, spesso non hanno tale caratteristica)

## Pressofusione

Analizziamo i vantaggi e i limiti di tale processo di produzione

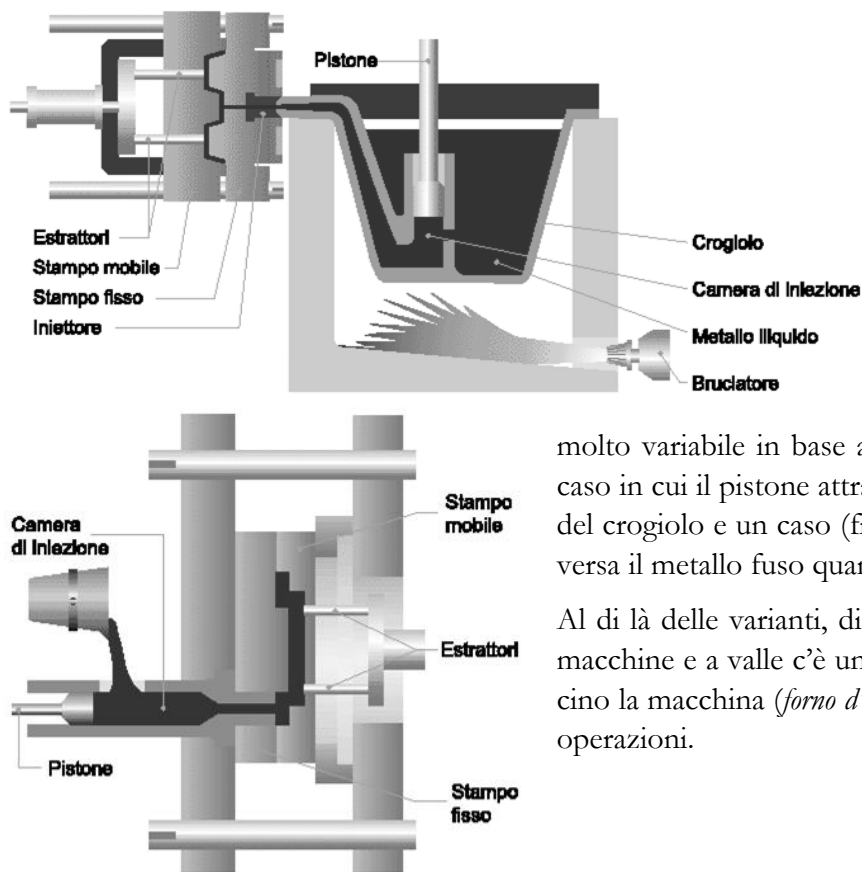
VANTAGGI	LIMITI
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Peso ridotto</b> (spessori sottili)</li> <li>• <b>Elevata cadenza produttiva</b> (scorte ridotte)</li> <li>• <b>Ristrette tolleranze dimensionali</b></li> <li>• <b>Elevata finitura superficiale</b></li> <li>• <b>Ridotti sovrametalli</b> (economia materiali)</li> <li>• <b>Elevate proprietà meccaniche</b> (Il materiale di per sé non è detto che abbia buone caratteristiche meccaniche, ma lavorato per pressofusione le acquisisce, infatti spesso, in tale processo, si evitano acciaio e ghisa perché hanno elevate T di fusione, e sono tra i materiali più resistenti)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ristrette tipologie di leghe (Al, Mg, Cu, Zn, Pb, Sn):</b> sono leghe leggere a bassa T di fusione che deve essere molto minore di quella dell'acciaio perché gli stampi sono proprio di acciaio.</li> <li>• <b>Limitate dimensioni dei getti</b> (altrimenti avrei bisogno di stampi enormi perché le forze di chiusura da applicare e quindi la pressione da mantenere, dipende dalla dimensione dei getti).</li> </ul>

## Le leghe

Si utilizzano leghe perché sono più facili da lavorare. Ad esempio, l'alluminio puro difficilmente si riesce a lavorarlo. Le lega di alluminio più usata è quella leggera UNI 5076 che presenta alcune impurità di cui alcune non vengono eliminate del tutto perché richiederebbe un costo troppo elevato (e magari non ci danno nemmeno problemi. Vediamo la composizione di tali leghe (in % di peso rispetto a 100) o meglio, ogni singolo elemento in che % è "sciolto" nell'alluminio:

Nome elemento	Simbolo	% peso	Nome elemento	Simbolo	% peso
Rame	Cu	1,75/2,5	Titanio	Ti	0,10 max
Ferro	Fe	0,5/0,9	Nichel	Ni	0,30 max
Silicio	Si	11/13,3	Stagno	Sn	0,10 max
Magnesio	Mg	0,3 max	Piombo	Pb	0,15 max
Manganese	Mn	0,4 max	Altri		1,15 max
Zinco	Zn	0,5 max	Alluminio	Al	Tutto il resto (fino a 100)

Molti materiali vengono aggiunti di proposito per migliorare delle caratteristiche della lega: il silicio ad esempio migliora la colabilità dell'alluminio.



## Il Ciclo produttivo

Vediamo il ciclo necessario alla pressofusione al fine di dimensionarne il reparto.

Esso è presentato sulla destra tramite un diagramma di flusso. Da notare che fino a prima del prelievo dosato della lega, il procedimento vale per  $n$  pezzi, mentre, da lì in poi si particularizza per il singolo pezzo. Inoltre, dopo l'estrazione del getto, si lubrifica lo stampo e si produce un nuovo pezzo.

Nell'aggiunta degli agenti scorificanti, si aggiungono dei sali che fanno risalire la scoria in superficie e poi vengono asportate meccanicamente con un rastrello. Nella fase di degassamento invece si aggiungono altri tipi di Sali. La schiumatura elimina ulteriori impurità.

Le siviere sono delle "tazze" di materiale refrattario e le operazioni precedenti vengono fatte in siviera perché ha una superficie minore del forno.

Alla fine viene effettuata la smaterozzatura: elimina la materozza, ossia materiale in più ancora presente vicino al getto.

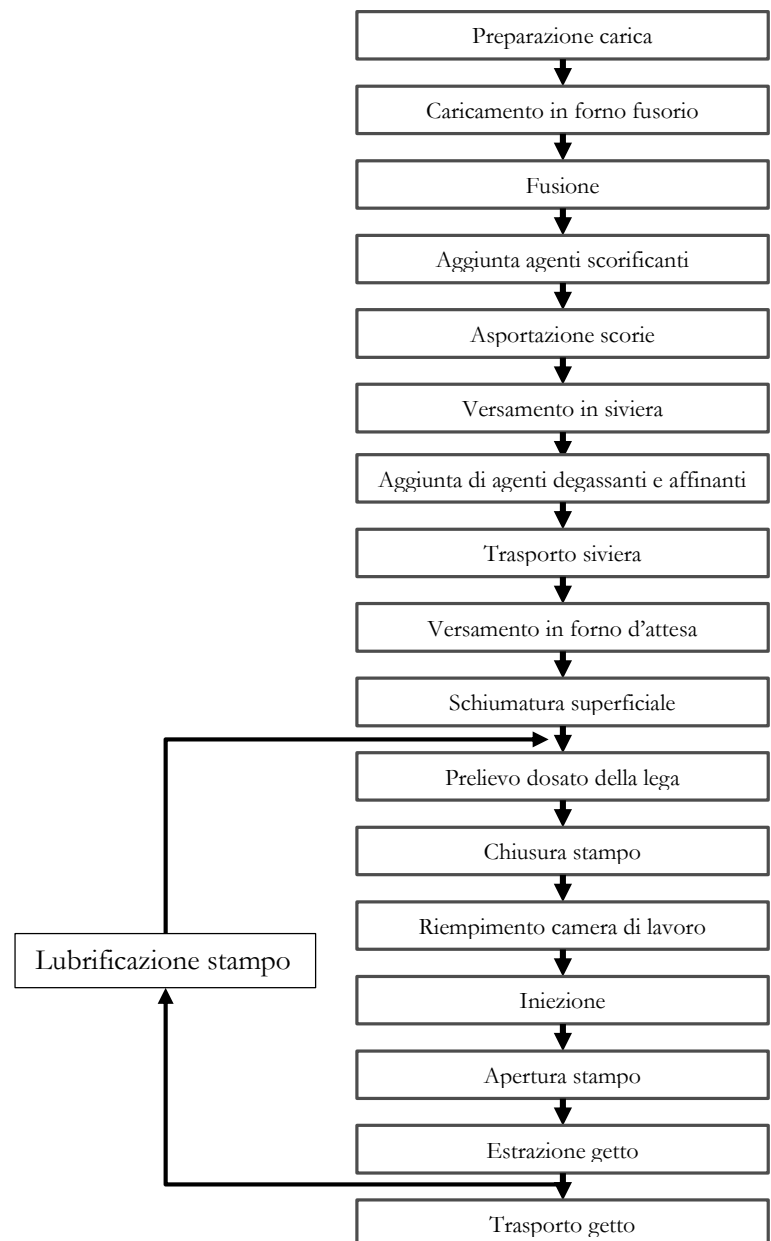
## La macchina

Per la pressofusione sono necessarie forze di chiusura maggiori della forza di apertura di tipo fluidodinamico, che il getto esercita sulle pareti dello stampo.

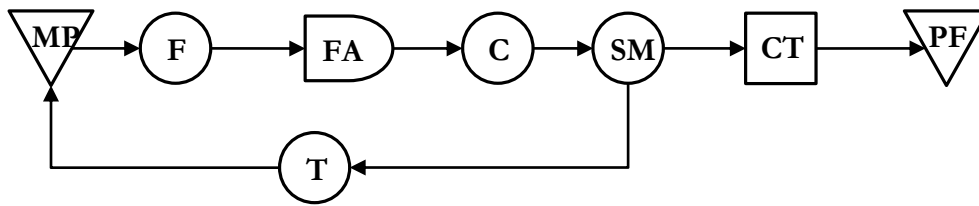
In sostanza vi è un pistone che comprime il metallo fuso fino ad adattarlo alla forma definita dallo stampo.

Le macchine, oggi, sono di forma molto variabile in base ai modelli. Di fianco viene rappresentato un caso in cui il pistone attraversa il metallo fuso direttamente all'interno del crogiolo e un caso (figura in basso) in cui il crogiolo è separato, e versa il metallo fuso quando necessario.

Al di là delle varianti, di solito c'è un solo forno fusorio per tutte le macchine e a valle c'è un secondo forno che, essendo posizionato vicino la macchina (*forno d'attesa*) contiene il metallo fuso necessario alle operazioni.



Rappresentazione del ciclo:



**MP:** Magazzino materie prime  
**F:** Forno fusorio  
**FA:** Forno di attesa  
**C:** Macchina  
**SM:** Smaterozzatrice  
**CT:** Controllo  
**PF:** Magazzino prodotti finiti  
**T:** Troncatrice

Da notare che gli scarti della smaterozzatura vengono riportati al magazzino materie prime, ma vengono fatti prima a piccoli pezzi da una troncatrice. Ovviamente questo è il ciclo solo della pressofusione, non dell'intero impianto. Ora bisogna dimensionare l'impianto:

## L'impianto

### Stazioni di colata

Le stazioni colata sono, in sostanza, macchinari che versano la lega (colata) tramite dei canali di trasporto nella camera di iniezione, che a sua volta inietta la lega nello stampo. Oggi le più scelte sono le operatrici a camera fredda ad assetto ed iniezione orizzontale, caratterizzate da:

- Ciclo automatico e gestito da un computer
- Impianto automatico di lubrificazione stampi (necessariamente controllato perché la quantità deve essere opportunamente dosata)
- Impianto automatico per caricamento lega
- Sportello di sicurezza

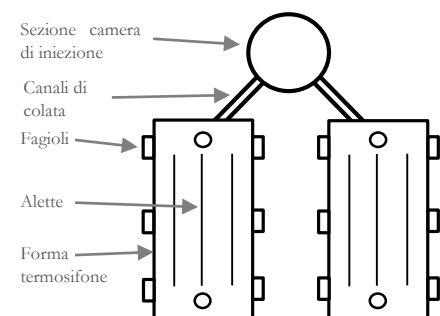
### Calcolo del numero di operatrici

Bisogna identificare correttamente il numero di operatrici e le loro caratteristiche. In formula:

$$N = P \cdot (1 + s) \cdot TC / \eta \cdot 3600 \cdot n \cdot z$$

Dove:

- P:** Produzione prevista (unità/anno)  
**s:** incidenza scarti  
**TC:** Tempo ciclo (sec)  
 **$\eta$ :** Rendimento sistema uomo-macchina  
**z:** Numero di elementi ottenuti ad ogni ciclo



z mi dice quanti elementi radianti si formano ad ogni iniezione. Infatti spesso il pistone inietta la lega in due canali di trasporto che vanno in due stampi, in modo da produrre due pezzi alla volta. Negli stampi sono presenti dei fori detti *fagioli* che indirizzano la lega nei punti più spigolosi dello stampo (il quale ha il "negativo" della forma del termosifone): quindi ci sarà del materiale in eccesso che sarà asportato. All'aumentare di z però aumenterà la forza di chiusura da dover applicare agli stampi.

### Ciclo dell'operatrice

1. Chiusura sportello
2. Posizionamento anime mobili
3. Chiusura dello stampo (da sistema a ginocchiera)
4. Riempimento camera di lavoro
5. Avanzamento del pistone iniettore
6. Apertura dello stampo (una volta che si è solidificato il getto, in genere con acqua che attraversa lo stampo, a T non troppo diversa)
7. Apertura sportello
8. Estrazione anime
9. Espulsione getto (si effettua tramite pistoncini espulsori che esercitano una pressione sul getto, quindi lasciando anche la loro impronta perché il getto è ancora caldo)
10. Lubrificazione stampo
11. Arretramento espulsori
12. Arretramento pistone iniettore



Imponiamo qualche dato o decidiamo noi qualcuno e compriamo i macchinari in base a ciò che vogliamo ottenere. I seguenti dati non sono troppo lontani dalla realtà:

$$\left. \begin{array}{ll} TC=80 \text{ sec} & P= 1.000.000 \text{ pezzi/anno} \\ s = 5\% & \eta= 75\% \\ z=2 & n= 220 \text{ gg} \times 24\text{h}= 5280 \end{array} \right\} \begin{array}{l} N = P \cdot (1 + s) \cdot TC / \eta \cdot 3600 \cdot n \cdot z = 2,94 \\ N = 2,94 \approx 3 \end{array}$$

### Calcolo forza di chiusura (stampi)

Essa rappresenta il parametro che ci permette di scegliere quale macchina comprare. Abbiamo bisogno di:

Superficie di formatura  $S \approx 2000 \text{ cm}^2$  (Superficie del termosifone da formare)

Pressione di iniezione  $P \approx 400 \text{ kp/cm}^2$  (kp è kilopound)

$$F > S \cdot P = 800 \text{ t} \quad (\text{tonnellate})$$

In genere, a catalogo non troveremo quel valore preciso dai rivenditori di tali macchine. Un valore usuale più vicino è 950 t, quindi scegliamo un macchinario con tale forza di chiusura.

### Stazione di fusione

Calcolo fabbisogno orario di lega fusa:

$$Q = 3600 \cdot \frac{N \cdot q \cdot \eta}{TC} = 742,5 \text{ kg/h} \approx 1000 \text{ kg/h}$$

Q: fabbisogno orario      q: peso del grappolo = circa 5,5 kg       $\eta=1$  (massimo per sicurezza)

Abbiamo sovradimensionato a 1000 per ottimizzare consumi e carichi del forno (più grande è più aumenta l'inerzia termica e quindi riduco il consumo di combustibile per mantenere la temperatura raggiunta). Inoltre il costo del forno fusorio è irrisorio rispetto alle 3 macchine per lo stampaggio.

### Scelta dei forni

Ci sono vari tipi di forno: a riverbero, di tipo rovesciabile, a combustione di metano ecc. Ne scegliamo uno a combustione di metano perché meno costoso e perché quelli elettrici sono necessari solo quando abbiamo bisogno di un controllo precisissimo della temperatura. Ne prendiamo due:

- 1 di capacità pari a 10 t (forno Primario)
- 1 di capacità pari a 400 kg (forno Secondario)

Il forno più piccolo serve per gli scarti e per gli sfridi ad alto tasso di impurità così si rende più semplice la scortificazione del bagno. Esso serve anche da riserva nel caso di guasto del primario.

### Stazione forni di attesa

Calcolo fabbisogno orario di lega fusa per la singola pressocolatrice:

$$F = Q/N = 247,5 \text{ kg/h}$$

Dobbiamo assicurare

- Rifornimento medio ogni 70 min
- Livello minimo per assicurare un prelievo dosato

Se ipotizziamo di destinare una sola persona a tutte le operazioni che riguardano i forni, dobbiamo cercare di dare una capacità elevata ai forni di attesa in modo da non dover ricaricare il forno troppo spesso. Ipotizziamo un rifornimento ogni 70 min, quindi, avendo tre forni, se ne deve riempire uno ogni 23 min. Se riduco la frequenza riduco il lavoro di gestione. Il problema è “mettere sulla bilancia” le quote di ammortamento del forno e il costo di un operaio aggiuntivo e valutare la convenienza. Il forno inoltre non va svuotato tutto.

## Scelta dei forni

Vi sono vari tipi anche di forni di attesa: a riverbero, a doppia tasca, a combustione di metano ecc. Ne scegliamo:

- 4 di capacità di 500 kg
- Un forno di riserva

Tali forni possono integrare la capacità del forno fusorio secondario in caso di guasto del primario. Non dimentichiamo, inoltre, che i 4 forni devono rimanere eternamente accesi: la lega viene mantenuta allo stato fuso dalla combustione di metano, quindi, i fumi di combustione non possono essere dispersi nell'ambiente. Allora abbiamo bisogno di cappe e elettroaspiratori per espellere i fumi all'esterno rispettando le normative e i limiti di legge. Questo rappresenta una perdita non solo a livello monetario: i fumi devono essere espulsi ad alta temperatura per poter risalire nell'atmosfera e non ristagnare, quindi perdo energia che potrei sfruttare a mio favore tramite scambiatori abbassando la temperatura dei fumi.

## Stazione di smaterozzatura

Consiste di una banale pressa: si fa scendere una sagoma simile a quella del pezzo e si trancia tutto ciò che non serve. Le fasi sono:

- Afferraggio del grappolo
- Posizionamento del grappolo sulla smaterozzatrice
- Smaterozzatura
- Estrazione del sistema di colata
- Deposito sistema di colata su scivolo
- Prelievo elementi separati
- Controllo aspetto superficiale
- Deposito elemento su pallet

### Risorse necessarie alla stazione:

- 1 Smaterozzatrice
- 1 robot
- 1 operatore per il controllo

1 smaterozzatrice è più che sufficiente, infatti ci vogliono pochi secondi per eseguire le operazioni di sinistra. L'elemento dovrà essere poi liscio per ottenere una elevata finitura superficiale, poi filettato, verniciato e inscatolato.

## Stazione di tranciatura

Serve per la tranciatura dei sistemi di colata provenienti dalla smaterozzatura (per farli a piccoli pezzi). Necessitiamo in tale caso solo di una operatrice a ciclo completamente automatico.

## Altre occorrenze di impianto

- Carroponte da 5000 kg per siviera, stampi, forni di attesa, parti delle pressocolatrici.
- Carrello elevatore da 2500 kg per materiale tranciato, pallet, stampi, pani di lega, prodotti finiti, scorie.
- Piano a rulli motorizzati per il trasporto di grappoli alla smaterozzatrice.

Abbiamo bisogno inoltre di:

- **Impianti ausiliari generali:** Sono tutti quelli che servono all'uomo (servizi igienici ecc.)<sup>7</sup>
- **Impianti ausiliari particolari:** servono per il processo
  1. **Gruppo elettrogeno:** Serve a produrre energia elettrica mediante un motore a combustione interna che muove un alternatore. Il suo vantaggio è che può rimanere in funzione molto più tempo di una eventuale batteria tampone: queste batterie vengono utilizzate giusto il tempo per salvare i lavori. Il gruppo elettrogeno permette invece, se opportunamente dimensionato, di avere più autonomia in assenza di rete elettrica, tuttavia non viene dimensionato per l'intero impianto ma per le sezioni più critiche. Nel caso in esame serve solo per le 3 macchine di pressofusione.
  2. **Compressore di riserva:** Le 3 macchine hanno bisogno di aria compressa (per lo sportello di sicurezza). Devo sempre avere più di un solo compressore in modo da sopperire nel caso di rottura di quello principale, e non dover bloccare tutta la produzione.
  3. **Impianto di dolcificazione dell'acqua:** Gli stampi vengono raffreddati attraverso un sistema di circolazione dell'acqua. I depositi di calcare dipendono dalla durezza dell'acqua, cioè dalla presenza di alcuni sali, quindi non posso usare della normale acqua, a devo dolcificarla in modo da ridurne

la durezza ed evitare, di conseguenza, il deposito di calcare. Per ridurre i costi faccio circolare l'acqua in un impianto a circuito chiuso, in modo da utilizzare sempre la stessa acqua. Ma così facendo devo risolvere un nuovo problema: devo raffreddare l'acqua e quindi ho bisogno di una torre di raffreddamento. Tali torri estendono il flusso d'acqua (per raffreddarlo) e lo convogliano poi in una vasca facendolo ritornare nel ciclo: il raffreddamento avviene grazie all'ambiente aperto quindi parte dell'acqua evaporerà ma mi basterà aggiungere acqua dolcificata periodicamente.

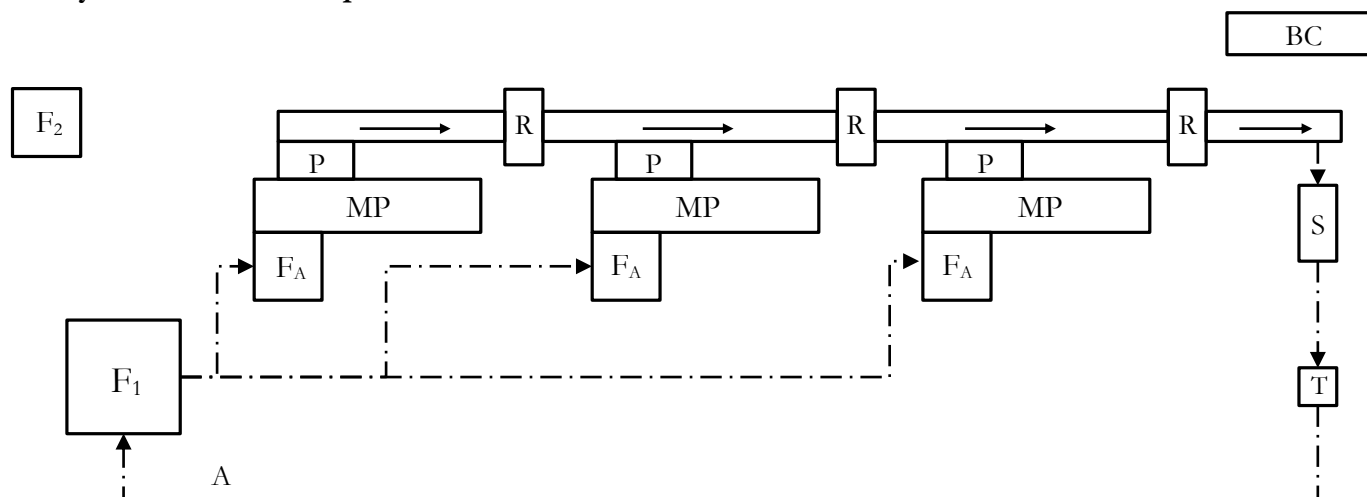
L'area occorrente per tutto è circa 900 m<sup>2</sup>

## Fabbisogno di manodopera (per ogni turno)

Vediamo il personale occorrente:

- 1 Capoturno (operaio di V categoria)
- 1 Fuochista (operaio di III categoria)
- 3 Pressocolatori (operai di IV categoria)
- 1 addetto a smaterozzatura (operaio di III categoria)
- 3 Indiretti (operai di III categoria): non intervengono direttamente sul ciclo produttivo.
- 1 Jolly (operaio di IV categoria): sa fare un po' di tutto.

## Layout o schema d'impianto



Elementi	Ingombri di massima	Elementi	Ingombri di massima
F <sub>1</sub> = Forno fusorio	5500 × 4000	PR = Piano a rulli	40.000 × 600
F <sub>2</sub> = Forno fusorio	2800 × 1500	P = Impianto di raffredd.	-----
F <sub>A</sub> = Forno d'attesa	2800 × 2500	S = Smaterozzatrice	2000 × 1000
MP = Macchine di pressofusione	10.000 × 2300	T = Troncatrice	1000 × 1000
P = Pedana	2500 × 1800	BC = Base di comando	4000 × 1000

**N.B.** La disposizione delle 3 macchine MP non è quella ottimale, infatti se disposte così, in caso di guasti, potrei non avere lo spazio necessario per la riparazione. La disposizione ottimale è a spina di pesce.

## Valutazioni economiche

Voci di costo C	% C/Ricavi	% C/Investimenti
Materie prime e sussidiarie	40 – 46	
Salari e oneri per il personale di produzione	10 – 12	
Manutenzione e riparazioni		4 – 5
Energia a combustibile	2 – 3	
Altri costi industriali	2 – 4	
Ammortamenti tecnici		10 – 12

## CONCLUSIONI

**Costi di impianto = I**  
= 1000 – 1200 mln

Di cui 80% macchinari e 20% opere murarie.

**Ricavi = R = 1700 milioni (mln)**

**Utile netto = R – I = 500 – 700 mln**

# Business plan

## Articolazione del business plan

### 1. Sintesi del progetto imprenditoriale

CHE SCOPO HO?

- Il progetto imprenditoriale in breve
- Eventuali contenuti innovativi dell'iniziativa
- Livello di competitività e risultati economici conseguibili
- Sintesi di ciò che si offre/chiede al destinatario del business plan

Commenti: occorre fare una sintesi del progetto, magari perché avrò bisogno di investimenti, finanziatori o soci. I contenuti innovativi invece, consentono di avere dei finanziamenti più facilmente come anche i risultati economici conseguibili: se l'obiettivo non è fare molti utili in un breve futuro, è difficile ottenere dei finanziamenti e trovare dei soci disposti a investire nel mio progetto. Inoltre si deve specificare cosa si offre e cosa si chiede al destinatario del business plan (ad esempio investitori o soci) e ci deve essere corrispondenza tra richiesta e offerta. Da questa sintesi, un possibile investitore deve capire se vale o meno la pena di investire in quel progetto.

### 2. L'impresa

CHE STRUTTURA HO?

- Forma e composizione societaria
- Eventuali legami, alleanze, accordi con altre imprese (in essere o comunque in programma)
- Componenti del gruppo imprenditoriale, loro esperienze e ruoli ricoperti nell'iniziativa in progetto
- Altri ruoli chiave a loro copertura
- Organigramma complessivo e composizione quantitativa dell'organico

Commenti: il punto due risponde a come deve essere organizzata l'impresa. Eventuali legami potrebbero facilitare di molto l'avviamento del mio progetto. Lo stesso vale per la composizione societaria (la stessa idea detta da persone diverse, magari con esperienza, può suscitare reazioni diverse). Inoltre devo capire qual è il contributo che i singoli soci sono in grado di offrire nell'iniziativa. Infine bisogna dire come si vuole organizzare e strutturare l'azienda: quante persone ci saranno, la struttura, il dimensionamento ecc.

### 3. Il mercato di sbocco

DOVE VENDO?

- Descrizione del mercato e dei suoi segmenti
- Dimensione, dati storici e prospettive di sviluppo della domanda
- Risultati di eventuali specifiche ricerche di mercato già svolte a cura della compagnia imprenditoriale
- Identificazione e descrizione del segmento o dei segmenti di mercato (elasticità della domanda al prezzo, frammentazione, concentrazione della clientela ecc.)
- Dimensione e prospettive di sviluppo del segmento di mercato prescelto (tasso di crescita, determinanti della crescita, caratteri di stagionalità o ciclicità)

### 4. La concorrenza

CHI MI OSTACOLA?

- Struttura dell'offerta (consistenza, caratteri, distribuzione geografica ecc.)
- Situazione e grado di turbolenza tecnologica del settore
- Profilo dei principali produttori presi a riferimento
- Eventuali motivi di insoddisfazione da parte del mercato nei riguardi del prodotto della concorrenza
- Barriere all'entrata nel settore e previste strategie di superamento

### 5. I mercati e l'approvvigionamento

DA DOVE MI RIFORNISCO?

- Identificazione delle principali fonti di approvvigionamento
- Descrizione delle caratteristiche delle fonti di approvvigionamento (politiche di prezzo, costanza dell'offerta, affidabilità dei fornitori, ecc.)
- Potere contrattuale dei fornitori, condizioni di fornitura

## 6. Il prodotto/servizio

COSA VENDO/PRODUCO?

- Descrizione del bisogno che si intende soddisfare (latente/consolidato, diffuso/concentrato ecc.)
- Descrizione del prodotto/servizio
- Descrizione di tutti quegli elementi che compongono il sistema di prodotto o di servizio offerto
- Eventuale disponibilità di brevetti o licenze
- Tempi, modalità e costi per la completa messa a punto del prodotto/servizio

## 7. Piano di commercializzazione

COME VENDO?

- La politica di marketing (stabilire i principali concorrenti e prodotti concorrenti)
- Le scelte di prezzo
- Il piano di comunicazione (che pubblicità voglio fare e attraverso quali canali)
- I canali distributivi prescelti (quali sono i mercati di sbocco?)
- La rete di vendita (devo decidere a chi vendere, se aprire o meno dei negozi propri ecc.)
- Eventuali accordi di commercializzazione (si possono fare accordi con negozi che vogliono il prodotto in esclusiva ad esempio)
- Il sistema di distribuzione fisica (devo decidere dove venderlo e come organizzare la distribuzione)
- Prospettiva di esportazione (si vuole vendere solo in Italia o anche all'estero?)
- Previsioni di vendita e le diverse classi di prodotto (devo definire un trend di sviluppo, capire cosa riuscirò a fare sempre in relazione al mercato di riferimento; non si parla di numeri ma percentuali)
- Possibile evoluzione delle quote di mercato (voglio capire l'evoluzione che il mercato dovrebbe avere)
- Costi di commercializzazione

## 8. Patrimonio tecnico-industriale

CON COSA PRODUCO?

- Eventuali programmi di acquisizione brevetti, licenze, know-how ecc.
- Eventuali accordi a livello produttivo (lavoro conto terzi ad esempio)
- Scelta di make or buy (stabilisco cosa produco e cosa compro all'esterno)
- Struttura produttiva, punti di forza e capacità complessiva
- Tempi, modi e costi per il completo raggiungimento dell'assetto produttivo (devo capire quanto dura il transitorio e con quali costi)
- Il sistema qualità (riguarda il patrimonio tecnico industriale)

## 9. Proiezioni economico finanziarie

CHI MI FINANZIA?

- Costi economici previsionali (almeno 3 esercizi)
- Stati patrimoniali previsionali
- Flussi finanziari previsionali
- Visualizzazione dei principali indici di sviluppo, redditività, liquidità ecc.
- Analisi del punto di pareggio

## 10. Aspetti di un possibile intervento del destinatario del Business Plan

- Dettaglio di ciò che viene chiesto (entità, tempi, modalità ecc.)
- Dettaglio di ciò che viene offerto (garanzie, partecipazioni ecc.)

## 11. Allegati al Business Plan

- Curriculum dei componenti della compagnia imprenditoriale
- Descrizione dettagliata del prodotto (con disegni, grafici esplicativi, eventuali fac-simile relativi al prodotto della concorrenza)
- Schede tecniche del prodotto e del processo produttivo (con richiami alla normativa vigente nel settore)
- Dettaglio di eventuali test di mercato (interviste, lettere di intento, conferme di interesse, eventuali ordini già acquisiti)
- Schede di dettaglio delle proiezioni economico-finanziarie

## Studio di fattibilità

Si articola in

1. **PROGETTO TECNICO**
2. **PROGETTO ECONOMICO**
3. **PROGETTO FINANZIARIO**

Non sono indipendenti tra di loro. Il primo ad essere fatto è quello tecnico perché da esso derivano tutti i costi e i ricavi.

1. Per fare il progetto tecnico devo:

- |                            |        |   |
|----------------------------|--------|---|
| a) Stabilire cosa produrre | —————→ | Analisi di mercato                          |
| b) Quanto devo produrre    | —————→ | Metodi di formulazione delle previsioni     |
| c) Dove produrre           | —————→ | Studio ubicazionale                         |
| d) Quando produrre         | —————→ | Stagionalità della domanda e/o dell'offerta |
| e) Come produrre           | —————→ | Studio del layout                           |

Le c,d ed e sono delle scelte tecniche, di cui la d e la e già sono state trattate. Andiamo ad analizzare ora lo studio ubicazionale. Ci sono vari tipi di scelte da fare sull'ubicazione: una a livello regionale (in che punto "del globo" posizionare l'impresa) e una a livello locale (una volta scelto il paese su che suolo e in che punto posizionare l'impresa). Trattiamo la seconda:

### Principali fattori di scelta

Devo innanzitutto individuare esattamente il suolo su cui realizzare lo stabilimento industriale e poi agire su vari livelli. Essi sono:

- 1) Estensione del terreno
- 2) Condizione del terreno
- 3) Servitù e vincoli (ad esempio linee dell'ENEL ad alta tensione, canali, strade, servitù di passaggio ecc.)
- 4) Costi di impianto
- 5) Costi di esercizio (Se variano i costi di impianto variano anche quelli di esercizio: ammortamenti, manodopera, costo dell'energia ecc.)
- 6) Vicinanza al mercato (Dovrei mettermi nel baricentro del mercato di sbocco e acquisto il suolo considerando anche il peso che ha ogni mercato)
- 7) Tipologia delle materie prime:
  - Senza perdita di peso (acciaio ecc. ad esempio parto con 5 tonnellate e arrivo con 5t)
  - Con perdita di peso (sabbia: all'aumentare della distanza diminuisce il peso)
  - Disponibilità ovunque (qualsiasi posizione è indifferente)
- 8) Trasporti (tipologia e costo: inoltre il mezzo di trasporto può essere necessario o meno)
- 9) Vie di comunicazione (porto, autostrada, aeroporto, ferrovia ecc.)
- 10) Acqua (non acqua potabile ma industriale, che serve in grandi quantità: non è disponibile ovunque)
- 11) Energia elettrica e combustibili (se voglio corrente ad alta potenza e voglio anche affidabilità, magari devo posizionare l'impianto su una dorsale appenninica: ovviamente per grandi impianti)
- 12) Interventi pubblici
  - Edificabilità (lo stato spesso l'ha consentita per edificare le aree depresse d'Italia)
  - Agevolazione fiscale e finanziaria (finanziamenti a fondo perduto o a tasso agevolato: in quest'ultimo caso il tasso di interesse è molto inferiore alla media e lo stato copre la differenza)
- 13) Manodopera (se ho bisogno di molta manodopera e/o specializzata non posso scegliere un posto isolato)
- 14) Rifiuti e scarichi (In alcuni stati possono essere più rigidi sull'inquinamento, in altri meno)
- 15) Esposizione a venti (fumi, polveri, odori, rumori)
- 16) Aziende complementari o ausiliarie (conviene mettere l'azienda nelle vicinanze delle aziende dei fornitori)

## Relazione tra ubicazione e impianto

Ovviamente non riesco a trovare un posto che soddisfi contemporaneamente tutti e 16 i fattori precedenti. Allora devo stabilire l'ubicazione migliore secondo il metodo del punteggio. Confrontiamo, ad esempio, due soluzioni A e B (prima senza metodo del punteggio ma solo confrontando i costi):

Spese di investimento	A	B
Terreno	100.000.000	70.000.000
Fabbricati di impianti	840.000.000	790.000.000
Scavi	25.000.000	30.000.000
Livellamento	20.000.000	15.000.000
Palificazioni	75.000.000	25.000.000
Raccordo ferroviario	20.000.000	10.000.000
Raccordo stradale	8.000.000	Esistente
Approvvigionamenti acqua	10.000.000	10.000.000
<b>Totale</b>	<b>1.098.000.000</b>	<b>950.000.000</b>

L'impianto B costa di meno ma varrà la stessa cosa anche per i costi di esercizio? Infatti bisogna ricordare che l'ubicazione li influenza: da essa dipendono la distanza dai mercati di acquisto e vendita, la scelta dei mezzi di trasporto, i piani di carico/scarico e relative attrezzature. Vediamo nel caso in esame:

Costi annui di esercizio	A	B
Trasporti materie prime	77.000.000	76.000.000
Trasporti prodotti finiti	317.000.000	314.000.000
Manodopera	250.000.000	200.000.000
Energie	73.000.000	60.000.000
<b>Totale</b>	<b>717.000.000</b>	<b>650.000.000</b>

B è migliore anche per i costi di esercizio. Se succede questo siamo fortunati, spesso però uno è migliore in un caso, e il secondo in un altro, quindi bisogna fare uno studio di fattibilità. Analizziamo invece tre casi A, B e C con il metodo del punteggio. Bisogna assegnare un peso alla voce in base alla sua crucialità:

Fattori ubicazionali	Peso	Valutazioni			Punteggio		
		A	B	C	A	B	C
Manodopera	40	80	30	50	3200	1200	2000
Materie prime	25	40	95	70	1000	2375	1750
Mercato	15	50	70	70	750	1050	1050
Energia	10	40	80	60	400	800	600
Altri	10	90	25	40	900	250	400
<b>Totale</b>	<b>100</b>				<b>6250</b>	<b>5675</b>	<b>5800</b>

Quindi inizialmente bisogna individuare i parametri di rischio per la nostra azienda. Infatti tra tutti i parametri visti prima, nella tabella di sopra sono stati individuati come cruciali solo manodopera, materie prime, mercato, energia ed altri. Ad ogni parametro attribuisco un peso perché anche tra questi fattori, visti come fondamentali, ce ne saranno alcuni "più fondamentali" di altri. Spesso l'importanza la definisce stesso l'imprenditore che ha una certa idea imprenditoriale. Il peso è in porzioni di 100 (la loro somma è cento). Quindi se la manodopera in A viene valutata, ad esempio, 80, questo valore andrà moltiplicato per il suo peso (che è 40, infatti  $80 \times 40$  da 3200). In definitiva, nel caso in esame, la soluzione migliore è la A che ha dato il migliore punteggio finale, nonostante sia valutata in modo peggiore sul fattore materie prime. Questo metodo tuttavia richiede grossi sforzi di analisi per attribuire i giusti pesi ai fattori e le giuste valutazioni.

## Località

Cerchiamo di individuare le differenze in base alla località in cui si può posizionare la nostra impresa e i punti a favore di ogni tipo di località.

LOCALITÀ URBANE	LOCALITÀ SUBURBANE	LOCALITÀ DI CAMPAGNA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Necessità di manodopera numerosa e specializzata</b> (in città il tasso di istruzione è maggiore)</li> <li>• <b>Processi produttivi dipendenti da servizi cittadini</b> (Se o processi dipendono da servizi cittadini meglio non allontanarsi da questa)</li> <li>• <b>Necessità di rapporti continui con i fornitori</b> (Mi conviene stare vicino ai fornitori)</li> <li>• <b>Necessità di efficienti servizi di comunicazione</b> (Strade, autostrade, porti, aeroporti)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Impiego di manodopera poco specializzata</b></li> <li>• <b>Modeste imposte comunali e spese assicurative</b> (Le imposte sono mediamente più basse delle aree urbane come anche le spese assicurative)</li> <li>• <b>Disponibilità di manodopera residente vicino allo stabilimento</b></li> <li>• <b>Maggiore espandibilità dello stabilimento</b></li> <li>• <b>Vicinanza ad un centro metropolitano</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Necessità di molto spazio</b> (il terreno costa meno)</li> <li>• <b>Minimizzazione dei carichi fiscali</b></li> <li>• <b>Impiego di manodopera comune</b></li> <li>• <b>Minimizzare il costo di lavoro</b></li> <li>• <b>Esistenza di processi potenzialmente pericolosi</b> (Per ridurre il rischio realizzo l'impresa in una zona poco abitata in modo da ridurre i danni nel caso di incidente)</li> </ul>

## Progetto Tecnico

Torniamo allo studio di fattibilità e analizziamo il suo primo punto. Infatti fatto lo studio di ubicazione, bisogna fare il dimensionamento tecnico dell'impianto per arrivare a determinare i suoi costi (ossia le risorse di cui ho bisogno). In ordine (cronologico, sempre se si decida di costruire l'impianto) i costi da stimare sono:

**ACQUISTO DEL SUOLO** (come prima cosa devo acquistare il suolo, il cui prezzo dipende dal luogo e dai m<sup>2</sup> che decido di comprare)

### SISTEMAZIONE DEL TERRENO

- Indagini geognostiche
- Movimenti di terra (se il terreno è pianeggiante non devo farlo)
- Muri di contenimento

**OPERE MURARIE** (vengono classificate così tutte le opere necessarie alle persone)

#### A) Fabbricati industriali

- Reparti produttivi
- Reparti ausiliari
- Magazzini
- Centrali impianti di servizio

#### B) Fabbricati per servizi sociali

- Spogliatoi
- Servizi igienico-sanitari
- Infermeria
- Mensa
- Locali di riunione per dipendenti
- Abitazioni per dipendenti

#### C) Fabbricati per uffici

- Uffici direzionali
- Uffici amministrativi
- Uffici tecnici
- Uffici commerciali

Ci sono norme da rispettare per il numero di servizi igienici, spogliatoi, ecc. Il loro numero dipende dal numero di persone che sono lavorano nell'impianto. Anche la mensa va dimensionata in base alle persone che usufruiscono del servizio.



**D) Fabbricati minori e costruzioni leggere**

- Portineria di stabilimento
- Tettoie per depositi
- Pensiline di copertura

Non posso conservare tutto all'interno dell'impianto come, ad esempio, materiali infiammabili, che si conservano coprendoli con tettoie

**E) Opere speciali interne ai fabbricati**

- Opere di sostegno macchinari
- Fosse, sottopassi, cunicoli
- Blindature, coibentazioni
- Insonorizzazioni, serramenti speciali
- Opere murarie di complemento per gli impianti ausiliari

**F) Opere ordinarie di sistemazione esterna**

- Opere di viabilità (veicolare e pedonale)
- Sistemazioni "a verde"
- Cancelli di accesso e recinzioni ausiliarie (generali di stabilimento)

**G) Opere speciali esterne ai fabbricati**

- Tronco ferroviario di raccordo
- Pavimentazioni speciali per aree di deposito all'aperto
- Pianali per operazioni di carico e scarico
- Sottopassi di collegamento, fosse, cunicoli
- Serbatoi interrati
- Vasche in muratura
- Opere speciali di protezione antinfortunistica
- Sistemazione di aree ad uso ricreativo
- Recinzione di aree ad accesso condizionato

**H) Impianti ausiliari generali**

**a) Impianti elettrici**

- Illuminazione interna ai fabbricati
- Illuminazione di aree esterne
- Illuminazione di emergenza
- Sistemi di rivelazione fumi e segnalazioni antincendio
- Impianti antifulmine
- Altri

**b) Impianti idrici**

- Rete di alimentazione acqua potabile
- Rete di alimentazione acqua fredda e calda per usi igienico-sanitari

**c) Reti fognarie**

- Acque meteoriche (acque per cause naturali: pioggia, neve, grandine ecc.)
- Acque nere
- Acque industriali

**d) Impianti di ventilazione e climatizzazione** (Se servono alle persone vanno nelle opere murarie, se invece servono alle macchine non vanno nelle opere murarie ma nella voce macchinari)

**e) Montacarichi a cabina per il trasporto di persone**

## MACCHINARI, IMPIANTI e ATTREZZATURE

- Macchine e attrezzature per reparti produttivi
- Macchine e attrezzature per reparti ausiliari
- Impianti e macchine per movimentazione interna dei materiali
- Impianti e macchine di pesatura arredi tecnici per reparti produttivi ausiliari
- Arredi tecnici e contenitori per stoccaggio materiali (ad es. scaffalature, anche mobili)
- Macchine e apparecchiature per servizi generali di stabilimento
- Opere antinfortunistiche, attrezzature e dispositivi di protezione e sicurezza
- Macchine, attrezzature e arredi per servizi sociali
- Macchine, attrezzature e arredi per uffici
- Mezzi di trasporto: autovetture, autoveicoli commerciali, autoveicoli industriali
- Attrezzature mobili (per impieghi all'esterno dello stabilimento)

## IMPIANTI ANTINQUINAMENTO

- Impianti, apparecchiature e dispositivi per la protezione degli ambienti di lavoro
- Mezzi per smaltimento residui solidi
- Impianti di depurazione effluenti gassosi
- Impianti di depurazione scarichi liquidi

## IMPIANTI AUSILIARI SPECIFICI

### a) Impianti elettrici

- Quadro generale BT (bassa tensione), quadri secondari di distribuzione, rete di distribuzione

### b) Impianti di produzione e/o reti di

- Distribuzione fluidi per usi industriali
- Produzione e distribuzione di vapore
- Produzione e distribuzione di freddo
- Produzione e distribuzione aria compressa
- Stoccaggio e distribuzione altri fluidi tecnologici
- Distribuzione combustibile

### c) Impianti di idro-termoregolazione per locali a speciale destinazione industriale

### d) Impiantistica antincendio (a livello industriale l'impianto serve per le macchine, maggiore è il carico d'incendio, ossia i kg di legna equivalenti, maggiori devono essere le misure di sicurezza degli impianti antincendio. Le persone non vengono considerate perché mobili, cioè possono scappare)

**INFRASTRUTTURE SPECIFICHE** (tutte le opere che collegano le reti interne alle reti esterne, oppure utili a surrogare alle reti esterne)

### a) Allacciamenti

- Rete stradale
- Rete elettrica
- Rete idrica
- Rete telefonica
- Rete ferroviaria
- Rete metanifera
- Recapito finale acque reflue (di scarico, come quelle delle docce, quindi utilizzate)

### b) Impianto per cabina elettrica di trasformazione

### c) Impianto per cabina di decompressione del metano

**d) Fonti idriche supplementari**

- Pozzi e relativi impianti di sollevamento
- Serbatoio piezometrico (torre alta con serbatoio in cima)
- Attingimento da corsi d'acqua

**e) Gruppo elettrogeno di emergenza** (come detto in precedenza a differenza dei gruppi di continuità, o anche detti batterie tampone, il gruppo elettrogeno ha tempi di avviamento maggiori ma ha capacità di durata molto più elevata e quindi riesce a sopprimere alla mancanza di corrente elettrica)

**ALTRI COSTI D'IMPIANTO**

- Indagini di mercato
- Studio di fattibilità e progetto di massima
- Progettazione esecutiva delle opere civili ed impiantistiche
- Direzione lavori
- Prestazioni notarili
- Consulenze legali e amministrative
- Acquisti brevetti e licenze
- Oneri accessori alle spese di acquisti macchine e attrezzature:
  - Imballi, trasporti, assicurazioni
  - Montaggi o collocamenti in sito
  - Collaudi e assistenza tecnica
  - Addestramento personale di produzione e manutenzione
  - Produzioni sperimentali

**Progetto economico**

Serve a valutare i verosimili ricavi e costi di esercizio e determinare, quindi, se nel transitorio e a regime avrò o meno degli utili. Si effettua prima un

**Conto economico di previsione:**

È composto da poche voci perché ci interessa solo capire gli ordini di grandezza dei costi di esercizio. Infatti ricordiamo che lo studio di fattibilità è più un decidere: “lo faccio o non lo faccio l'impianto? Mi conviene o non mi conviene?” quindi è uno studio preventivo e non serve andare troppo nello specifico.

In questo conto economico devo valutare i costi e i ricavi: questi ultimi saranno sempre stime fatte valutando il prezzo unitario di vendita e le quantità vendute in base a delle previsioni sulle quantità prodotte e sulle vendite (in base al mercato di quel settore). Dopo aver valutato i ricavi bisogna valutare i costi. Per essi bisogna valutare:

- Materie prime e secondarie
- Energia e carburante
- Costi di ammortamento
- Costi del personale

I costi dei macchinari sono già nel progetto tecnico, qui voglio valutare solo gli utili di un esercizio

Valutati questi si può dire di aver valutato almeno l'80-85% dei costi industriali, cioè di produzione. Una volta stabiliti ricavi e costi si può ottenere l'utile:

$$\text{Ricavi} - \text{costi industriali} = \text{Reddito lordo sulle vendite}$$

Se è negativo devo fermarmi e rivedere la configurazione dell'impianto. Adesso prendiamo in considerazione altri costi che rientrano nelle *spese generali*. Di queste spese fanno parte:

Costi commerciali: Questi costi nascono dal fatto che una volta creati i prodotti bisogna sempre venderli, e questo genera altri costi. Potremmo avere bisogno di dipendenti non fissi, quindi su commissione. Dobbiamo

inoltre stabilire il tipo e numero di clienti potenziali a cui vendere il prodotto e stabilire un mercato di vendita. Bisogna decidere se rilasciare la commercializzazione del prodotto ad altre aziende o vendere noi direttamente all'utente finale, aprendo quindi negozi con personale e altri costi. Da ciò si capisce che l'organizzazione delle strutture commerciali e quindi i costi commerciali, variano molto con il variare del tipo di vendita scelto.

Costi di amministrazione: Ci vuole del personale amministrativo (specializzato) che si occupi di tutta una serie di attività: acquisti, pagamenti, ordini, incassi, rapporti con i fornitori e acquirenti, banche ecc.

La somma di costi amministrativi e costi commerciali danno le *spese generali*. Allora si sottrae ancora:

$$\text{Reddito lordo sulle vendite} - \text{spese generali} = \text{Reddito lordo di esercizio}$$

Ancora una volta, se negativo, abbiamo sbagliato qualcosa e dobbiamo rivedere qualche decisione. Tuttavia bisogna sottrarre ancora altri costi: essi sono

Oneri finanziari: Si hanno o per crediti finanziari (detti "fidi" se a crediti finanziari a breve termine) oppure per mutui (crediti commerciali a lungo termine). Sono costi che si pagano alla banca quando si va in passivo. N.B. Gli interessi sui crediti finanziari a breve termine sono più alti di quelli a lungo termine perché per i secondi la banca pretende garanzie maggiori. La loro controparte (ricavi) sono i proventi finanziari: interessi sugli attivi che si hanno quando si ha un bilancio positivo. Li paga banca e sono sempre minori di quelli che si pagano alla banca per fidi e/o mutui.

In conclusione:

$$\text{Reddito lordo di esercizio} - \text{oneri finanziari} = \text{Reddito imponibile}$$

Sul reddito imponibile poi si andranno a pagare le imposte (tasse), e bisogna fare una previsione anche di quelle. Ciò che rimane sono gli utili previsti.

## Progetto finanziario

Esso è costituito da due parti:

### (1) Valutazione del fabbisogno finanziario

#### (2) Valutazione delle fonti di copertura

**(1) Fabbisogno finanziario**: è dato da: costi di impianto (non è detto sia la voce più elevata); costi + capitale circolante, ossia il capitale di esercizio (sono le scorte di materie prime, semilavorati e prodotti finiti + capitale circolante).

**a) Materie prime**: per quanto tempo devo considerare i costi delle materie prime? O meglio, devo avere scorte di materie prime per quanto tempo? Dipende da cosa produco, dal deterioramento, dall'obsolescenza, da quanti pezzi produco, da dove sono i fornitori e dai tempi di consegna di questi. In funzione di questi dati si dimensiona il magazzino di produzione per un tot di giorni (ad esempio 1 mese di produzione). Una volta stabilito questo, devo stabilire quanto valgono i costi delle materie prime per quel periodo: questo valore lo prendo dal conto economico, dove sono scritti i costi delle materie prime per un anno, e calcolo quello dei giorni che mi servono. Fatto questo abbiamo calcolato il fabbisogno finanziario per le materie prime.

**b) Semilavorati**: il fabbisogno finanziario per i semilavorati si calcola così: dobbiamo calcolare il tempo di riferimento e i costi come nel caso precedente. Il tempo però questa volta è legato al LEAD TIME quindi al tempo del processo produttivo. Quali sono i costi da prendere in considerazione? Per un'azienda già esistente potrei vedere analiticamente i costi dei semilavorati, ma per un'azienda che ancora non esiste faccio un'ipotesi semplificativa dicendo che il passaggio da materie prime a prodotto finito sia lineare. In questo modo semplifico il calcolo dei costi perché suppongo lineare l'aumento del loro valore. Quindi il procedimento è: 100% costo delle materie prime + 50% del costo del personale e spese energetiche (ovviamente senza mettere gli ammortamenti). Tutto questo per 365 giorni diviso il LEAD TIME. Il 50% nasce dall'ipotesi di linearità del valore lungo la linea di produzione quindi la media è 0,5.

- c) **Prodotti finiti:** Il discorso è analogo: per quanto tempo posso tenere i prodotti finiti a magazzino? Dipende dal deterioramento, obsolescenza, distanza di consegna, tempi di consegna, tempo di produzione ecc. Per quanto riguarda i costi, essi sono: 100% (costi) materie prime + 100% semilavorati + 100% di personale e spese energetiche. Quindi l'immobilizzo dei prodotti finiti è superiore a quello dei semilavorati! (è ovvio che mi costa di più "tenere ferme" i prodotti finiti).
- d) **Capitale circolante:** Serve a far fronte a tutti i fabbisogni finanziari che ho quando prendo un ordine da un cliente fino a quando incasso i soldi da esso. Il tempo è dato da LEAD TIME + Dilazioni di Pagamento (il tempo che il creditore concede al debitore aggiornando la data di pagamento a una nuova scadenza). I Costi sono:
- costi industriali (meno ammortamento) + spese amministrative + spese commerciali (se sono a stipendio mentre se sono a commissione non si mettono) + costo impianto + (costo)scorte materie prime + scorte semilavorati + scorte prodotti finiti = **FABBISOGNO FINANZIARIO***

**N.B.** Molti di questi costi aumentano con il volume di produzione quindi non sono costi iniziali, ossia che si hanno solo all'avviamento. Per questo se un'azienda cresce troppo in fretta può fallire anche se ha un grande utile: perché aumentano i fabbisogni finanziari dell'azienda.

- (2) **Fonti di copertura:** Una volta stabilito il fabbisogno finanziario, dobbiamo individuare le fonti di copertura, che rispondono alla domanda: dove stanno questi soldi? Chi li mette?
- a) **Capitale sociale**
  - b) **Prestiti da soci** (non sono un capitale di rischio)
  - c) **Prestiti da banche e/o stato**
  - d) **Emissioni di obbligazioni**
  - e) **Prestiti da fornitori** (dilazioni di pagamento dei fornitori)

Devo avere fonti di copertura superiori (o uguali) ai fabbisogni finanziari: se le fonti di copertura sono minori dei fabbisogni finanziari devo intervenire su questi ultimi al fine di ridurli.

**Conclusioni studio di fattibilità:** Lo studio di fattibilità fa solo delle stime, quindi non ci dà la certezza che tutto andrà bene: elimina il rischio ma non lo elimina mai.

# I magazzini

## I magazzini industriali

---

### Scopo dei magazzini

Essi sono, in sostanza, dei locali recintati in cui entrano ed escono dei materiali (nei quali possono essere anche depositati). Questa definizione è utile a far capire che non si deve pensare al magazzino come qualcosa di statico! Intorno ad esso si realizzano dei movimenti commerciali (ci sono delle bolle di entrata ed uscita). Non pensare a queste cose può portare ad errori. I suoi principali scopi sono:

- **Conservare i materiali** (siano essi materie prime, semilavorati, prodotti finiti o ausiliari)
- **Assicurare la disponibilità di materie prime alla produzione e prodotti finiti alla vendita** (garantendo la continuità del processo produttivo e delle consegne)
- **Consentire una disposizione razionale del materiale** (per ridurre al minimo lo spazio occupato, quindi i suoi costi, e consentire facili controlli e maneggi)

Quindi si può dedurre che i magazzini hanno grande importanza per 3 motivi:

- 1) **Rappresentano un peso economico importante:** Infatti tenere troppi materiali immagazzinati significa spendere senza avere un utile! La cosa peggiora se i materiali sono anche deteriorabili, o comunque, (quasi sempre) soggetti a deprezzamento per obsolescenza. Non dimentichiamo che (almeno per un Job Shop) in percentuale rispetto al tempo totale di attraversamento, il tempo di lavorazione è circa il 10-20% mentre il tempo di attesa materiali circa 80-90% (quasi tutto il tempo). Occorre dunque limitare le scorte.
- 2) **Richiedono notevole spazio:** Se si pensa che per ogni  $m^2$  (ma anche  $m^3$ ) occupato l'impresa sostiene un costo in più non solo per la struttura, ma anche per illuminazione, riscaldamento e ammortamenti senza ricavarne un utile, si intuisce che bisogna ridurre l'area e il volume occupato dalle scorte (nonché proprio le aree dell'impianto adibite a magazzino). Convienne un magazzino molto alto o ad elevata superficie? Dipende: a parità di cubatura, al crescere dell'altezza, risparmio sul costo delle opere murarie (che pago per  $m^2$ ) ma aumenta il costo per il trasporto, perché per raggiungere altezze notevoli ho bisogno di mezzi automatizzati di movimentazione.
- 3) **Devono rispondere ad esigenze e funzionalità:** il magazzino è strettamente connesso ai reparti produttivi. Sia che le materie prime debbano essere portati ai reparti produttivi, sia che i prodotti finiti debbano essere immagazzinati, occorre ottimizzare i flussi dei materiali o, per lo meno, non rallentarli.

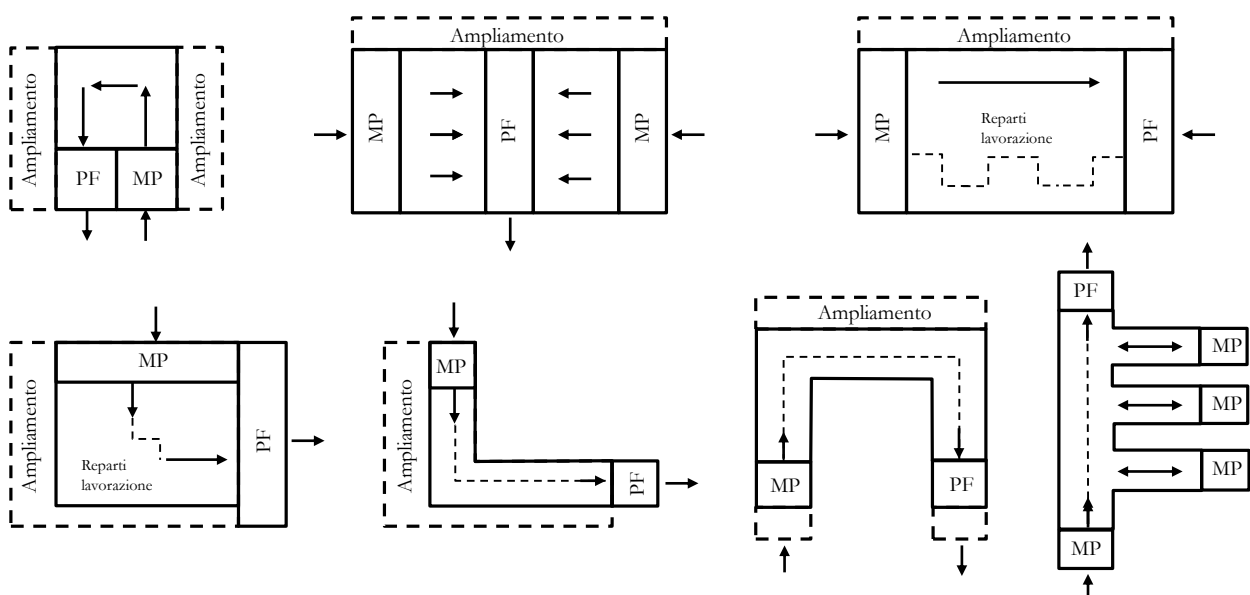
In genere vi sono magazzini per materie prime, semilavorati o prodotti finiti. I primi sono necessari nel caso di eventuali problemi con le consegne dei fornitori, e quindi assicurano che la produzione continui. I secondi sono una sorta di polmoni fra le successive lavorazioni aventi tempi ciclo diversi. I terzi nascono perché usualmente, tra fine produzione e vendita intercorre sempre un intervallo di tempo o perché le consegne vengono effettuate in lotti di una certa quantità.

## Ubicazione

L'ubicazione e l'organizzazione devono facilitare il flusso di materiale nel complesso. Vi sono vari tipi di organizzazione:

- Magazzino di testa (magazzino materie prime all'inizio dell'impianto)
- Magazzino di coda (magazzino prodotti finiti alla fine della linea di produzione)
- Magazzino intermedio (magazzini vicini alle aree di utilizzazione)

I magazzini possono avere diversi tipi di configurazioni (layout) anche in funzione della forma e della tipologia dell'impianto (spazio viene lasciato per ampliamenti futuri):



I casi in cui le materie prime (MP) sono lontane dai prodotti finiti (PF) sono, spesso, quelli in cui non possono entrare in contatto. L'ultimo caso invece è con linee di produzione secondarie che servono la primaria.

## Indici caratteristici dei magazzini:

Per rendere lo studio dei magazzini più analitico vengono introdotti degli indici:

- a) **Larghezza dei corridoi:** In genere la distanza tra gli scaffali. Essa dipende dai mezzi di movimentazione utilizzati.
- b) **Indice di utilizzazione superficiale:** è definito come il rapporto tra la superficie del magazzino effettivamente utilizzata, e quella totale del magazzino:

$$I_s = \frac{A_u}{A_t} \quad I_s < 1$$

Dà un'idea del grado di sfruttamento del piano di pavimento. Ad esempio, in un'aula universitaria in  $A_u$  andremo ad inserire la superficie occupata da banchi e sedie, mentre l'area totale è quella di tutta la pavimentazione. Questo ci fa capire quanto spazio è percorribile dagli studenti.

- c) **Indice di utilizzazione volumetrica:** è il rapporto tra il volume occupato dai materiali ed il volume totale del locale magazzino:

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

Gli indici b) e c) danno un'idea dello spazio sfruttato all'interno del magazzino e permettono di confrontare diverse soluzioni molto rapidamente.

- d) **Indice di selettività:** è il rapporto tra il numero di articoli che si possono prelevare o depositare a magazzino senza spostare altri articoli, ed il numero totale degli articoli immagazzinati. Ovviamente sarà 1 quando tutti gli articoli possono essere spostati senza dover movimentare gli altri. Aumentare l'indice significa aumentare lo spazio necessario, quindi è più difficile studiare il layout ottimale.
- e) **Indice di rotazione dei materiali (relativo a un dato periodo di tempo):** è il rapporto tra materiale in uscita e giacenza media. Può essere calcolato in quantità fisiche, in modo da dare un'idea della velocità di sostituzione delle scorte, o a valore, per fornire la velocità di rotazione del capitale investito.
- f) **Indice di manodopera:** rapporto tra le tonnellate arrivate a magazzino o spedite dallo stesso (in un dato periodo di tempo) ed il numero di ore lavorative degli operai addetti al magazzino nello stesso periodo di tempo.
- g) **Indice di potenza:** rapporto tra le tonnellate arrivate o spedite e la potenza elettrica installata nel magazzino, oppure i kWh consumati nello stesso periodo di tempo.

## Modalità di immagazzinamento

Dipendono innanzitutto dalle caratteristiche dei materiali. Iniziamo con l'elencare le modalità di immagazzinamento tipiche dei materiali che più frequentemente devono essere sistemate nei magazzini industriali. La scelta della modalità dipende da fattori tecnici (caratteristiche del materiale, frequenza e entità dei prelievi, esigenze di sicurezza e di igiene) e da fattori economici (immobilizzi di capitale e eventuale perdita di valore dei beni immagazzinati). In base alla modalità possono essere utilizzati o meno macchinari automatizzati, o che necessitano dell'intervento umano.

- **Magazzino manuale:** Necessita dell'intervento di un operatore che segue il materiale fino alla cella di deposito. L'operatore tuttavia può servirsi di una macchina, ma è lui a guidarla.
- **Magazzino meccanizzato:** il sistema di immagazzinamento è automatizzato e la movimentazione è affidata a un computer (abbiamo bisogno di una sola persona per gestire l'intero magazzino).
- **Magazzino autoportante:** La scaffalatura ha anche la funzione di elemento portante del fabbricato. In genere si parla di altezze di almeno 8-12 metri.

Le varie modalità di immagazzinamento, divise in base al tipo di materiale che deve essere immagazzinato, sono:



- a) **Unità di carico:** può essere stoccato mediante 1. Sovrapposizione diretta delle unità stesse 2. Mediante scaffali di vari tipi e caratteristiche. Elenchiamo alcuni tipi di scaffalature.

N.B. In genere l'altezza dello scaffale dipende dal sistema di movimentazione dei materiali (vedere immagine). Ovviamente se non ci si serve di macchine, l'altezza deve essere vicina a quella raggiungibile da una persona (2-2,5 m).

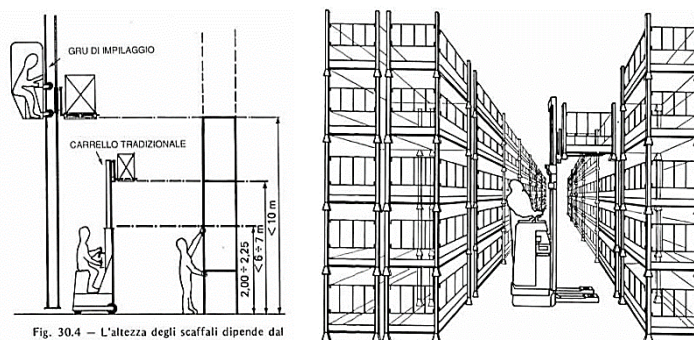
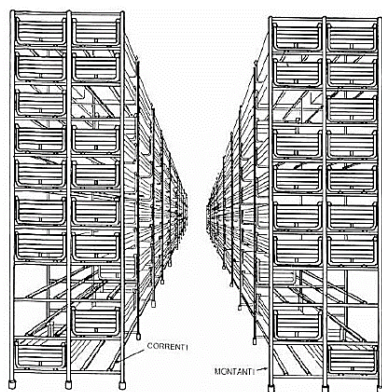
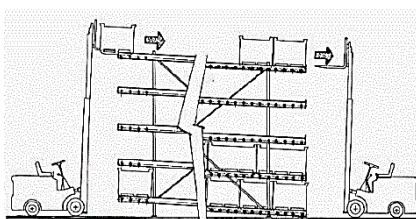


Fig. 30.4 - L'altezza degli scaffali dipende dal sistema di carico e scarico dei materiali.

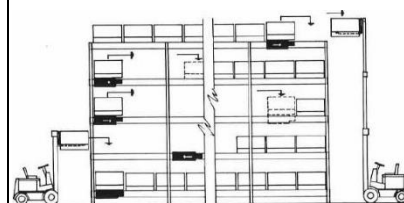
**Scaffale di tipo tradizionale:** (può essere su più piani come l'immagine e con ogni fronte che si affaccia su un corridoio di servizio). La larghezza dipende dal mezzo di trasporto.



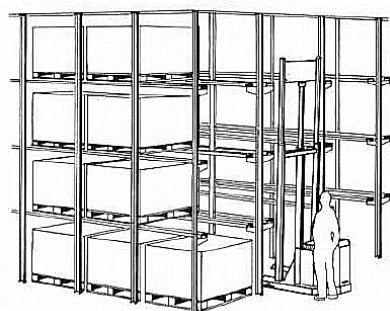
**Scaffale a gravità:** consente il carico dei materiali da immagazzinare da una parte e il successivo prelievo dall'altra. Quando si libera un posto, l'unità successiva scorre su dei rulli disposti in pendenza (sovente dotati di freni). Si ha il vantaggio di non dover movimentare i materiali ma solo caricarli e scaricarli. Vantaggi di movimentazione a causa della separazione di zona di carico e scarico.



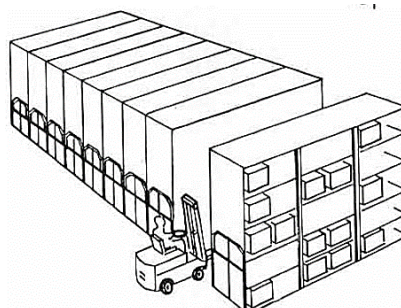
**Scaffale con avanzamento motorizzato e per corsie:** (variante di quello a gravità). Le unità in questo caso, non avanzano per gravità ma per mezzo di un carrello motorizzato, quindi i ripiani non sono inclinati. Appena si libera la postazione di prelievo, il carrello fa avanzare di un passo tutte le unità di carico.



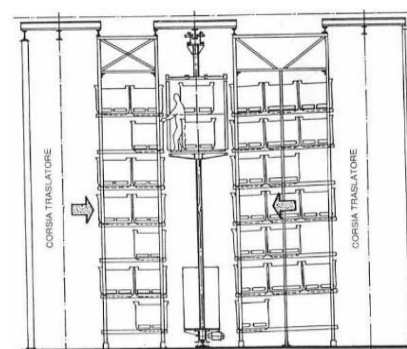
**Scaffale passante (drive in):** Consente l'accesso alle unità da più fronti. Utile nel caso di materiali non sovrapponibili. I corridoi sono in numero ridotto: ci sono problemi di movimentazione ma consente di raggiungere elevati indici di utilizzazione.



**Scaffale ad elementi mobili trasversalmente (scaffale compactus):** Gli scaffali si muovono su binari (spesso motorizzati) in modo da creare un corridoio per effettuare depositi o prelievi con i mezzi. Vi è lentezza nei prelievi ma elevato indice di utilizzazione.



**Alti scaffali:** Superano le altezze raggiungibili con gli altri tipi di scaffali (possono superare i 20-30 metri) e spesso supportano le strutture di copertura del fabbricato. I mezzi di trasporto da impiegare sono i traslatori.



- b) **Colli<sup>1</sup> e materiali vari:** Prodotti che non possono essere considerati come materiali alla rinfusa e che non possono essere raggruppati in unità di carico a causa di: varietà e natura dei prodotti, forma e peso degli stessi, modalità e frequenza delle movimentazioni. In questo caso i materiali all'interno dei contenitori possono essere spesso travasati. I contenitori possono essere metallici o in materiali plastici. Le tipologie di scaffali sono le stesse del punto a). <sup>1</sup>Colli: (sacchi, pacchi, scatole di cartone ecc.).





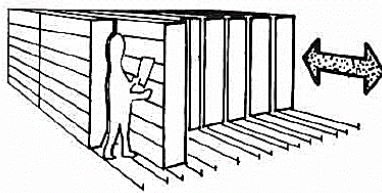


Fig. 30.16 — Scaffali ad elementi mobili longitudinalmente.

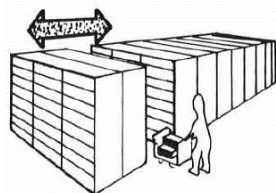


Fig. 30.17 — Scaffali ad elementi mobili trasversalmente.



Fig. 30.18 — Scaffali rotanti.

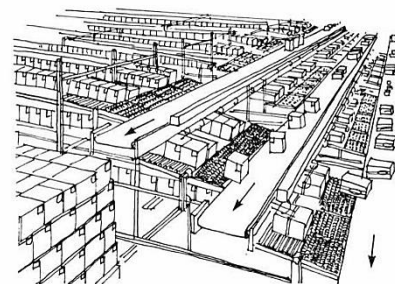


Fig. 30.21 — Magazzino automatizzato per prodotti finiti confezionati in scatole di cartone.

c) **Prodotti speciali:** materiali che per la loro forma, dimensioni o il loro peso determinano particolari problemi di immagazzinamento (profilati, tubi, barre, lamiere, bobine). Quando possibile si ricorre a sistemi di depositi all'aperto. Il discorso cambia se si deve movimentare il singolo elemento (1 barra) o più elementi in fasci. Nel primo caso si può utilizzare l'intervento umano (se inferiori a 3m di lunghezza altrimenti aiutato o meno da macchinari in base al peso e alla forma dell'elemento). Nel secondo caso siamo in presenza di vere e proprie unità di carico ma di forma particolare.

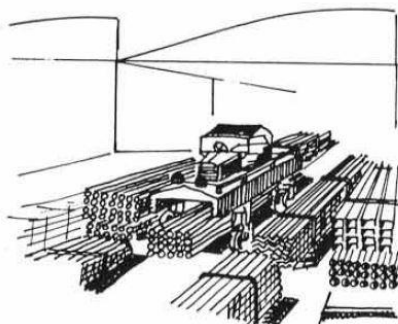


Fig. 30.23 — Deposito di tubi e profilati movimentati da un carrello a portale.

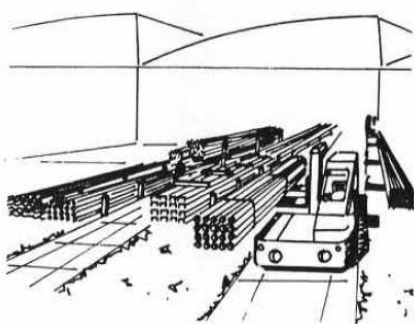


Fig. 30.24 — Deposito di tubi e profilati movimentati da un carrello a forche laterali.

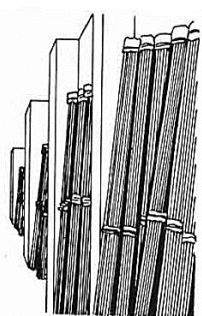


Fig. 30.25 — Immagazzinamento di barre di lunghezza inferiore a 3 m, disposte verticalmente.

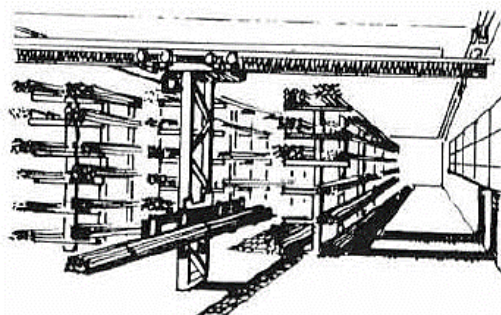


Fig. 30.28 — Immagazzinamento di barre su rastrelliere servite da gru di impilaggio.

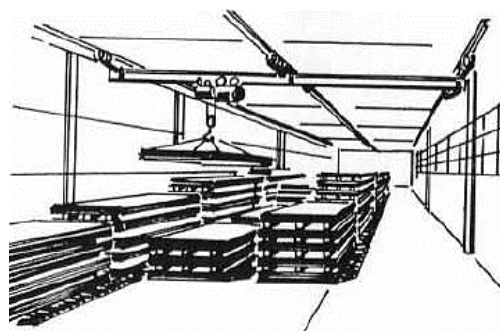


Fig. 30.33 — Pacchi di lamiere sovrapposti, con interposizione di distanziali.

d) **Materiali alla rinfusa:** vengono immagazzinati in mucchi, in tramogge, in sili o in contenitori. Generalmente si utilizzano, per l'immagazzinamento, autocarri, carri ferroviari a tramoggia o automezzi con pala, pale meccaniche, lanciaterza e escavatori a cucchiaia. Le tramogge possono raggiungere anche centinaia di m cubi di capacità. Presentano pericolo di intasamenti, ponti o di vuoti.

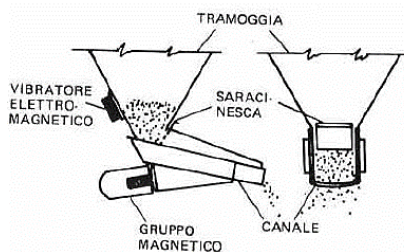


Fig. 30.53 — Vibratore elettromagnetico applicato sulla parete esterna di una tramoggia, la cui bocca di uscita è dotata di un estrattore vibrante.

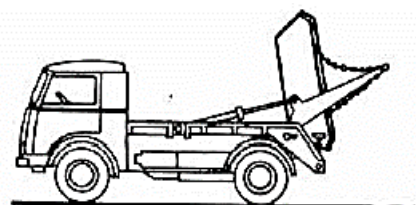


Fig. 30.45 — Autocarro dotato di cassone ribaltabile.

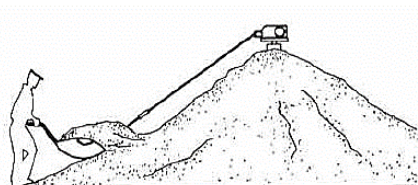


Fig. 30.50 — Accumulo di materiali polverulenti mediante pala meccanica.

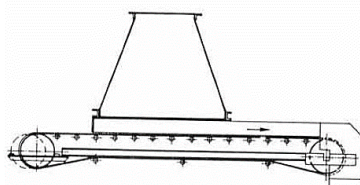


Fig. 30.52 — Tramoggia rovescia per facilitare la fuoriuscita del materiale.



Fig. 30.46 — Automezzo con pala.

- e) **Liquidi e gas:** Vengono immagazzinati in appositi serbatoi o ricorrendo a opportune confezioni. Si impiegano serbatoi cilindrici, sferici e così via per accumulare acqua, nafta, gas o altri fluidi. Per liquidi diversi si utilizzano fusti o latte metalliche o in materiali plastici. Sovente, soprattutto nel caso di fusti, si riescono a costituire delle unità di carico, immagazzinate secondo il punto a). La seconda immagine rappresenta fusti immagazzinati in scaffali a ripiani inclinati.



Fig. 30.59 – Sacchi contenenti materiali polverulenti disposti su una paletta.

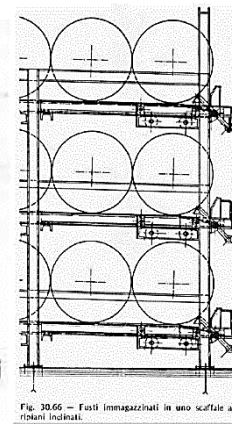


Fig. 30.66 – Fusti immagazzinati in uno scaffale a ripiani inclinati.

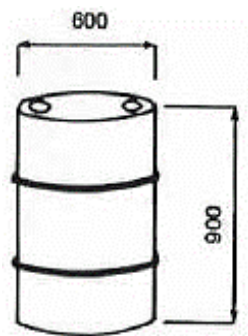


Fig. 30.63 – Fusto cilindrico metallico.

## Trasporti interni

### Obiettivi

- 1) Limitare i costi. Grazie a:
  - Un minor numero di movimentazioni e riprese dei materiali
  - Minori percorsi
  - Migliore sfruttamento dello spazio
  - Aumento della produttività (incidendo sui tempi)
- 2) Ridurre scarti e perdite
  - Limitando i danni durante i trasporti
  - Aumentando la possibilità di controllo dei materiali immagazzinati
- 3) Migliorare le condizioni di lavoro
  - Assicurare maggior sicurezza
  - Richiedere minore sforzo
- 4) Aumentare l'efficienza dell'azienda, attraverso:
  - Migliore organizzazione dei magazzini
  - Rotazione dei materiali ecc.

### Suggerimenti

- Impiegare trasportatori meccanizzati ovunque è possibile
- Verificare che il grado di utilizzazione del mezzo, che si vuole utilizzare, sia alto (si deve avere un alto grado di saturazione) anche se spesso siamo costretti ad avere mezzi poco saturati.
- Il movimento del materiale più facile è quello che sfrutta la gravità
- L'economia del trasporto aumenta con la grandezza del carico
- Il valore di un impianto di trasporto è direttamente proporzionato alla sua flessibilità (cioè la possibilità di destinarlo ad altri impieghi)
- Tenere in massima considerazione le condizioni ambientali per la sicurezza degli operai
- Ricercare elevati valori del rapporto tra carico utile e peso dei mezzi di trasporto.
- Ridurre al minimo riprese e movimentazioni del materiale
- La massima economia nel trasporto dei materiali, attraverso i reparti di lavorazione, si ottiene minimizzando le distanze da percorrere fra un'operazione e l'altra



## Regole

Elenchiamo una serie di regole qualitative per il dimensionamento di un sistema di trasporto.

- Ridurre le operazioni di carico e scarico, e ridurre al minimo i trasporti a magazzino e massimizzare i collegamenti diretti da macchina a macchina
- Per ridurre i costi di carico e scarico si dovrebbe cercare di predisporre i materiali in modo che i medesimi possano essere afferrati e rilasciati con semplicità (creando unità di carico ad esempio), oppure equipaggiare i mezzi con meccanismi che non richiedano l'opera di personale (oltre al guidatore del mezzo)
- Per ridurre i costi di spostamento (e di ritorno) si dovrebbero ridurre al minimo le distanze tra i punti di servizio e si dovrebbero evitare gli spostamenti a vuoto per quanto possibile
- Per ridurre i costi del ritorno (eventuale) si dovrebbero programmare gli spostamenti da punto a punto, in modo tale da ridurre al minimo gli spostamenti a vuoto

## Fasi del trasporto

Le fasi sono di immediata intuizione. La fase 4 è sicuramente presente quando abbiamo un elevato numero di unità di carico. Può essere assente quando si utilizza il mezzo occasionalmente (come un muletto che uso solo se necessario e per un solo pezzo poi lo lascio dove capita) e quindi il mezzo, in questo caso, spesso non è saturato.



## Caratteristiche dei mezzi di trasporto

**A) Capacità di trasporto:** Quantità di materiale che deve essere spostata da un punto all'altro in un certo tempo.

$$C = Q/T$$

In base a tale caratteristica distinguiamo:

- **Mezzi di trasporto continui o semicontinui:** Le attività 1-2-3-4 (fasi del paragrafo precedente) impegnano successivamente differenti parti del mezzo di trasporto e possono quindi verificarsi contemporaneamente (come in un nastro trasportatore). È il caso di materiali sciolti (sabbia, carbone, farina ecc.). In questo caso quindi l'unità minima fisicamente trasportata è data dalla dimensione minima del materiale trasportato (anche il singolo granello). Il caso di semicontinui invece è quello di materiali non sciolti ma unitarizzati (significa "riuniti in unità di carico". Ad esempio trasportatori a ganci). Qui l'unità minima fisicamente trasportata è il lotto. La capacità viene calcolata in questo modo:

$$C_c = C_i(\min) = Q_i(\min)/T$$

Vi è scritto min, perché potrebbe essere anche il singolo granello.

Siccome è continuo, la  $C_c$  (capacità dei mezzi continui) dipende dalla quantità immessa ( $Q_i$ ) al minuto.

- **Mezzi di trasporto discontinui:** Le attività 1-2-3-4 impegnano in modo successivo lo stesso mezzo di trasporto e non possono mai verificarsi contemporaneamente (ad esempio gru a ponte). Capacità:

$$C_D = \frac{Q}{T_1 + T_2 + T_3 + T_4}$$

**B) Zone servite:**

- **Per servizio di area:** Il mezzo può percorrere una qualunque traiettoria orizzontale compresa in una certa area, e può effettuare operazioni di carico e scarico (gru a ponte).

- **Per servizio di linee:** Il mezzo può percorrere traiettorie prestabilite, costituite da poche linee, rette o curve, e può effettuare operazioni di carico e scarico (gru monorotaia a gancio, vincolata dalla rotaia).
- **Per servizio di due o più punti localizzati:** Indipendentemente dalla traiettoria che può percorrere, il mezzo può essere caricato e scaricato solo in pochi punti attrezzati in modo idoneo.

**C) Spazi occupati:** Dipende dalla tipologia di unità di carico o, se non unitarizzati, dalla tipologia, dimensione e forma dell'elemento.

## Classificazione dei trasporti interni

Innumerevoli sono le classificazioni dei trasporti interni suggerite dai vari Autori. In questa sede, ci limitiamo ad accennare ad alcune fra le più ricorrenti in pratica:

1) A seconda del tipo di materiale da trasportare	<b>Solidi</b>	Possono essere sotto forma di unità di carico, di colli (sacchi, pacchi recipienti vari ecc.) o alla rinfusa (sabbie, terre ecc.)
	<b>Liquidi</b>	Acqua, olii ecc.
	<b>Gassosi</b>	Aria compressa, metano, azoto, ossigeno ecc.
2) In base al funzionamento	<b>Continuo</b>	Elevatori a tazze, trasportatori a nastro, a rulli, a tap-parelle, pneumatici, ecc..
	<b>Discontinuo</b>	Paranchi, carriponte, carrelli elevatori, AGV e così via.
3) In base al tipo di energia motrice	<b>Manuali</b>	Carrelli con traslazione a mano, convogliatori a rulli a spinta, scivoli, ecc..
	<b>Motorizzati</b>	Con motore elettrico, diesel, a benzina, ecc.. quali carriponte, carrelli a motore, trasportatori a catena, a nastro, pneumatici, autogru, trattori, ecc..
4) In base al tipo di movimento	<b>Sollevamento verticale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discontinui: paranchi e montacarichi</li> <li>• Continui: Elevatori a tazze, montacarichi pneumatici</li> </ul>
	<b>Trasporto orizzontale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discontinui: trasporti a rulli, carrelli a catena mossi a comando dell'operatore</li> <li>• Continui: trasportatori a rulli, a catene o a nastro e convogliatori</li> </ul>
	<b>Mezzi di sollevamento e trasporto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discontinui: paranchi, carriponte, gru, carrelli elevatori</li> <li>• Continui: Trasportatori a nastro, pneumatici o convogliatori</li> </ul>
	<b>Mezzi a movimento vibratorio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discontinui: a scosse o a canale oscillante (utili nel caso di intasamento di materiali sabbiosi).</li> <li>• Continui: piatti dosatori</li> </ul>
5) In base al tipo di comando	<b>Manovratore a bordo</b>	Carriponte, carrelli, gru.
	<b>Manovratore a terra</b>	Paranchi e carriponte con comandi a terra
	<b>Senza manovratore</b>	Convogliatori a catena e a nastro.
	<b>Automatici</b>	Paranchi o carrelli scorrevoli su monorotaia

## Caratteristiche dei materiali trasportati

- **Liquidi**

- **A temperatura ambiente:** Trasportati in condotte.
- **Fluidificati con acqua:** (ad esempio carbone+acqua diventa fluido) Trasportati in condotte.
- **Ad alta temperatura:** Trasporto in recipienti in materiale refrattario (siviere e carri)

I liquidi possono anche essere unitarizzati e trasportati su mezzi.

- **A pezzatura o sciolti:** a pezzatura si intende quei materiali ridotti in pezzi (tipo pietre, ciottoli caramelle).
- **In colli o unitarizzati**

### Unità di carico:

Si definisce *unità di carico* un raggruppamento di materiali disposto in modo tale da poter essere movimentato e trasportato mediante mezzi di trasporto meccanici. A titolo esemplificativo, si costituisce una unità di carico introducendo più pezzi in un contenitore (fig. 15.1); sovrapponendo scatole di cartone su una pedana di supporto (fig. 15.2); disponendo materiali in appositi raccoglitori (fig. 15.3) e così via. Oggetti di forma irregolare possono essere raggruppati in unità di carico ricorrendo a imballi o reggettature "ad hoc" (figg. 15.4 e 15.5).

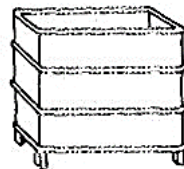


Fig. 15.1 -- Contenitore per pezzi alla rinfusa.

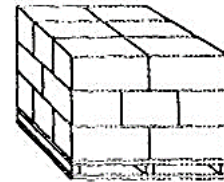


Fig. 15.2 -- Unità di carico costituita da scatole disposte su una paletta.

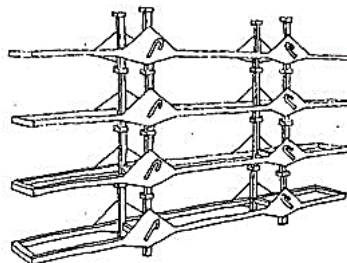


Fig. 15.3 -- Raccoglitori (sovrapponibili) per materiali lunghi.

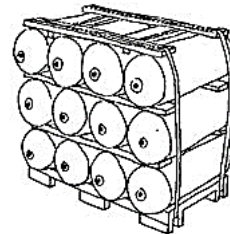


Fig. 15.4 -- Unità di carico costituita mediante due elementi in legno e reggettatura.

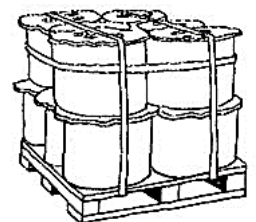


Fig. 15.5 -- Unità di carico costituita mediante una pedana di legno e reggettatura.

Di fondamentale importanza è che le unità di carico siano accatastabili le une sulle altre (per permettere una migliore utilizzazione dello spazio in altezza) e movimentabili con le forche di cui certi mezzi di trasporto (ad esempio, i carrelli elevatori) sono dotati: si suole correntemente dire che le unità di carico devono essere sovrapponibili e "forcolabili".

Una accurata scelta delle unità di carico da impiegare per i trasporti interni aziendali è condizione essenziale per una ottimizzazione di questi ultimi. Essa infatti contribuisce a ridurre al minimo:

- I costi di trasporto;
- Le riprese dei materiali;
- Lo spazio occorrente per l'immagazzinamento dei materiali;
- I tragitti in officina e nei magazzini, facilitando inoltre le operazioni di immagazzinamento e di scarico e carico dei mezzi di trasporto esterni allo stabilimento.

Definire una unità di carico significa individuare non il carico più elevato, ma quello ottimale in relazione a diversi fattori, quali le dimensioni di ingombro, la capacità portante dei mezzi di trasporto e così via. Ovviamente, la determinazione di tale carico ottimale deve procedere parallelamente alla scelta dei mezzi di trasporto e di immagazzinamento. Indicata con  $Q$  la quantità di materiali da trasportare (in peso o in volume o in numero di colli), con  $q$  il carico unitario (analogamente espresso in peso, volume o numero di colli) e con  $n$  il numero di viaggi necessari per effettuare il trasferimento di  $Q$  da un posto ad un altro, si ha:

$$Q = q \cdot n$$

Appare evidente l'interesse di aumentare  $q$ . Peraltro, aumentando  $q$  oltre un certo valore ottimale (variabile da caso a caso), la convenienza tende a diminuire: occorrono infatti mezzi di trasporto sempre più potenti (e quindi costosi), mentre altri vincoli provengono dalle dimensioni di porte, corridoi, ecc.; infine, se  $q$  è superiore al valore ottimale,  $n$  può discendere a valori per i quali il mezzo di trasporto non risulta più saturato. Considerazioni analoghe si possono fare per il parametro  $n$ . Si tratta dunque di determinare di volta in volta i valori di  $q$  e di  $n$  più convenienti.

La definizione delle caratteristiche dell'unità di carico deve anche tener conto, in tutti i casi in cui i materiali vengono immagazzinati, del sistema di immagazzinamento e delle quantità prelevate o depositate di volta in volta nel magazzino: è infatti evidente la convenienza di organizzare i depositi ed i prelievi dei materiali a magazzino per unità di carico intere, senza che si renda necessario un frazionamento delle stesse. Pertanto, in tali casi, la scelta dell'unità di carico più conveniente deve tener conto sia delle esigenze del trasporto sia di quelle dell'immagazzinamento: l'unità prescelta costituirà in sostanza un accorto e dosato equilibrio fra tali esigenze. In definitiva, tanto i mezzi di trasporto, quanto i sistemi di immagazzinamento e le caratteristiche stesse dei fabbricati dipendono direttamente dalle unità di carico adottate.

Naturalmente, le unità di carico devono essere quanto più possibile semplici ed economiche. Al limite, si sfruttano le caratteristiche di forma dei prodotti per costituire unità di carico senza l'impiego di palette, contenitori, ecc. (come nelle immagini di destra).

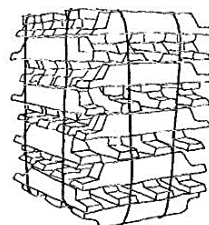


Fig. 15.6 — Unità di carico forcolabile costituita da lingotti di alluminio reggetta con un filo di acciaio: i lingotti di base sono disposti in modo da consentire l'introduzione delle forche.

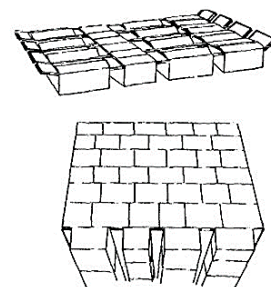


Fig. 15.7 — Unità di carico (forcolabile) costituita sagomando opportunamente un foglio di cartone.

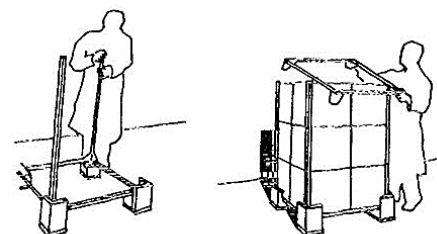


Fig. 15.8 — Formazione di un'unità di carico mediante quattro regoli di appoggio, montanti e traverse smontabili, nonché un quadrilatero di sicurezza superiore: l'unità viene infine regettata.

## Le palette

Le palette o pallet possono essere di legno, metallo, materie plastiche, cartone od altro materiale (si vedano, a titolo esemplificativo, le figure 15.9, 15.10 e 15.11). L'unità di carico costituita disponendo i materiali su palette, può risultare vantaggiosa nei reparti di lavorazione, per i trasporti interni, per l'immagazzinamento, per la spedizione dei prodotti finiti: tale convenienza è legata al risparmio che si ottiene riducendo le manipolazioni; risparmio che deve risultare superiore al costo derivante dall'adozione della palette<sup>5</sup>. Se la palettizzazione è estesa anche alla spedizione dei prodotti all'esterno dello stabilimento, il problema del ritorno dei vuoti può giocare un ruolo decisivo sulla convenienza o meno della palettizzazione stessa.

Le dimensioni delle palette sono unificate.

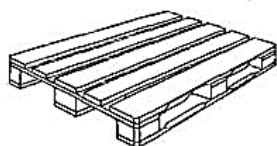


Fig. 15.9 — Paletta in legno.

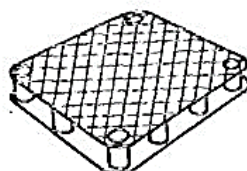


Fig. 15.10 — Paletta metallica.

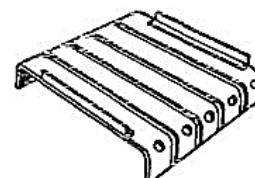


Fig. 15.11 — Paletta in lamiera.

<sup>5</sup> La formazione delle unità di carico su palette (palettizzazione) può richiedere tempi considerevoli, che, specie quando le unità di carico sono molte, incidono sul costo del sistema di trasporto e di immagazzinamento in modo notevole. Considerazioni analoghe si possono fare per la depalettizzazione delle unità di carico. Nelle aziende in cui il numero di unità di carico formate o "rotte" è elevato, si installano impianti specifici che presiedono alle operazioni di palettizzazione e depalettizzazione.