

# INTRODUZIONE AI SISTEMI PRODUTTIVI

# Le tipologie dei sistemi produttivi

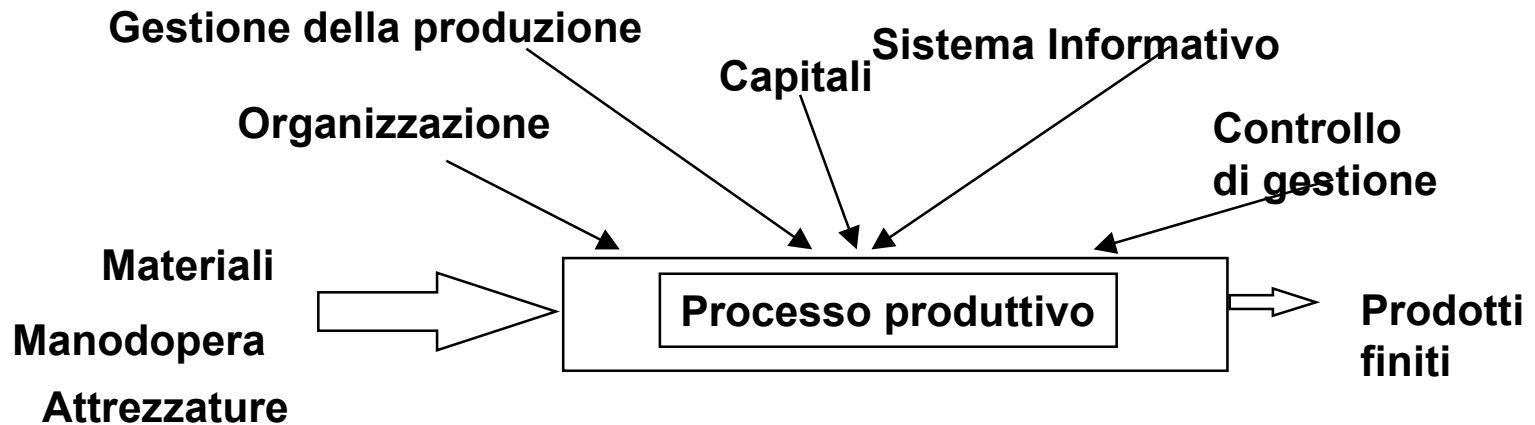
- Definizione di processo e sistema produttivo
- I profili di analisi dei sistemi produttivi
- Lo schema generale delle tipologie di sistema produttivo

# Definizione di processo produttivo

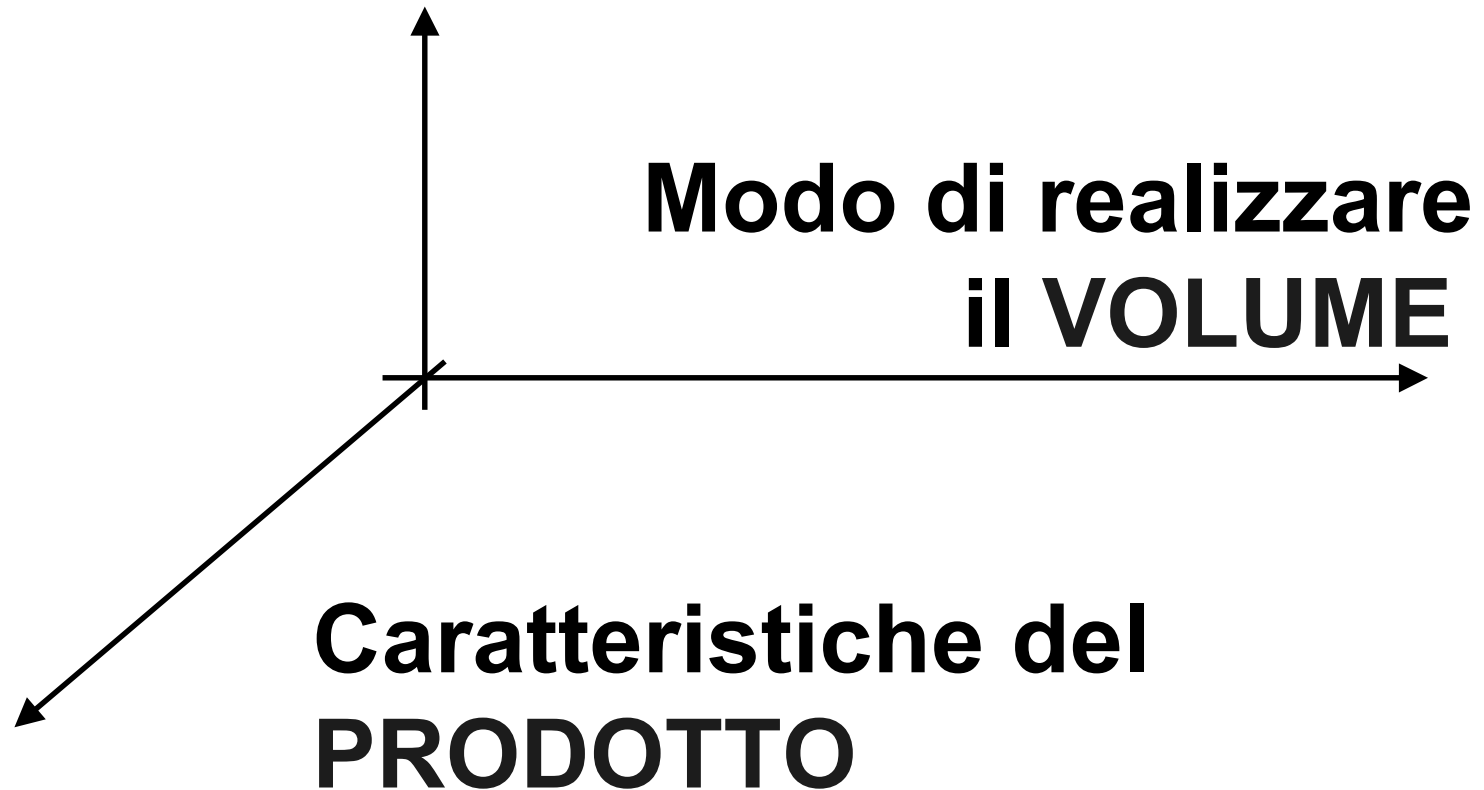
- Per processo produttivo si intende la: TRASFORMAZIONE di materiali in prodotti (beni economici) che avviene all'interno di un impianto industriale...
- ...la TRASFORMAZIONE avviene grazie a scambi di energia che comportano cambiamenti nelle caratteristiche fisiche o chimiche dei materiali stessi.

# Definizione di sistema produttivo

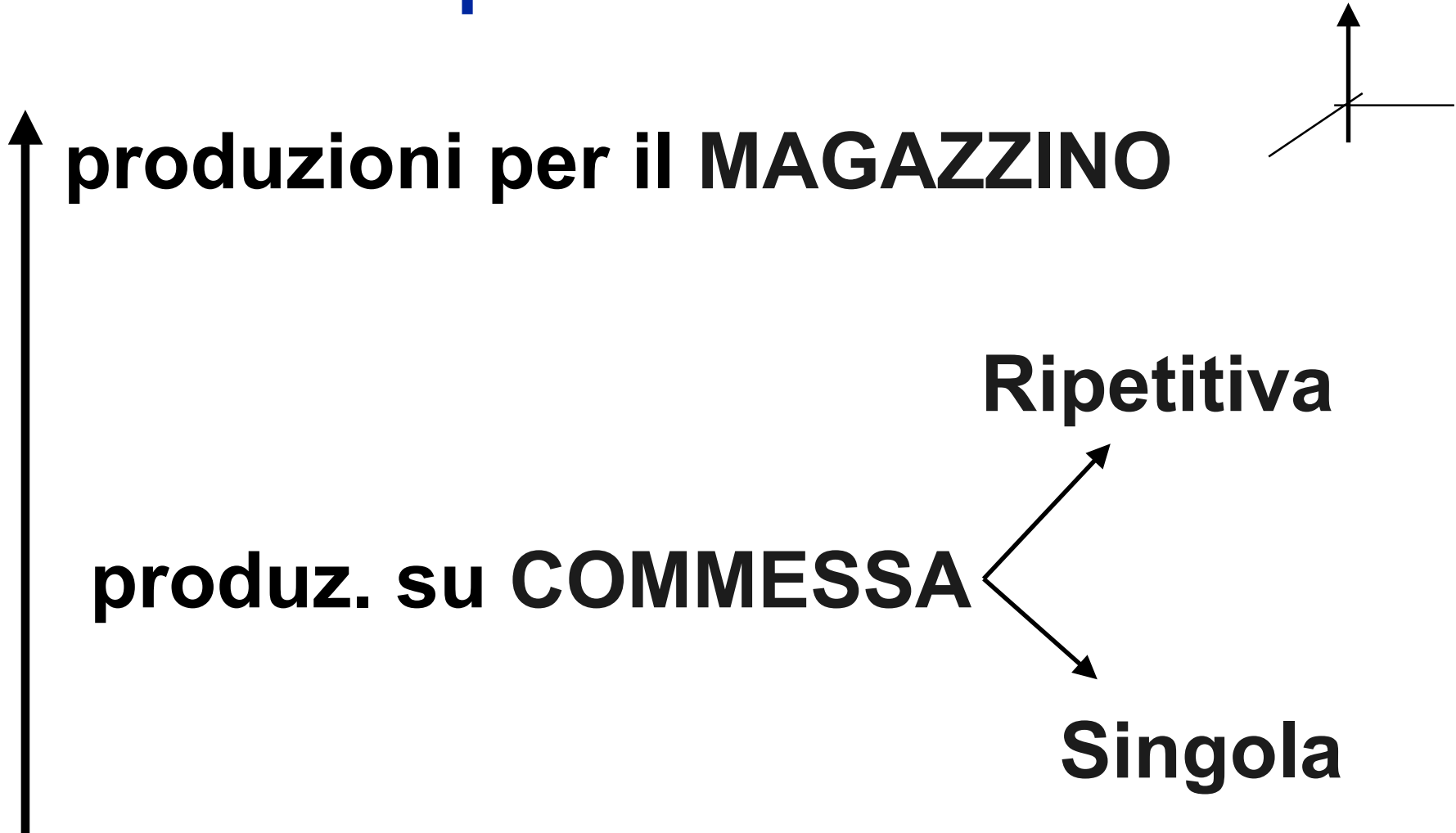
- Il SISTEMA PRODUTTIVO può essere visto come l'insieme del processo produttivo e di tutti i sottosistemi gestionali che concorrono alla realizzazione delle trasformazioni



# Modo di rispondere alla DOMANDA



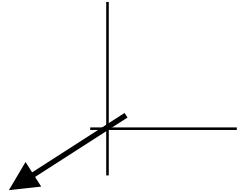
# Modo di rispondere alla DOMANDA



**Produzioni  
per PROCESSO**

**Produzioni  
MANIFATTURIERE  
(per PARTI)**

**Caratteristiche del PRODOTTO**

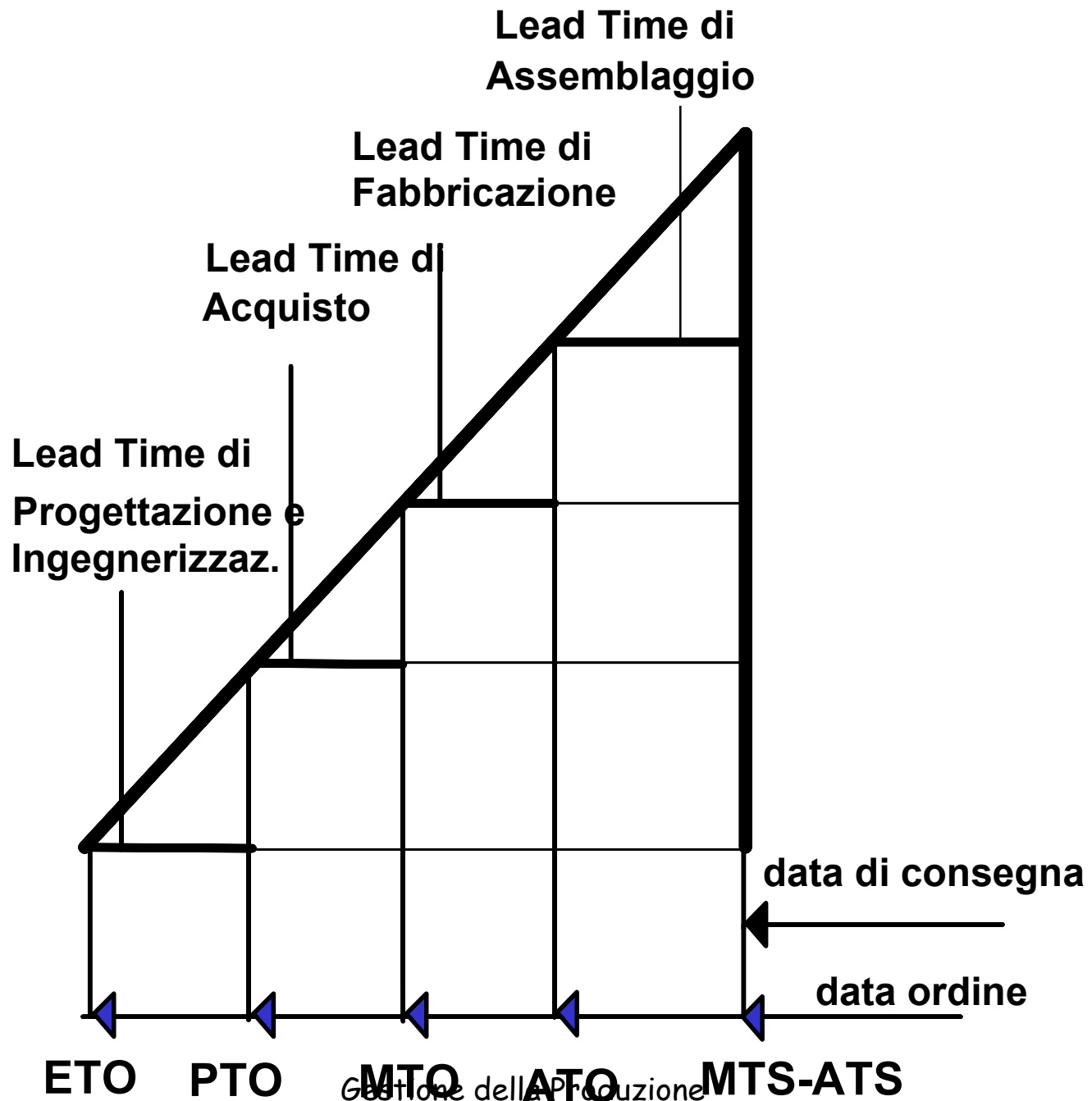


produzione UNITARIA  
produzione A LOTTI  
produzione CONTINUA

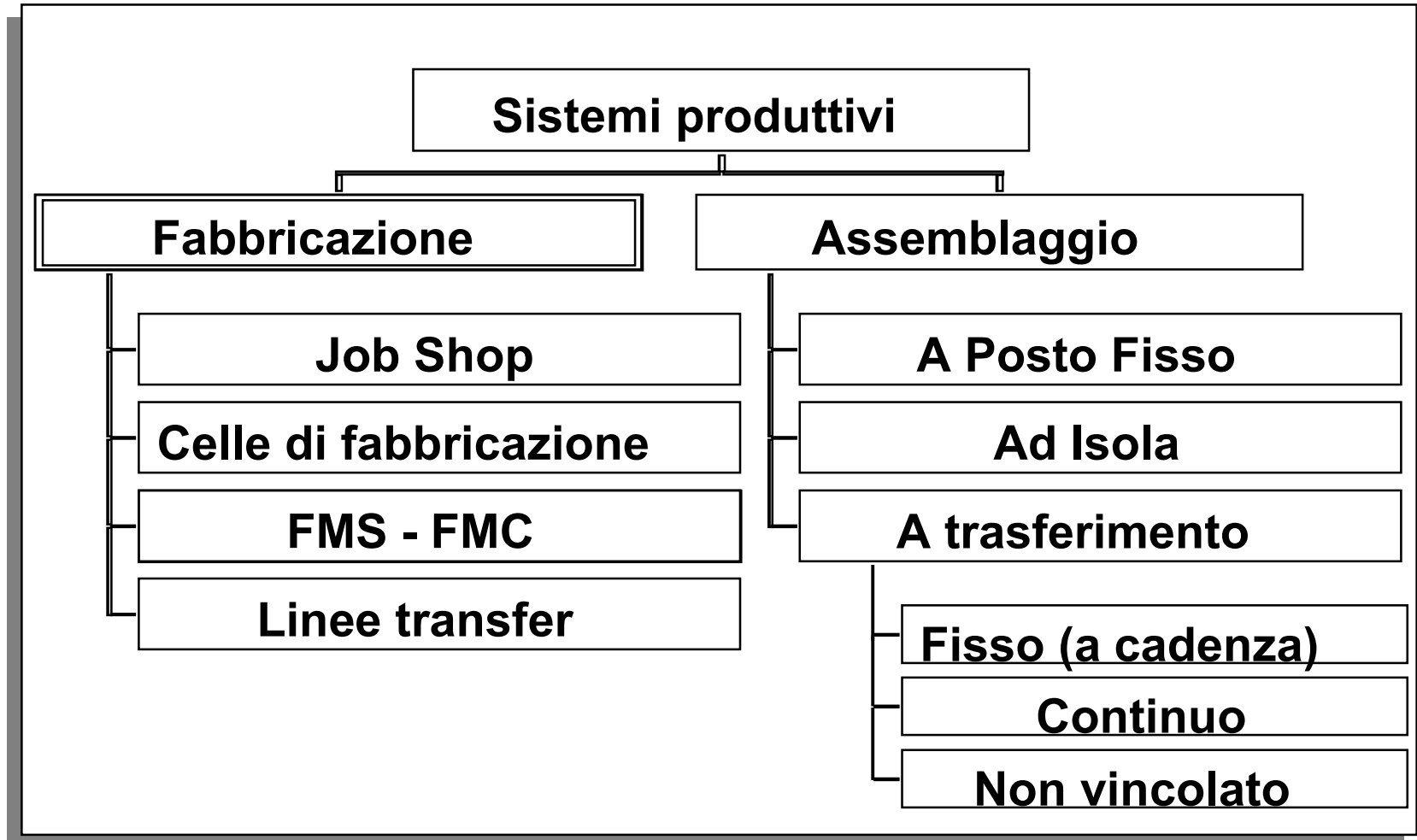


**Modo di realizzare il VOLUME**





# Classificazione dei sistemi produttivi



# Il Job Shop

- E' un sistema di fabbricazione realizzato per REPARTI nel quale sono presenti differenti macchine.
- I reparti sono costruiti per AFFINITA' TECNOLOGICA

# Il Job Shop

- I flussi sono estremamente intrecciati
- La manodopera è spesso la risorsa critica (limitata)
- I prodotti spendono gran parte del loro tempo in ATTESE o CODE
- Ogni prodotto ha un proprio CICLO TECNOLOGICO che prevede il passaggio su alcune macchine
- Sono presenti spesso cicli alternativi

# Il Job Shop (difetti)

- Difficoltà nel seguire i flussi dei prodotti
- Elevato Work In Progress
- Elevati tempi di attraversamento
- Scarsa saturazione delle macchine
- Livello qualitativo poco costante
- Difficoltà nel Gestire la Produzione
- Difficoltà nel prevedere i colli di bottiglia
- Estrema dipendenza delle prestazioni dal mix di prodotti da lavorare

# Job shop (pregi)

- Estrema flessibilità
- Disponibilità di macchine generiche e quindi capacità di lavorare un mix potenzialmente infinito di particolari
- Disponibilità di realizzare cicli alternativi

# Le CELLE di fabbricazione

- Le macchine sono disposte per OMOGENEITÀ di PRODOTTI lavorati (FAMIGLIE)
- Le celle sono costituite mediante l'applicazione di modelli di GROUP TECHNOLOGY
- Non esistono flussi tra cella e cella

# Le celle di fabbricazione (difetti)

- Sbilanciamento dei carichi di lavoro tra le varie celle
- Difficoltà nell'ottenere celle completamente autonome
- Elevati costi di implementazione (per la revisione del lay-out)
- Problemi a gestire turbolenze di mix



# Le celle di fabbricazione (pregi)

- Lead time più ridotti
- Work In Progress ridotto
- Orientamento al cliente
- Manodopera interfungibile
- Riduzione dei setup
- Miglior utilizzo dello spazio
- Maggior saturazione

# Le LINEE TRANSFER di fabbricazione

- Le stazioni sono disposte in linea (non necessariamente retta)
- Le macchine sono dedicate alla fabbricazione di un prodotto o di una famiglia di prodotto
- I ritmi produttivi sono estremamente elevati
- La soluzione è efficiente ma rigida

# ASSEMBLAGGIO a POSTO FISSO

- adatto a montaggi di oggetti di grandi dimensioni e peso (macchine utensili, aeroplani...)
- l'oggetto da montare rimane in posizione fissa, i componenti, le attrezzature e la manodopera convergono sulla postazione

# I sistemi a TRASFERIMENTO

- classica soluzione della catena di montaggio in cui vi sono una serie di stazioni in cui possono lavorare uno o più operatori a seconda delle dimensioni del pezzo
- le stazioni sono collegate da un sistema di trasporto che ad intervalli ben definiti ("tempo di ciclo della linea") sposta un sottoassieme da una stazione alla successiva

# I sistemi a TRASFERIMENTO (difetti)

- il tempo di ciclo è deterministico, mentre la durata delle operazioni manuali no
- parcellizzazione delle mansioni
- tempo di avvio nuove produzioni elevato

# I sistemi a TRASFERIMENTO (pregi)

- rispetto al posto fisso permette di elevati volumi produttivi con costi ed ingombri ridotti
- la soluzione in linea a trasferimento massimizza l'efficienza e la razionalità impiantistica

<i><b>Tipo di proc. prod.</b></i>	<i><b>Mix di prodotti</b></i>				<i><b>Compiti critici del mngmt.</b></i>
	Esemplare unico	Bassi volumi Molti modelli	Alti volumi Pochi modelli	Altissimi volumi (commodity)	
<b>Flusso frammentario</b>	<b>Job-shop</b>				<b>Scheduling affidabilità consegne</b>
<b>Flusso discontinuo</b>	<b>Flusso a lotti in reparti</b>				<b>eliminazione colli di bottiglia</b>
<b>Flusso funzione del ritmo - della mdo - delle linee</b>	<b>Flusso in linea</b>				<b>Motivazione mdo bilanciam. flessibilità</b>
<b>Flusso continuo rigido automatiz.</b>	<b>Flusso continuo</b>				<b>Investimenti innovaz. tecnol. integrazione</b>
	<b>Puntualità Differenziaz.</b>	<b>Qualità Elasticità</b>		<b>Prezzo</b>	

***Fattori critici***

# La gestione della Produzione

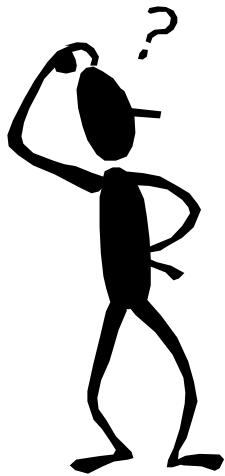
Sintesi di:  
contenuti, obiettivi, fasi, tempistiche, criticità



# Contenuto

(rif.: Brandolese, Pozzetti, Sianesi, *Gestione della  
Produzione Industriale*)

- Definire:
  - COSA
  - QUANDO
  - COME
  - DOVE
  - QUANTO



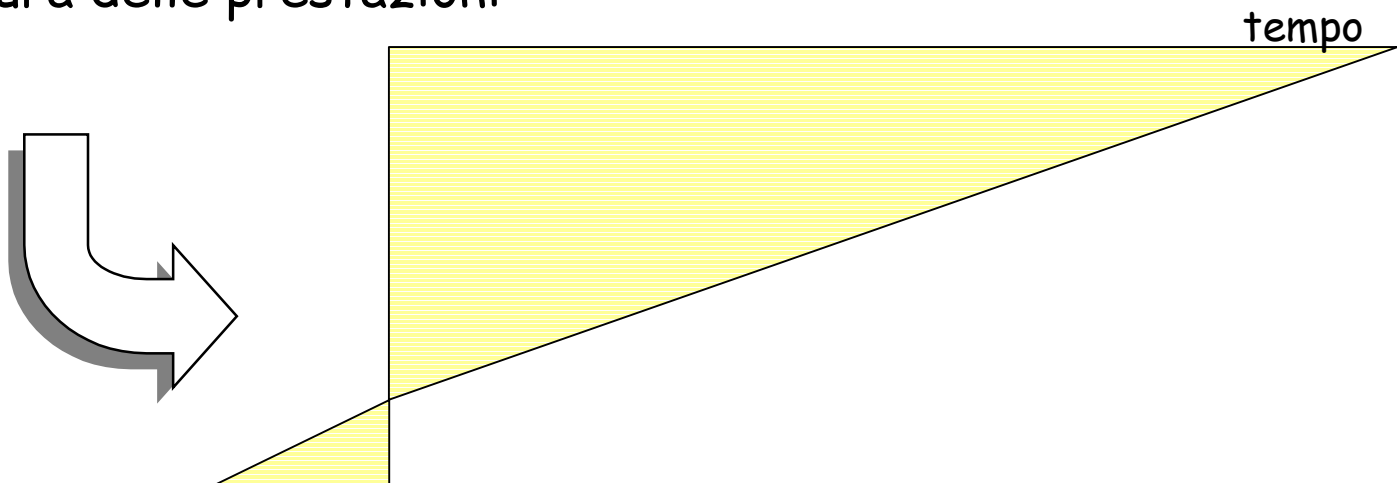
PRODURRE, nel rispetto dei VINCOLI del problema,  
cercando nel contempo di OTTIMIZZARE obiettivi  
predeterminati

# Criticità

- Incertezza
- Vincoli da rispettare
  - Interni (manodopera, macchine, semilavorati, attrezzature)
  - Esterni (Clienti, Fornitori, Terzisti)
- Criteri di ottimizzazione
- Volume di dati da gestire

# Fasi

- Budget delle risorse produttive
- Formulazione del Master Production Schedule
- Pianificazione dei fabbisogni (MRP)
- Programmazione operativa (scheduling)
- Controllo
- Misura delle prestazioni



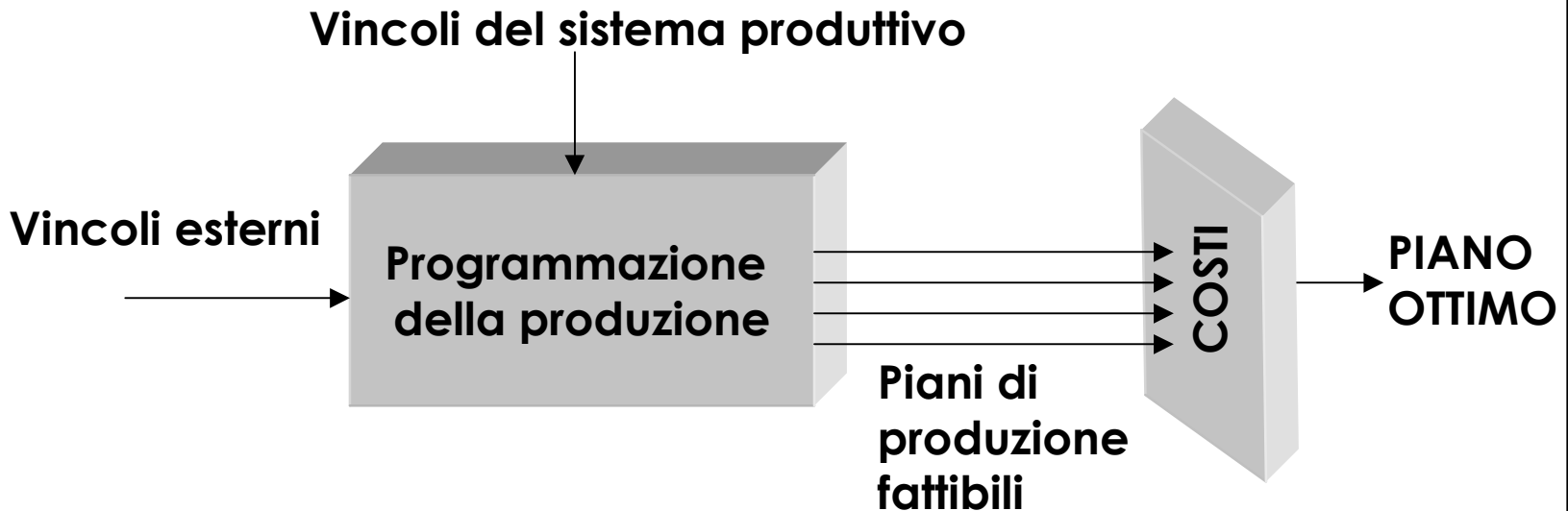
# Sintesi

Fase	Nr. (in azienda)	Collocazione organizzativa	Concetto di Tempo	Orizzonte e Intervallo	Frequenza di revisione	Incertezza	Dati	Decisioni	Vincoli	Oggetto della ottimizzaz.	Tipologia attività
MPS	1	Centrale	Discreto	Orizzonte da 3 mesi a 2 anni, intervallo settimana o mese	Rolling, da mensile a annuale	Elevata, soprattutto sulla domanda	Pochi e aggregati (Famiglie, reparti o materiali critici)	Assetto risorse Strategia di risposta alla domanda	Deboli (MPS serve per fissare i valori di capacità)	Costo del piano	DSS
MRP	1	Centrale	Discreto	Orizzonte da 3 mesi a 1 anno, intervallo giorno o settimana	Rolling, da giornaliera a settimanale	Media, soprattutto sulla domanda	Numerosi (codici, distinte)	Proposte di produzione e acquisto per codice	Si considera la struttura dei prodotti	Scorte	EDP (operativa)
Scheduling	N	Locale (di reparto)	Continuo	Orizzonte da 1 turno alla settimana	Rolling da giornaliera a settimanale o su evento (resched.)	Media, soprattutto per risorse interne e materiali di acquisto	Tutti (fasi di ciclo, risorse, anche ausiliarie, fornitori)	Operatività (lancio in produzione, allocazioni, sequenze)	Tutti (materiali, capacità, tecnologici, ecc.)	da definire (efficacia, efficienza)	DSS e EDP
Controllo	N	Locale (di risorsa)	Continuo	RealTime	Continua	-	Quantità e qualità	-	-	-	MIS
Misura	1	Centrale	Discreto	Nel passato, dalla settimana all'anno	Da definire caso per caso	-	Tutti, a diversi livelli di aggregaz.	-	-	-	MIS

# I costi rilevanti nelle decisioni di Pianificazione e programmazione della produzione

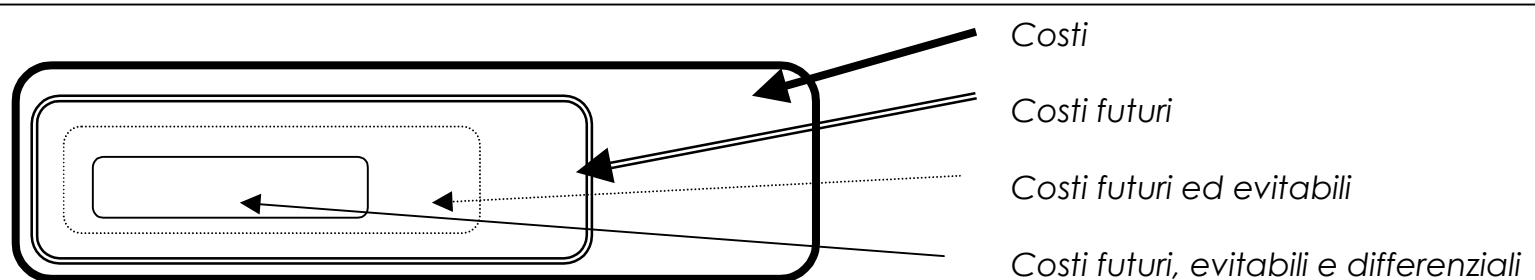
# Il contesto

- Programmare la produzione vuol dire scegliere un piano che rispetti i vincoli interni ed esterni al sistema produttivo/logistico e che ottimizzi una funzione di costo complessivo annuo
- Per saper programmare, occorre conoscere quali sono le **VOCI DI COSTO RILEVANTI**



# Cosa vuol dire costo "rilevante"

- Perché un costo possa essere ritenuto rilevante deve essere:
  - futuro (i costi passati sono ormai affondati ! )
  - evitabile (se non implementassi quel piano di produzione non li sopporterei)
  - differenziale (rispetto ad un caso base)



# La matrice dei costi del prodotto

	<b>Costi diretti / speciali</b>	<b>Costi indiretti</b>
<b>Costi variabili</b>	<b>MdO (se flex)</b> <b>Materiali</b> <i>(DIRETTI)</i>	<b>Energia elettr.</b>
<b>Costi fissi</b>	<b>Attrezzature specifiche</b> <i>(SPECIALI)</i>	<b>Manutenzione</b> <b>Ammortam.</b> <b>Spese generali</b>



# Classificazione dei costi

- Variabili

- variano al variare del volume prodotto
- sono differenziali in due casi:
  - 1. il piano prevede di produrre un volume produttivo diverso rispetto al caso base
  - 2. I costi variabili unitari variano in funzione dell'istante temporale in cui si verifica l'esborso

- Fissi

- non variano al variare del volume prodotto (entro certi limiti)
- sono differenziali solo se previsti dal piano da valorizzare ma non nel caso base

# Voci di costo particolari

- Le principali voci di costo che vanno tenute in considerazione nella valutazione di un programma di produzione sono le seguenti:
  - costo di straordinario
  - costo di subfornitura
  - costo di stockout
  - costo di mantenimento a scorta
  - costo di setup
- Le ultime tre voci meritano di essere illustrate in maggior dettaglio

# Il costo di stockout

- Si ha quando La merce non era disponibile quando il cliente l'ha richiesta
- Da distinguere i casi di:
  - Stock-out RECUPERABILE (si pagano penali e si sostengono extra-costi amministrativi e logistici)
  - Stock-out NON RECUPERABILE (si perde Margine di Contribuzione)
- In entrambi i casi c'è connessa una perdita di immagine

# Il costo di mantenimento a scorta

- Si sostiene quando il prodotto è stato realizzato prima del momento in cui si sarebbe verificata la domanda (scorta)
- Si compone di:
  - costi vivi: effettivamente sostenuti per il fatto di mantenere scorte (compaiono nel conto economico)
  - costi opportunità: per quantificarli occorre rispondere alla domanda "come avrei potuto utilizzare alternativamente il denaro se non l'avessi immobilizzato in scorte?"

$$C_{\text{mant}} = G_{\text{med}} * c_v * t_{\text{mant}}$$

$$t_{\text{mant}} = (i + \Phi) / \tau$$

# Costo di mantenimento a scorta

	OPPORTUNITÀ ALTERNATIVE	
CAPACITÀ DI CREDITO	ESISTENTI, TASSI REMUNERATIVI	DI FATTO NON ESISTENTI
Indebitamento, capac. esaurita	Tasso alternativo	Tasso attivo
Indebitamento, non esaurita	Tasso attivo	Tasso attivo
Liquidità	Tasso passivo	Tasso passivo

# Costo di setup

- E' il costo che si sostiene ad ogni variazione del ritmo produttivo o riattrezzaggio impianto per cambio codice in lavorazione.
- Si compone di:
  - Costi vivi (legati al setup):
    - solventi
    - manodopera specializzata
    - scarti di riavvio
  - Costi opportunità (legati al tempo di setup):
    - Dipendono dallo stato di saturazione dell'impianto

# Costo opportunità del setup

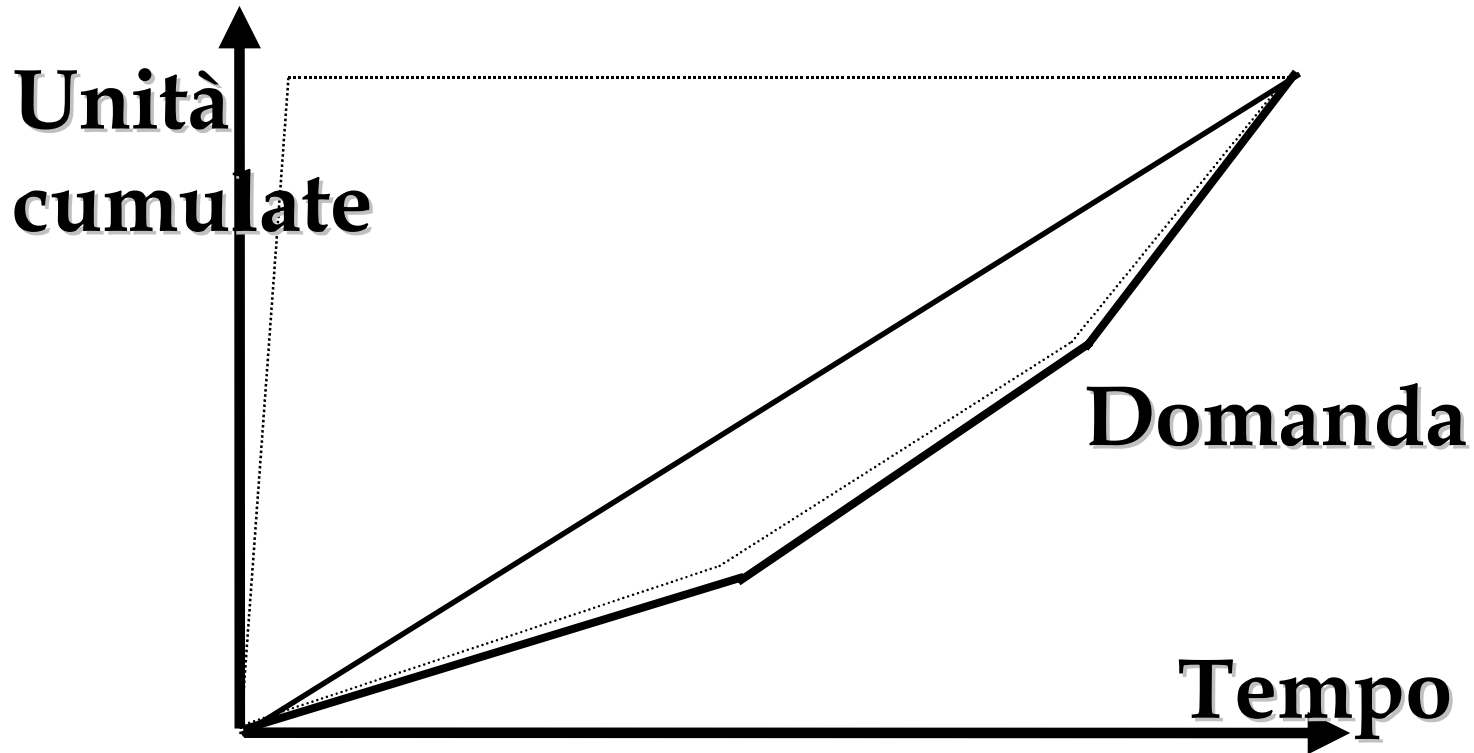
- E' il costo della miglior alternativa che si perde per il fatto di realizzare un setup.
  - Impianto saturo:
    - costo realizzazione del setup in orario straordinario
    - costo di subfornitura
    - costo di stockout
  - Impianto non saturo:
    - ZERO se la MdO non partecipa al setup, o non è utilizzabile altrove
    - costo MdO se partecipa al setup e:
      - è flessibile oppure
      - è fissa ma utilizzabile altrove

# Programmazione aggregata della produzione



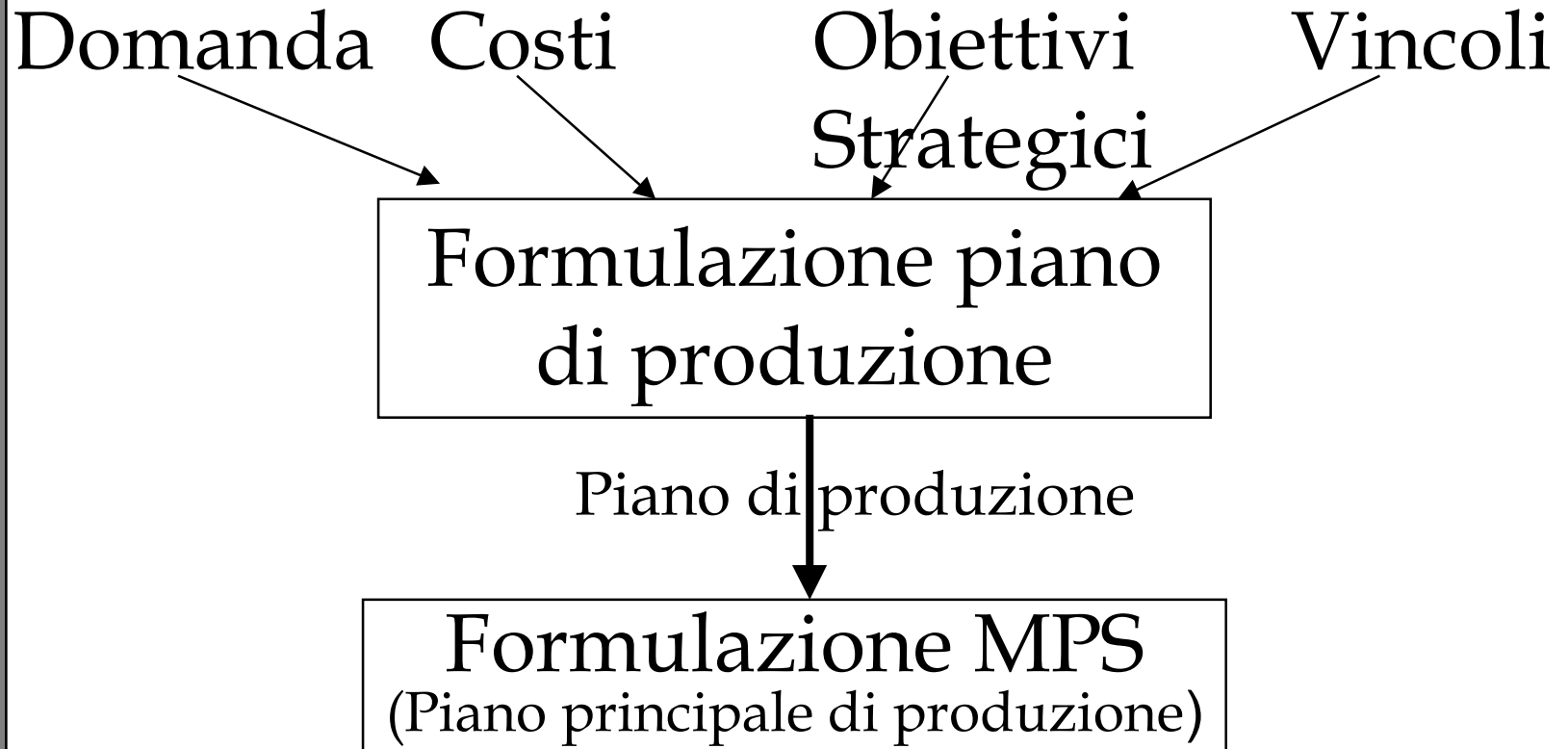
# Il piano di produzione

- E' la risposta dell'Azienda per soddisfare la domanda del mercato al minimo costo.



# Il piano di produzione

- In sintesi:



# La tabella della domanda

## Periodi

<b>Prodotti</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>A ordini</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	
<b>previs.</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>70</b>	
<b>B ordini</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	
<b>previs.</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	
<b>C ordini</b>	<b>90</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	
<b>previs.</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	

# Le caratteristiche della domanda

- Forma (stagionalità)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (O(t) - O_m)^2}{T}}$$

- Prevedibilità

$$CV = \sigma_{ep} / \bar{D} = \frac{\sqrt{\frac{\sum (O(t) - PV(t))^2}{T}}}{O_m}$$

# Far incontrare Domanda e Capacità

- pianificazione delle scorte;
- ricorso a terzisti;
- piccoli investimenti in espansione;
- suddivisione organico in turni;
- lavoro straordinario
- pianificare ritardi di consegna
- mobilità interna della MDO

# Far incontrare Domanda e Capacità

- mobilità interna della manodopera
- impiego risorse in riorganizzazioni
- impiego risorse in manutenzioni
- programmi di addestramento
- ricorso alla cassa integrazione

# FONDAMENTI di GESTIONE delle SCORTE

# Importanza di avere una buona gestione delle scorte

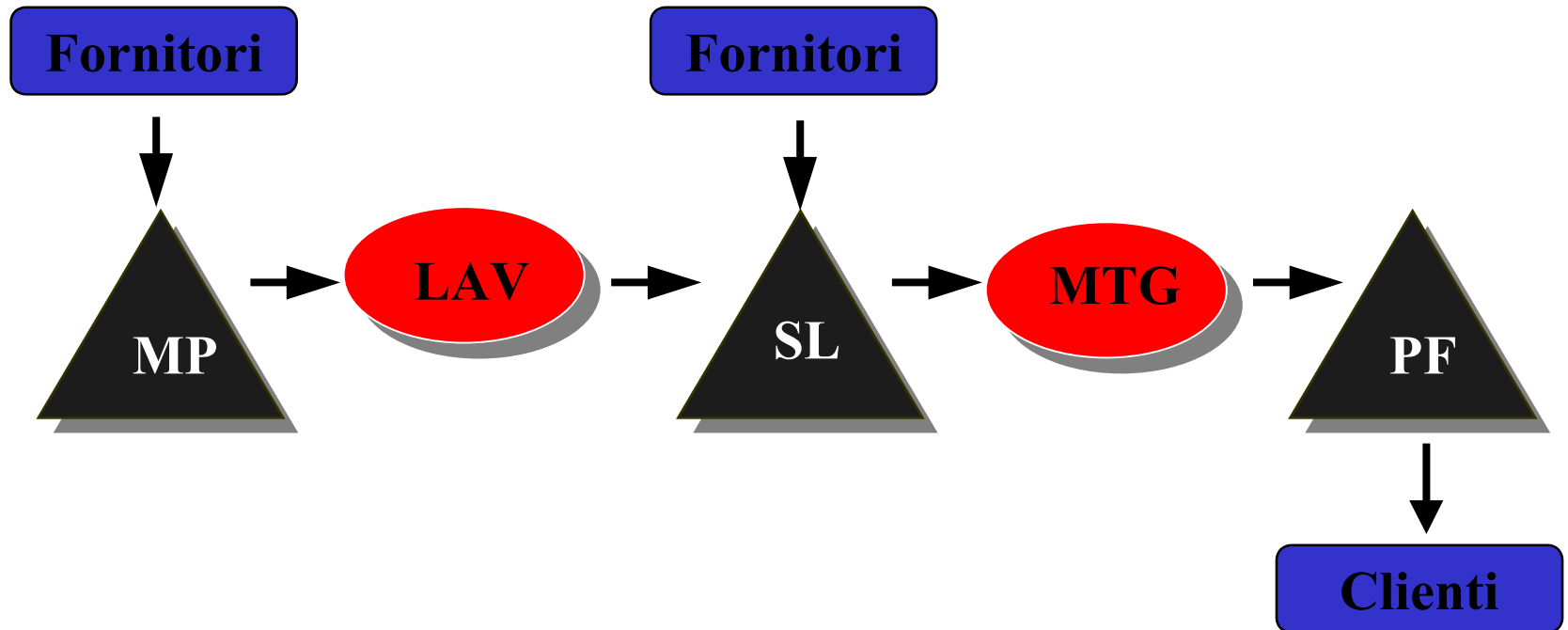
- sono spesso una parte essenziale dei beni di un'azienda
- ridurre un'inventario significa convertirlo in "denaro", il quale aumenta il "cash-flow" e il ritorno degli investimenti
- significa anche ridurre i costi di gestione, i quali incrementano i costi operativi e decrementano i profitti



# La gestione delle scorte

- è una gestione basata su una classificazione (es.: materie prime, semilavorati, famiglie di prodotti, work-in-progress, ...)
- è orientata al valore finanziario
- è funzione di:
  - flusso e scelta della scorta richiesta
  - modelli di fornitura e domanda
  - obiettivi di gestione
  - costi associati alla gestione

# Scorte e flusso dei materiali



# Perché le scorte ?

- La sola buona ragione per fare scorte è ... quella di avere costi minori rispetto al non averle
- La scorta permette di operare con differenti livelli di produzione, attraverso i sistemi di fornitura, produzione e distribuzione
- Scopo principale delle scorte nella produzione discreta (o "batch") è il disaccoppiamento, cioè, la scorta serve come un "buffer" tra:
  - 1 - domanda cliente e prodotti finiti
  - 2 - prodotti finiti e disponibilità dei componenti
  - 3 - le richieste per una operazione e l'output della operazione precedente
  - 4 - tra le parti ed i materiali per iniziare la produzione ed i fornitori dei materiali stessi

# **Classificazione delle scorte in base alle funzioni che eseguono:**

- **Anticipazioni di produzione**
- **Fluttuazioni della domanda**
- **Lotti di produzione e acquisto**
- **Trasporti**
- **Acquisti speculativi**

# **Influenza delle scorte sul Servizio clienti**

- **Miglioramento della disponibilità dei prodotti verso i clienti in quanto proteggono dall'incertezza della richiesta**

# Influenza delle scorte in Produzione

- **Possono aiutare ad essere più produttivi attraverso:**

- separazione di differenti modi di produzione**

- livellamento (costi più bassi per non utilizzo di straordinari e training)**

- produzioni più elevate (maggior utilizzo degli impianti)**

- acquisto di grandi quantità (costi di ordinazione più bassi e possibilità di sconto)**

# Problema primario

- **Bilanciare il costo di tenere scorte con i costi che si creano per non averle:**
  - servizio al cliente
  - cambi di livello di produzione
  - emissione ordini
- **La sommatoria dei costi deve essere la più bassa possibile**

# Costo dell'item

**Tutti i costi che concorrono alla  
realizzazione del prodotto**

- **Materiale diretto, lavoro diretto e costi di struttura**
- **Acquisto**
- **Trasporto e dazi doganali**
- **Assicurazione**



# Costi di immobilizzo

**Questi costi (che si incrementano all'aumentare delle scorte) possono essere suddivisi in 3 categorie:**

- **Costo del capitale** (denaro immobilizzato in scorte)
- **Costi di magazzino** (spazio, personale, attrezzature)
- **Costi di rischio** (obsolescenza, furti, deterioramento)

# **Costi di emissione dell'ordine**

**I costi di emissione ordine verso la produzione o verso un fornitore esterno includono:**

- **ordine di lavoro o d'acquisto**
- **controllo di produzione**
- **attrezzaggi e preparazione macchina**
- **perdita di capacità**

# **Costi di stockout**

**Se la domanda durante il lead-time eccede la previsione e la disponibilità delle scorte, possiamo aspettarci uno stockout, causando:**

- **Costi relativi al ritardo degli ordini clienti**
- **Costi dovuti a perdite di vendite**
- **Costi dovuti a perdite della clientela**

# **Costi relazionati alla capacità**

## **Costi di cambio volume di produzione**

- **Straordinari / riduzione orario**
- **Assunzione manodopera**
- **Training**

**Possono essere evitati livellando la produzione,  
ma creando magazzino**

# Concetti di controllo ABC delle scorte

- **Un piccolo numero di items rappresenta il valore più critico**
- **Il controllo ABC delle giacenze separa gli items più significativi da quelli meno importanti**
- **E' usato per determinare il grado ed il livello di controllo richiesto**

# **Processo ABC (1)**

- **Stabilire le caratteristiche degli item che influenzano il risultato della gestione delle scorte:**
  - **consumo annuale a valore**
  - **scarsità del materiale**
  - **problemi di qualità ...**

## **Processo ABC (2)**

- **Classificare gli items in gruppi basati su criteri stabiliti**
- **Applicare un grado di controllo in proporzione all'importanza del gruppo**

# **Controllo basato sulla classifica ABC**

- **Due regole generali da seguire:**
  - **Avere abbondanza di stock per items di basso valore**
  - **Usare un controllo efficace per ridurre la giacenza degli items A**
  
- **Items A: controllo elevato**
  
- **Items B: controllo normale**
  
- **Items C: controllo più semplice possibile**



# Sommario lezione scorte (1)

Ci sono costi e benefici nell'aver le scorte. Il problema è di bilanciare il costo di immobilizzo con i seguenti:

- *Servizio al Cliente.* Più basso è il livello di scorta, più alto è il rischio di avere “stockout” e di avere costi “potenziali” di ordini clienti non soddisfatti, perdita di fatturato e, al limite, perdita di clienti. Più alto è il livello di scorta, più alto è il livello di servizio.
- *Costi associati con i cambi di produzione.* I costi di variazione della capacità produttiva (straordinari, training, assunzione e riduzione di personale) sono tutti più alti se il livello di produzione “fluttua” in risposta ai cambiamenti della domanda.
- *Costi di trasporto e movimentazione.* Spesso i materiali devono essere movimentati e più piccole sono le quantità trasportate, più grande è il costo relativo.

## Sommario lezione scorte (2)

La gestione delle scorte è influenzata da più fattori:

- la classificazione (ad esempio materie prime, work-in-progress o prodotti finiti);
- la funzione che le scorte assolvono: anticipazione, fluttazioni di mercato, lotti, merce in transito, e acquisti speculativi;
- modelli di domanda e di rifornimento;
- costi associati all'immagazzinamento;
- il livello di dettaglio.

In aggiunta, alla gestione delle scorte a livello aggregato, si deve gestire anche a livello di singolo item.

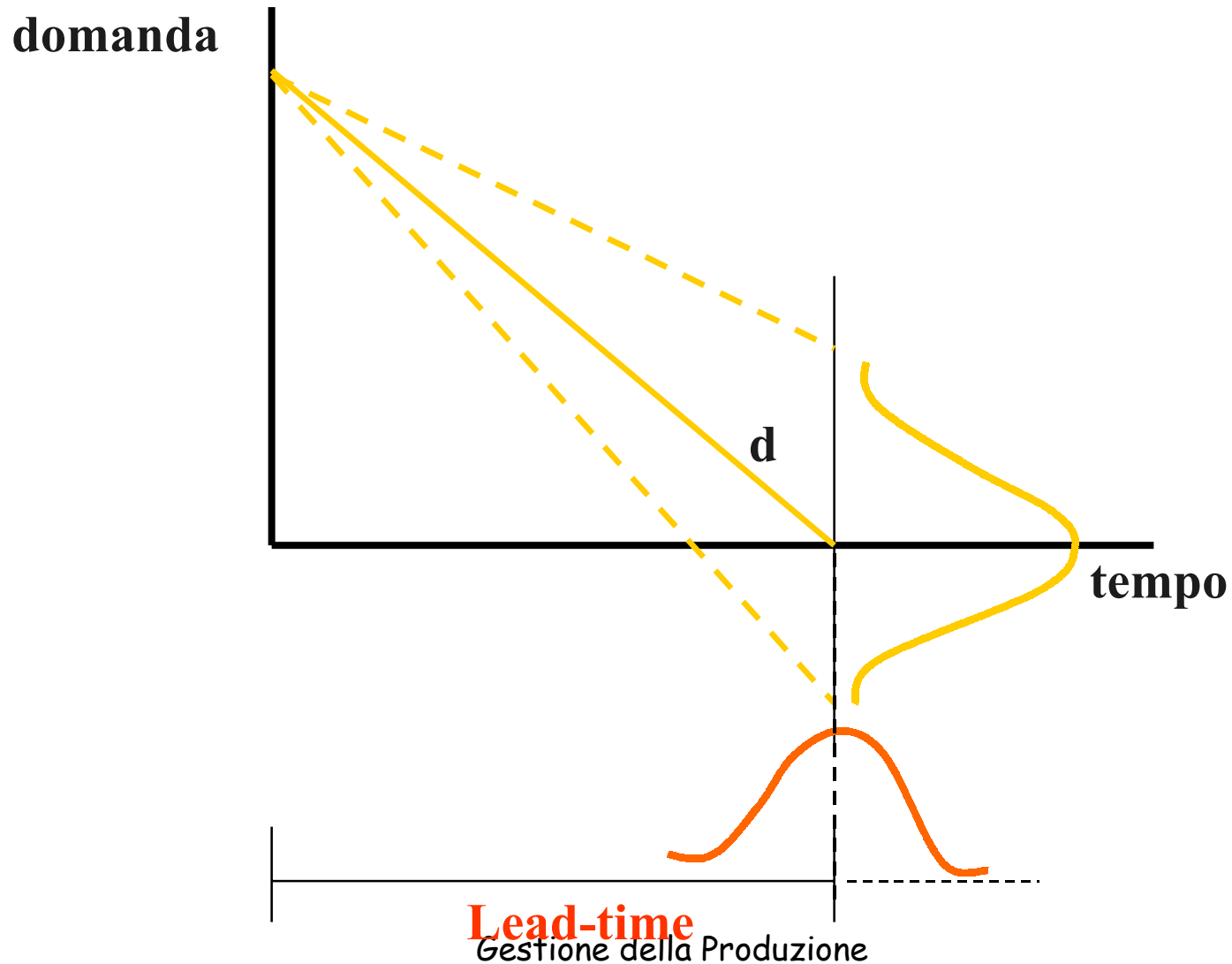
Il management deve stabilire chiare regole di decisione riguardo le scorte dei singoli items, cosicché il personale che controlla il livello di magazzino possa effettivamente svolgere il proprio lavoro.

# PARAMETRI GESTIONALI e METODI di ORDINAZIONE

# Scorta di sicurezza

- **La scorta di sicurezza è usata per prevenire una rottura di stock**
- **La quantità della scorta di sicurezza dipende da:**
  - **variazione della domanda rispetto previsione**
  - **livello di servizio desiderato**
  - **lunghezza del lead-time**
  - **affidabilità del lead-time**

# Variabilità della domanda nel lead-time



# La scorta di sicurezza per i prodotti finiti:

## metodo canonico

$$SS = k \cdot \sqrt{\sigma_d^2 \cdot LT + \sigma_{LT}^2 \cdot d^2}$$

Dove:  $k$  “fattore di sicurezza”

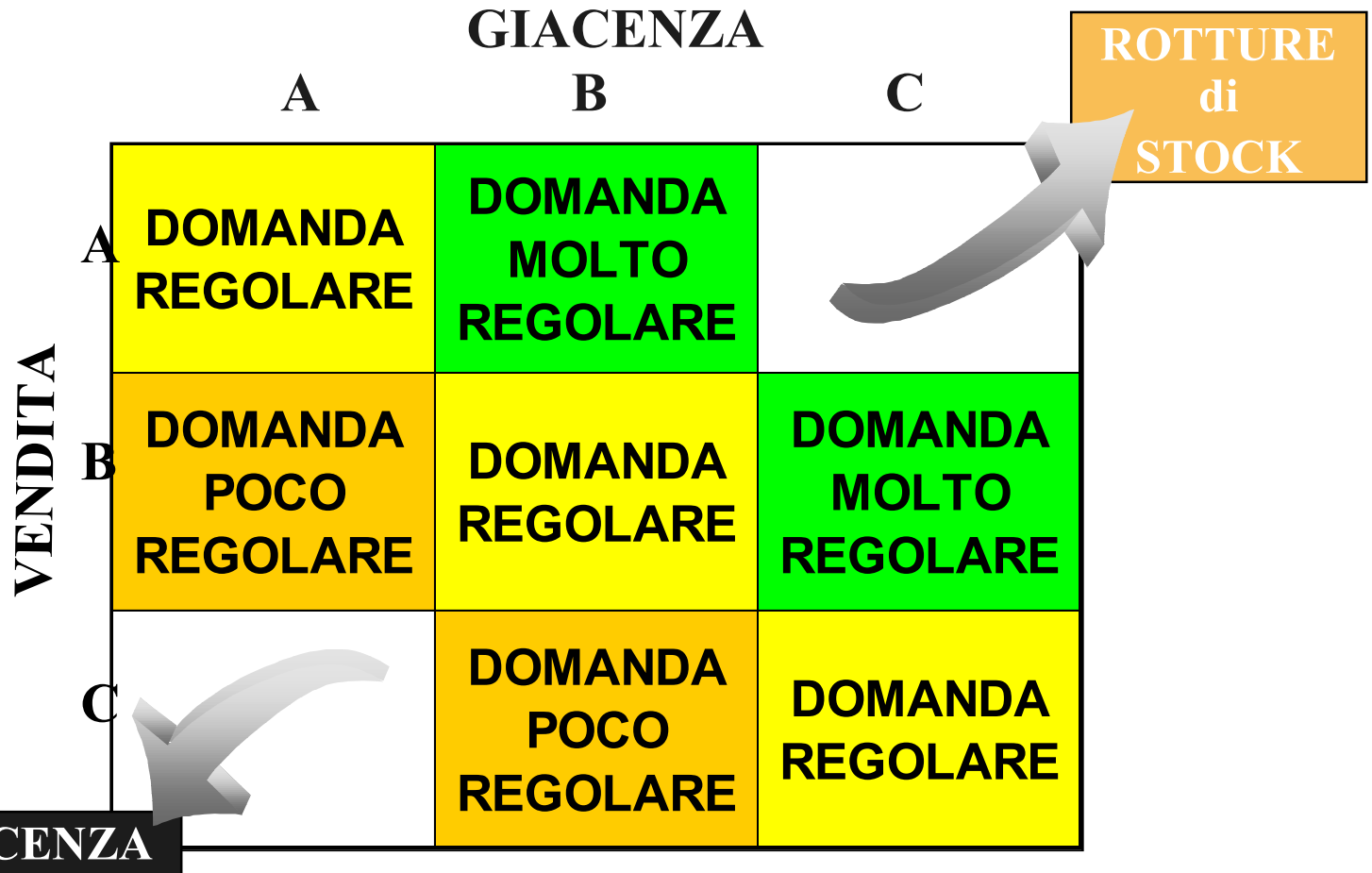
$\sigma_d$  varianza della domanda

$LT$  lead-time

$\sigma_{LT}$  varianza del lead-time

$d$   <sup>$LT$</sup>  domanda

# Correlazione tra domanda e matrice ABC vendite/giacenza



# Quanto ordinare ogni volta?

- **Chi gestisce vuole:**
  - **minimizzare la somma dei costi coinvolti**
  - **massimizzare il livello di servizio**
  
- **Inoltre deve stabilire il metodo di decisione di quanto ordinare ogni volta:**
  - **a fabbisogno (“lot for lot”)**
  - **quantità fissa d’ordine**
  - **quantità economica**



# **Metodo a “quantità fissa d’ordine”**

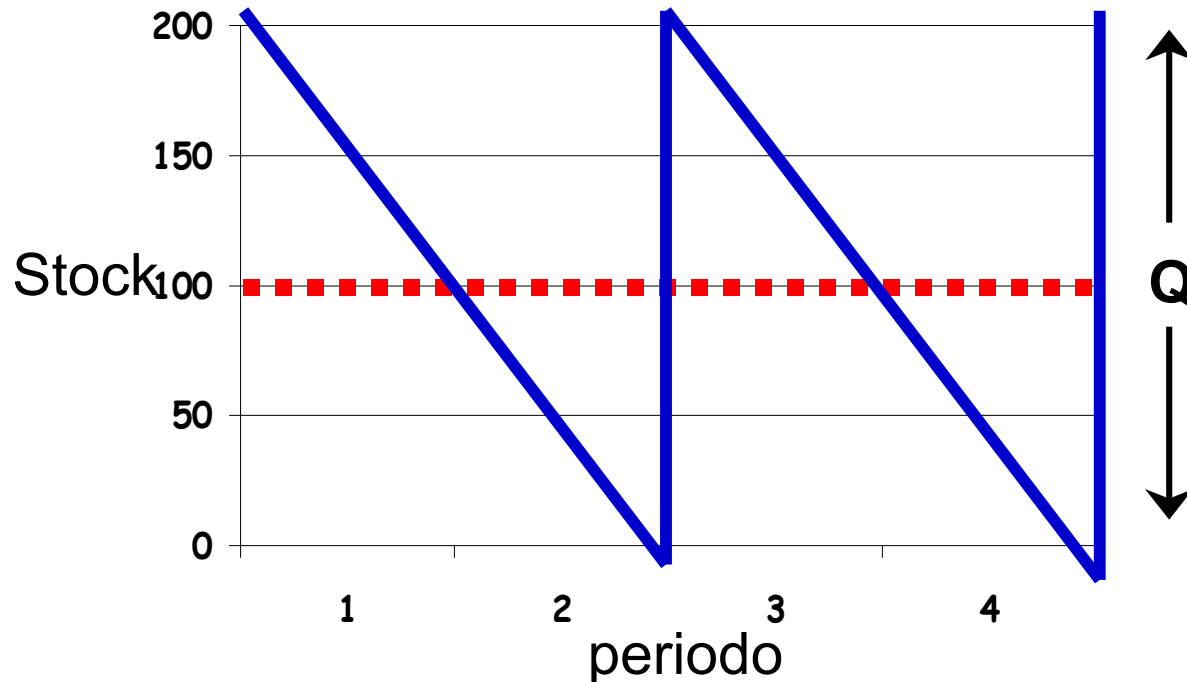
- **Specifica una quantità da ordinare ogni volta che un ordine è lanciato**
- **E’ veloce e semplice**
- **Spesso viene eseguito sulla base di ciò che sembra ragionevole; non produce il miglior risultato**

# Quantità economica d'ordine

**Si assume che:**

- **La domanda sia relativamente costante e conosciuta**
- **Gli items siano prodotti o acquistati in lotti**
- **I costi di preparazione ordine, i costi di immobilizzo ed i lead-time siano costanti e conosciuti**

# Lotto di produzione

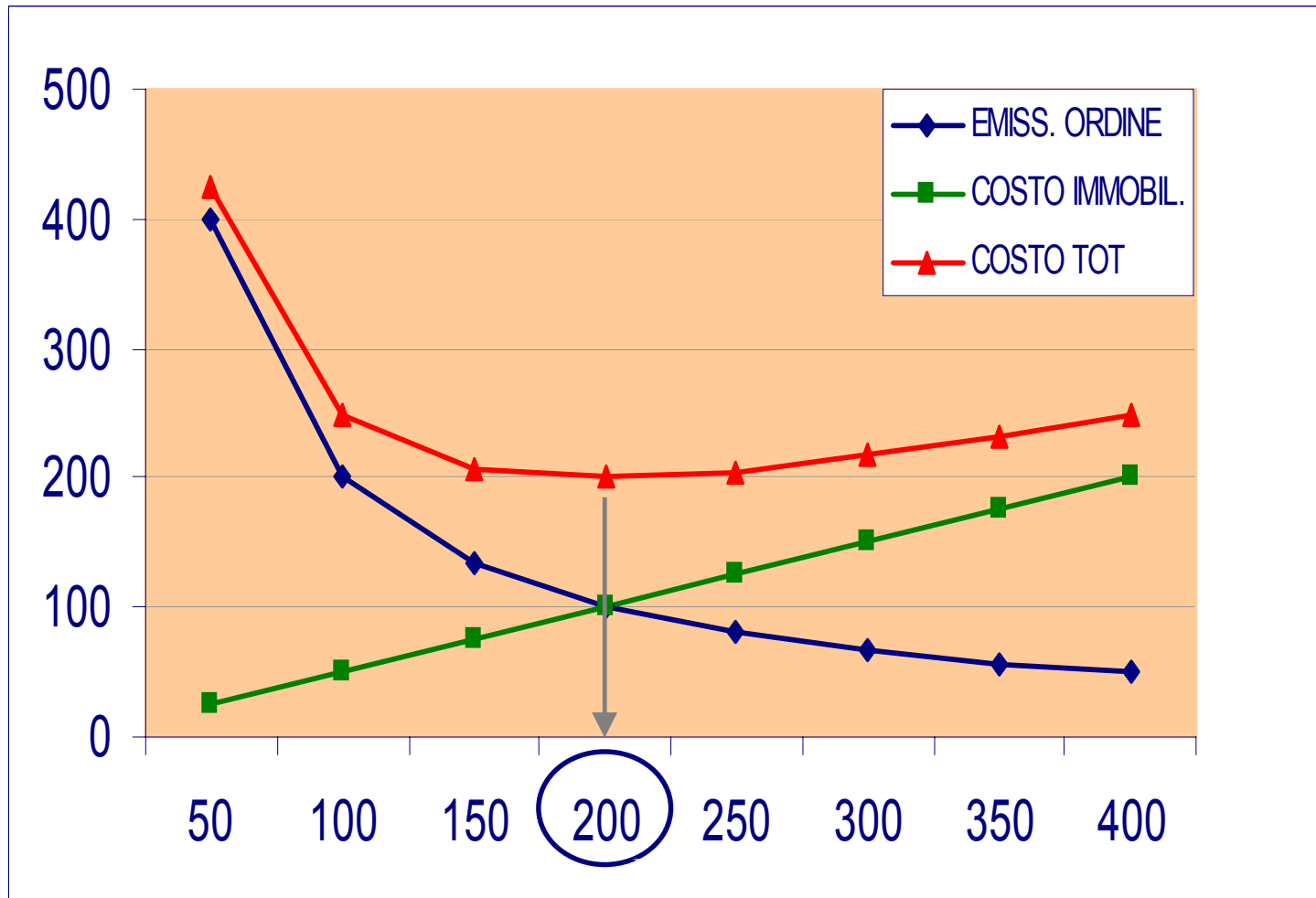


**Giacenza media del lotto = q.tà d'ordine / 2**

**Numero di ordini per anno = domanda annua / q.tà d'ordine**

# Lotto di produzione

## I costi rilevanti

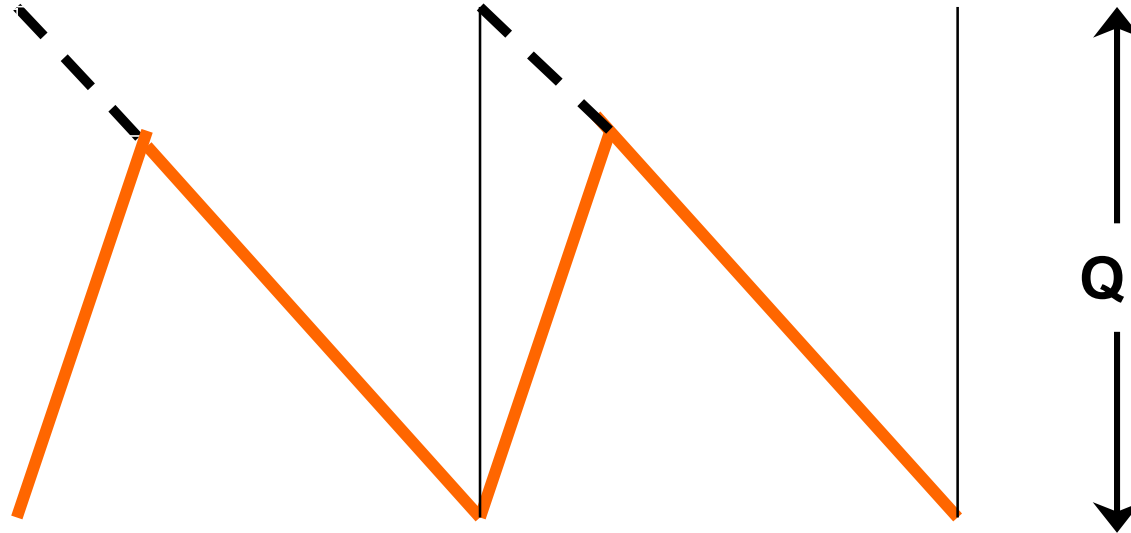


# **Ricevimento non istantaneo del Lotto di produzione**

**Se il tempo per realizzare un lotto di produzione è molto elevato (alcuni giorni o settimane) l'invio a magazzino non sarà immediato.**

**Nel frattempo la domanda consuma la giacenza**

# Ricevimento non istantaneo del lotto



La formula dell' EOQ può essere modificata in:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times A \times S}{i \times c \times (1 - d/p)}}$$

dove **d** rate del consumo  
**p** rate di produzione

# Quando deve essere lanciato un ordine (2)

- **E' necessario avere un sistema per stabilire quanto ordinare**
- **I sistemi generici sono:**
  - **punto di riordino**
  - **revisione periodica**
  - **MRP**

# Lotto di produzione

## La formula della quantità economica

$$\text{EOQ} = \sqrt{\frac{2 \times A \times S}{i \times c}}$$

**A** = consumo annuale in quantità

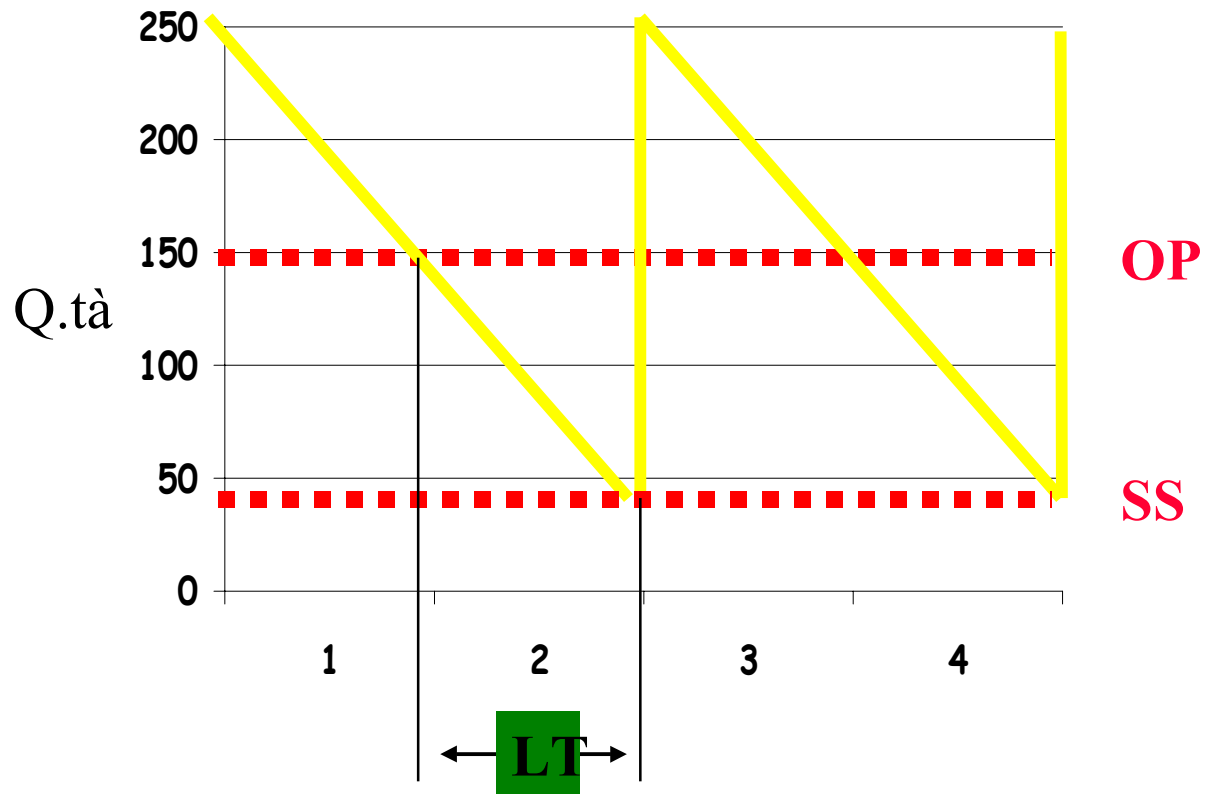
**S** = costo di emissione ordine / costo d'attrezzaggio

**i** = % annua di costo d'immobilizzo

**c** = costo unitario dell'item



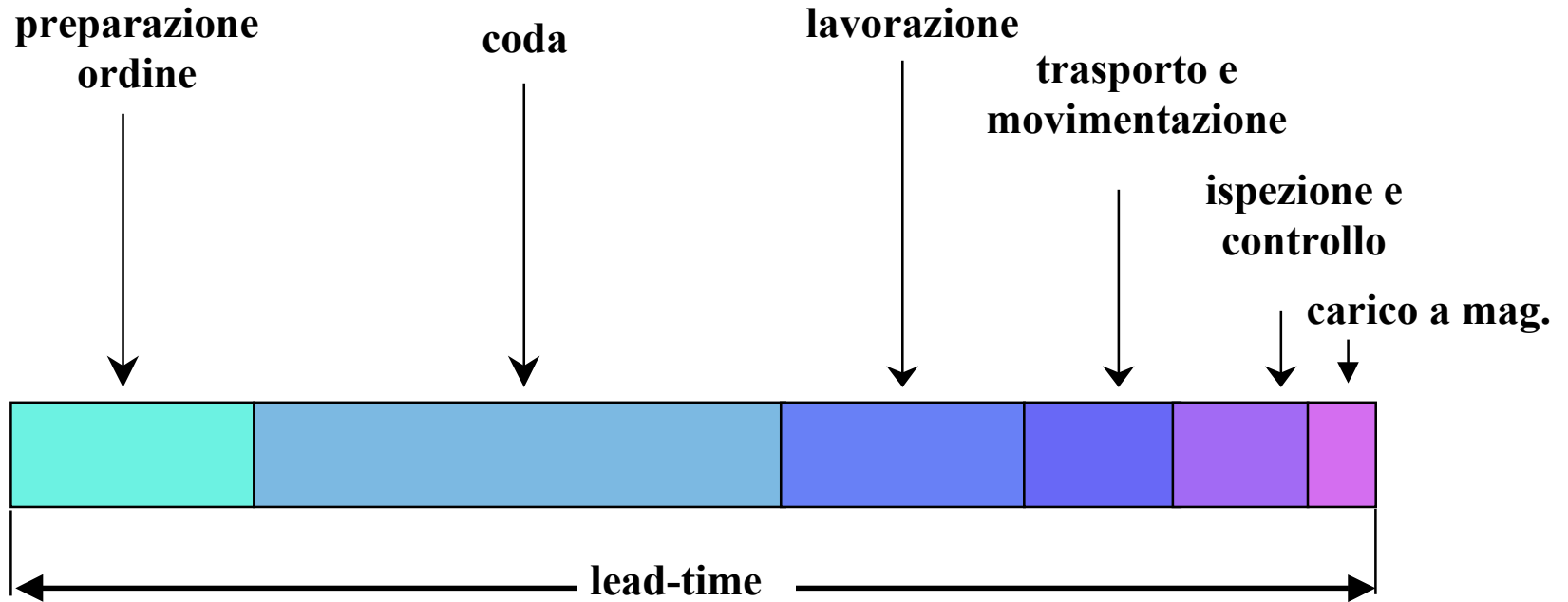
# Sistema a punto di riordino



**Punto di riordino = domanda nel LT + SS**

# Il lead-time produttivo: definizione

E' l'intervallo di tempo, assunto come necessario, per compiere tutte le attività tra l'emissione della richiesta e la disponibilità del materiale.



# PIANIFICAZIONE DEI FABBISOGNI e GESTIONE DEI DATI TECNICI

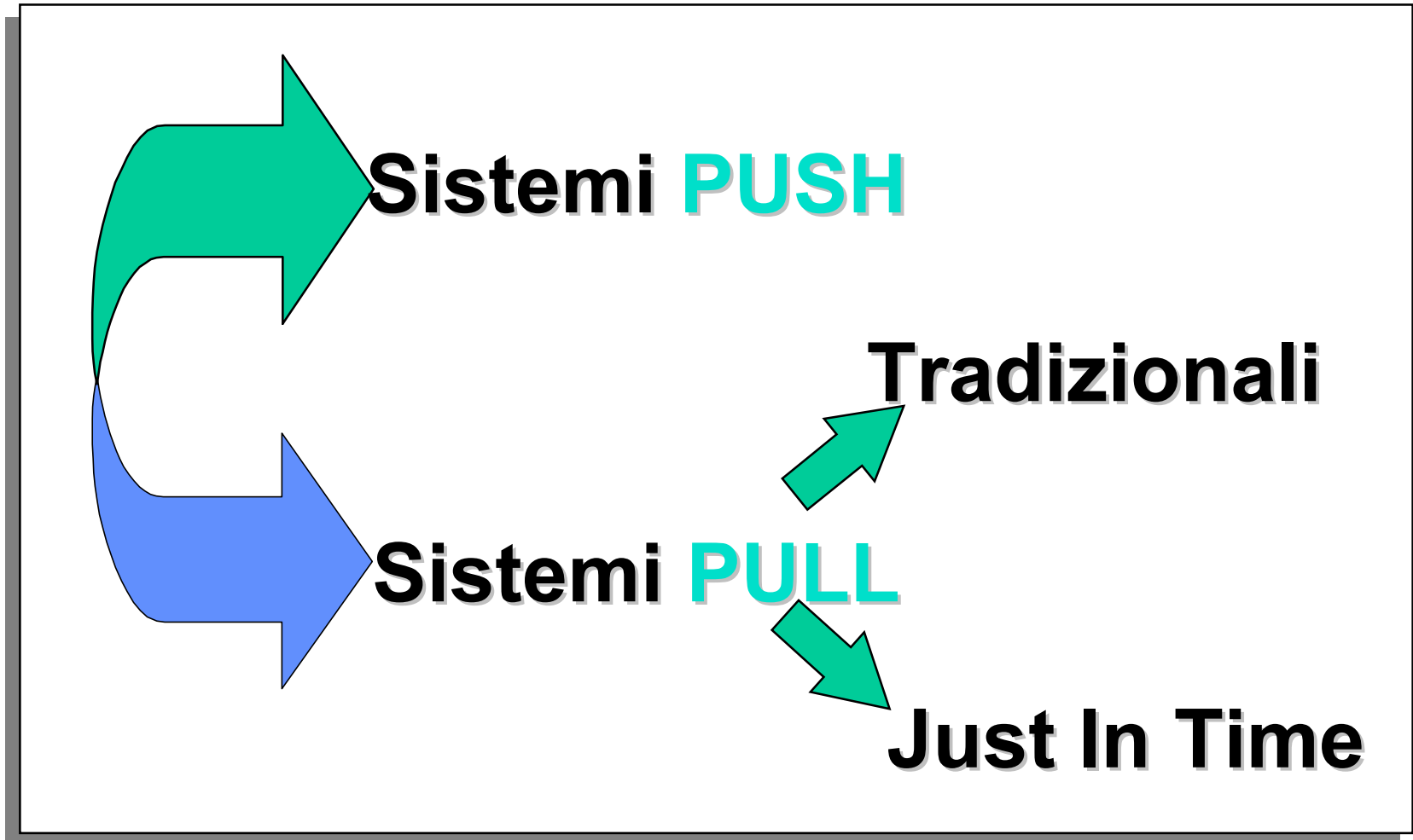
# Indice dei contenuti

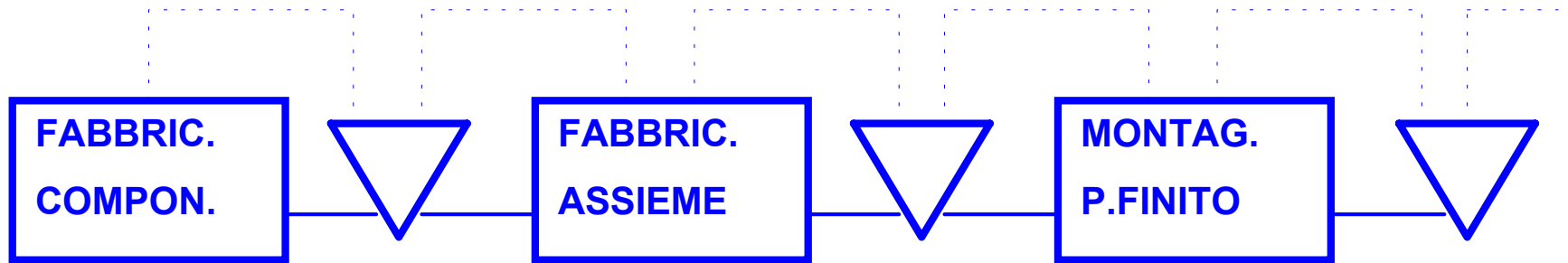
- Le motivazioni che spingono verso l'adozione di sistemi di pianificazione
- Il funzionamento dei sistemi MRP
- I difetti dei sistemi MRP
- La gestione dei dati tecnici
- L'aggiornamento dei dati gestionali

# Pianificazione dei fabbisogni

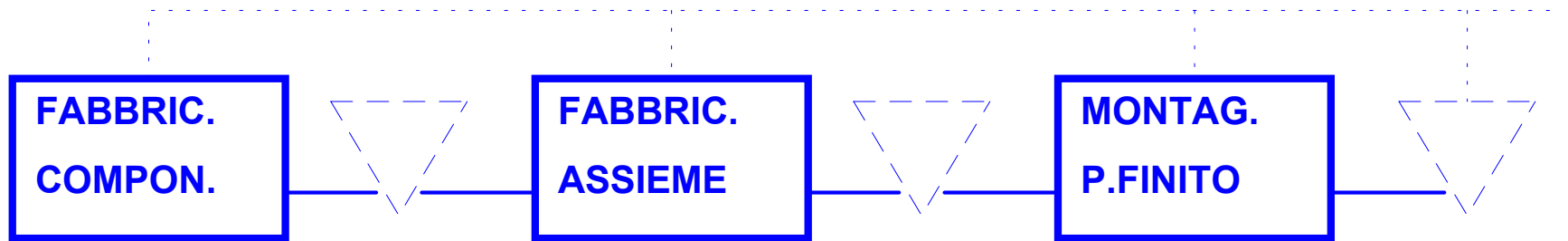
- La pianificazione dei fabbisogni consiste nella determinazione di "che cosa", "quanto", e "quando" ordinare ad ogni stadio del processo produttivo
- si possono identificare due tipologie di approccio:
  - gestione "PULL" detta anche gestione "A SCORTA"
  - gestione "PUSH" detta anche gestione "A FABBISOGNO"

# Pianificazione dei fabbisogni





## SISTEMA PULL



## SISTEMA PUSH

# Gestione a scorta

- Nel caso di gestione a scorta (PULL) dei componenti e dei sottoassiemi ogni fase del processo produttivo "vede" solamente la posizione di scorta immediatamente a valle



# Gestione a scorta

- Il fabbisogno informativo è costituito essenzialmente da:
  - criteri di rifornimento dei magazzini (per esempio i metodi basati sul calcolo del "lotto economico")
  - la dimensione del lotto
  - il lead-time di produzione
  - le scorte di sicurezza
  - le disponibilità ai singoli punti di giacenza
  - il livello di riordino

# Gestione a scorta

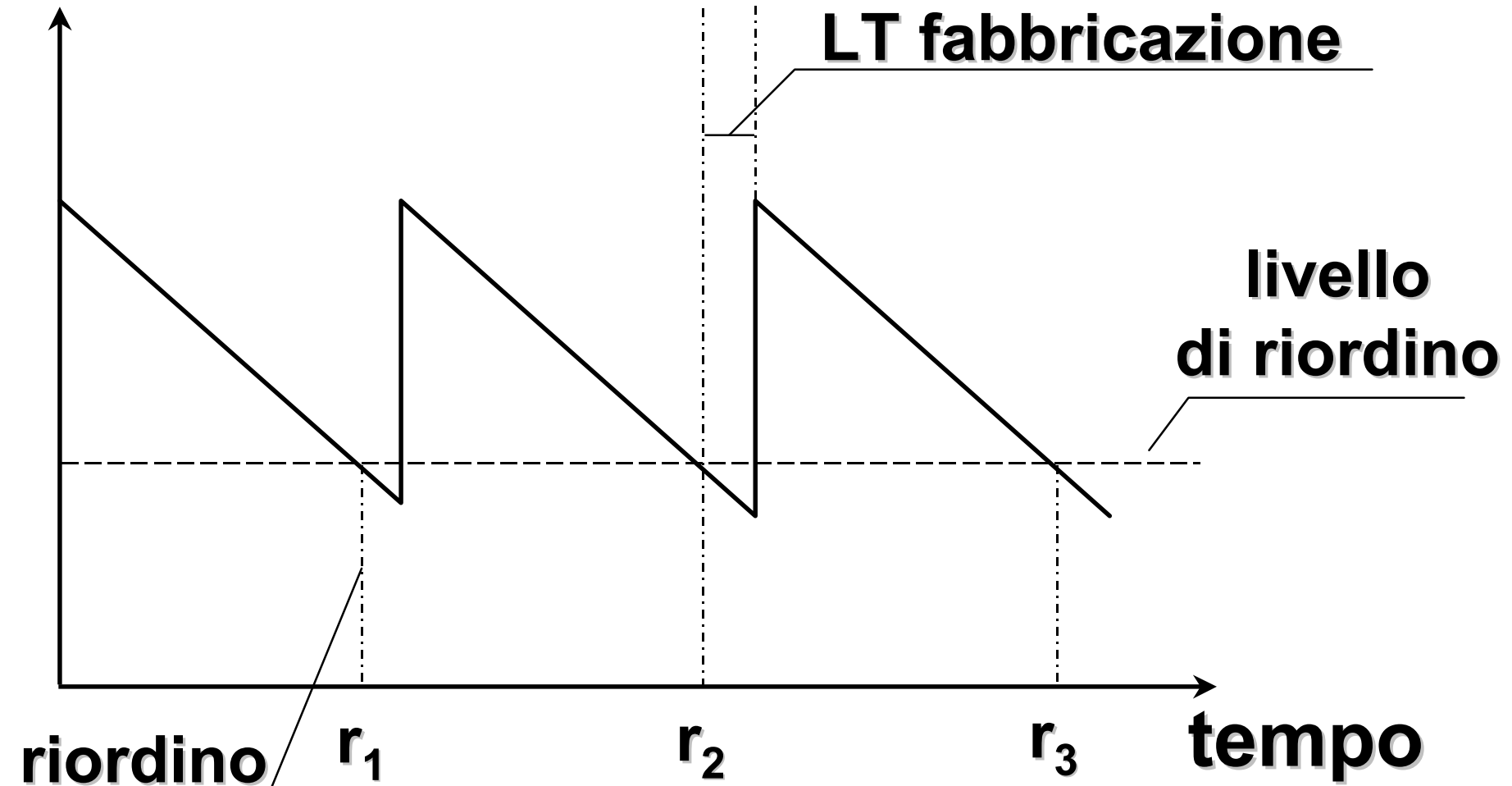
- Le condizioni per l'applicabilità di una metodologia di gestione a scorta (es. lotto economico) sono:
  - domanda uniforme
  - utilizzo graduale dello stock
  - indipendenza tra le domande di vari prodotti finiti
  - distribuzione normale degli errori di previsione

# Gestione a scorta

- Obiettivo della gestione a scorta è: "avere sempre (o quasi - in funzione del livello scelto) l'articolo a scorta"
- Questo obiettivo può non essere economico nei casi di sistemi produttivi e prodotti estremamente "complessi" (molte fasi, molti componenti diversi, distinte base profonde e ramificate)

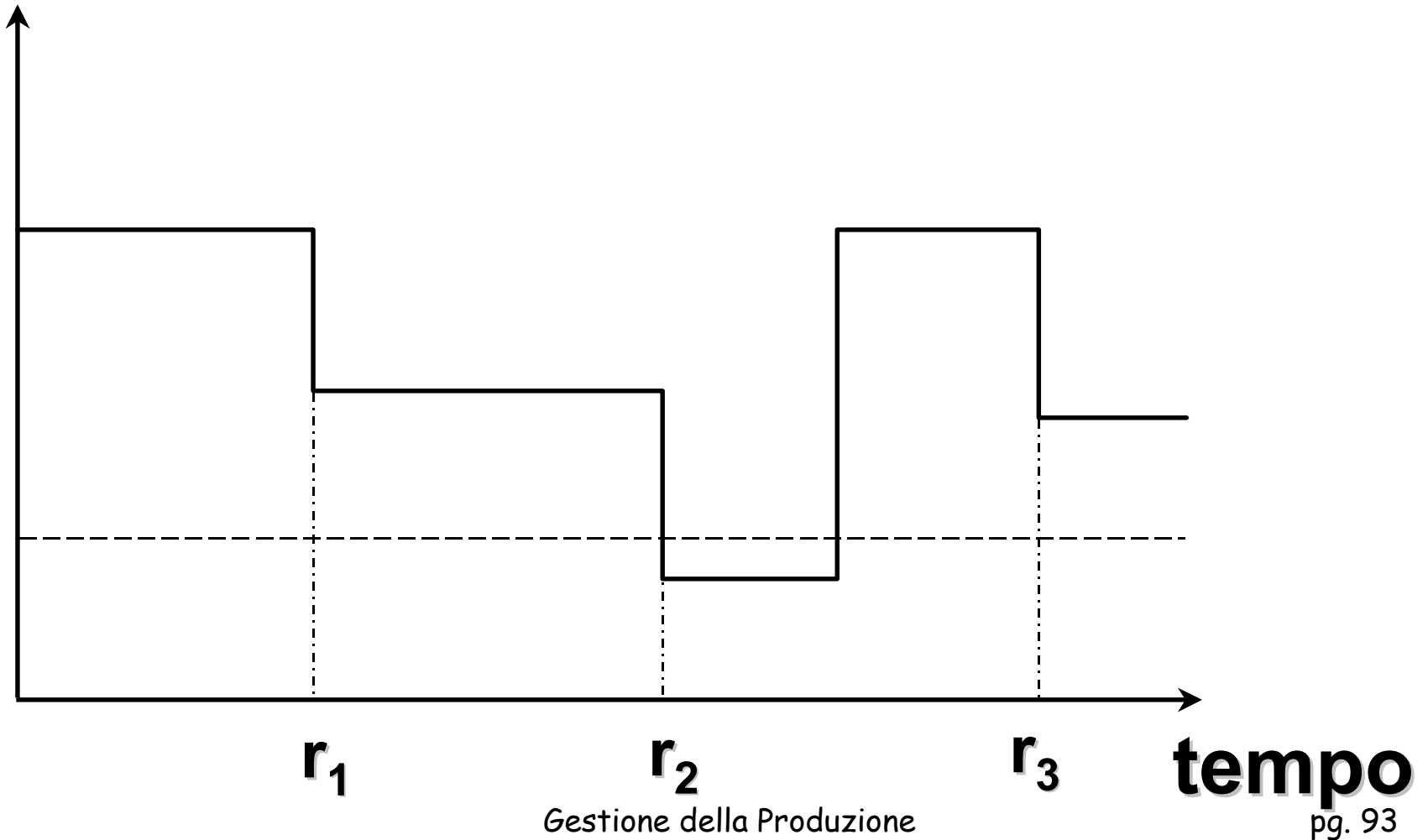
# prodotto finito

## giacenza



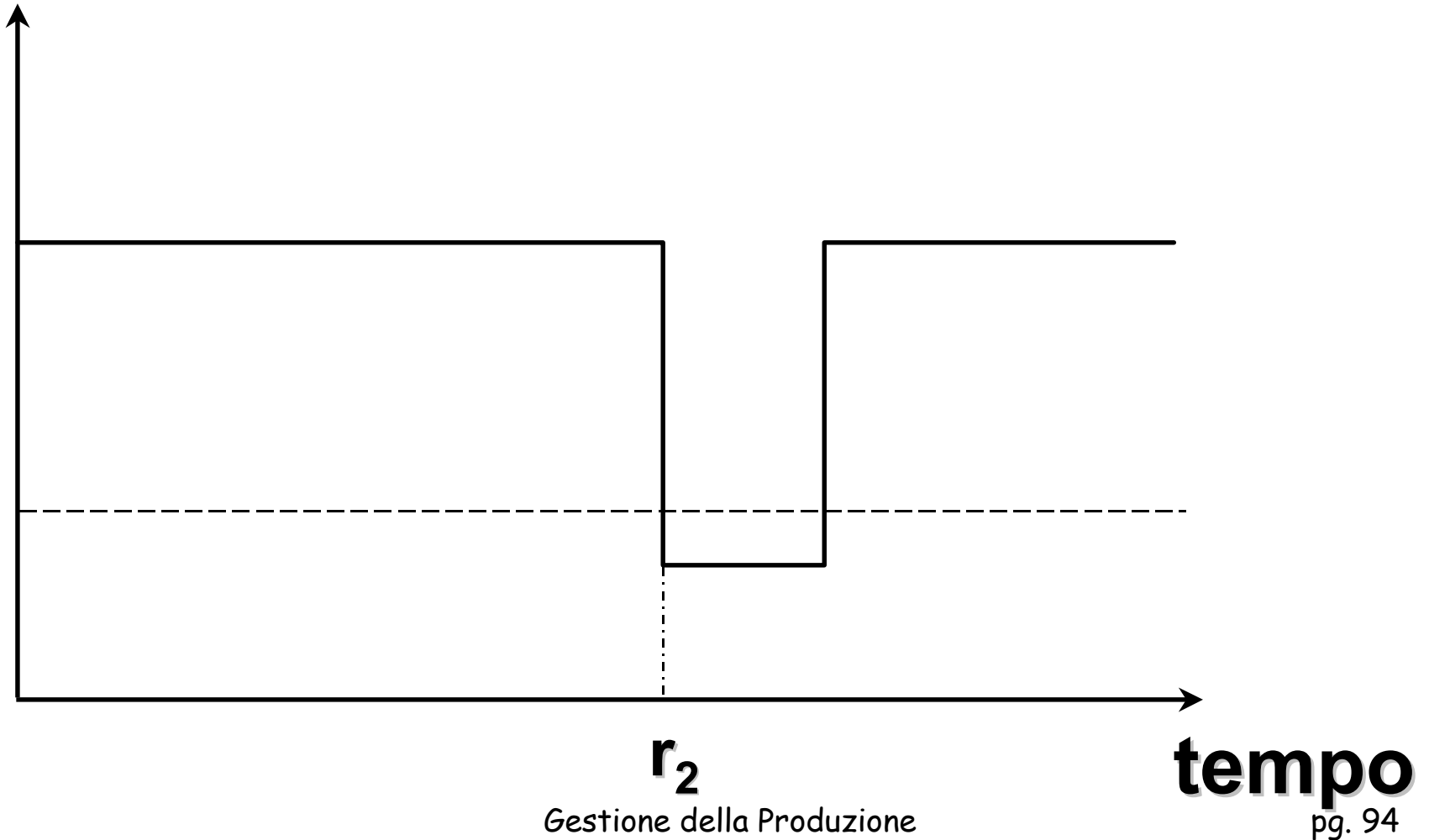
# semilavorato

## giacenza



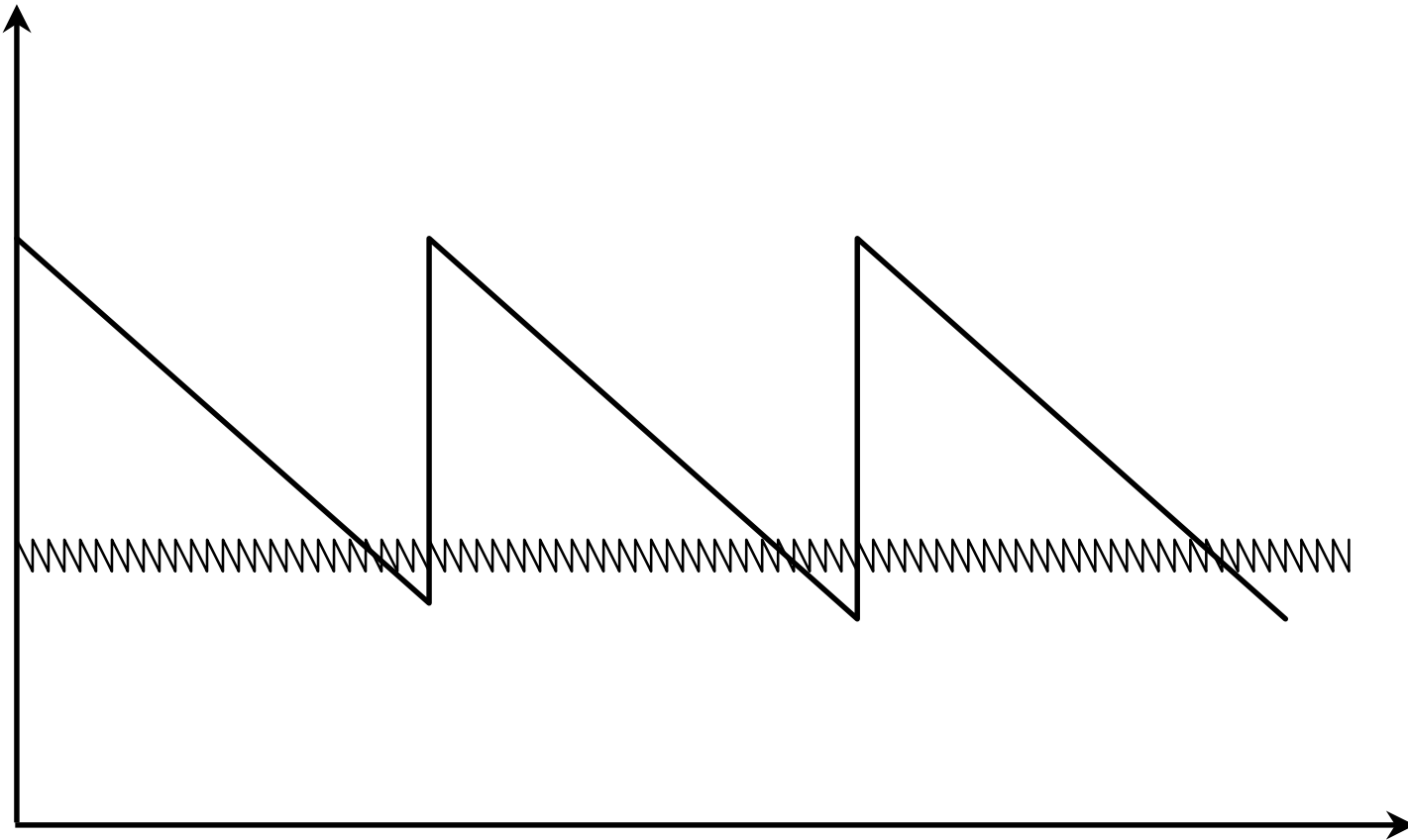
# materia prima

## giacenza



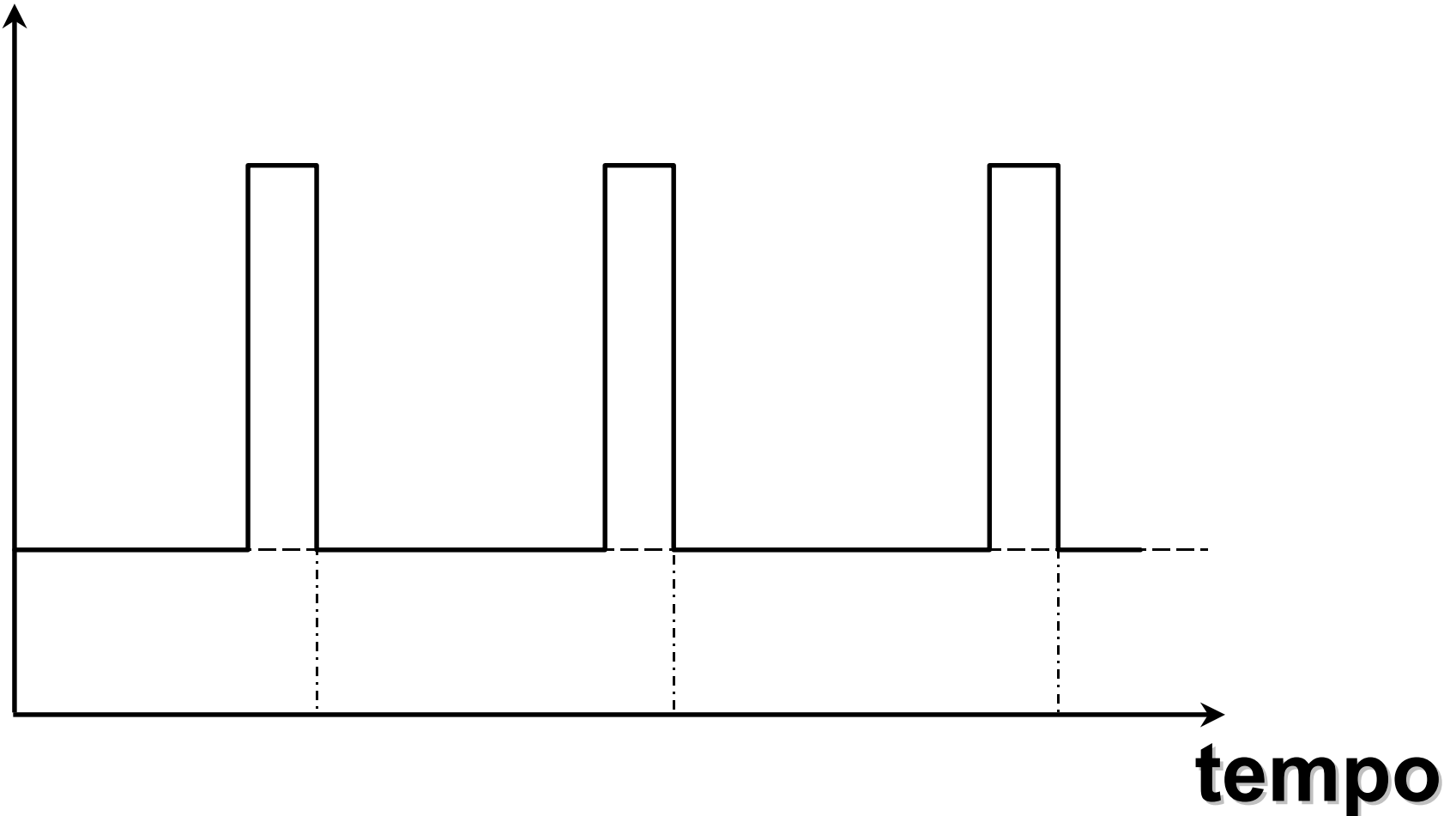
# prodotto finito

## giacenza



# semilavorato

## giacenza





# Gestione a fabbisogno

- Nel caso di gestione a fabbisogno (PUSH) dei componenti e dei sottoassiemi, le richieste di produzione DIPENDONO DIRETTAMENTE dal Master Production Schedule
- Obiettivo delle tecniche di gestione "a fabbisogno" è CALCOLARE "quali" assiemi, sottoassiemi, parti e materie prime siano necessarie alla realizzazione del MPS e "in quali quantità" e "quando" essi debbano essere approvvigionati al fine di assicurare il rispetto delle scadenze alle migliori condizioni di economicità
- Il fabbisogno di ogni componente è quindi "calcolato" e non "stimato" (derivato da analisi statistiche) come nelle procedure di gestione "a scorta"

# Gestione a fabbisogno

- Obiettivo è il **COORDINAMENTO DEGLI APPUNTAMENTI PRODUTTIVI**
- Il fabbisogno informativo è però assai superiore in quanto è necessario conoscere il MPS, le distinte base e considerare "contemporaneamente" tutti i dati relativi a tutti i prodotti-reparti

# Gestione a fabbisogno

- La procedura che realizza le elaborazioni previste dall'approccio PUSH è denominata MRP (Material Requirements Planning)
- La procedura MRP consiste essenzialmente nel proiettare, su quanti si voglia periodi futuri di tempo di lunghezza predeterminata, la situazione scorte di ciascun articolo

# MRP: introduzione

- Si tiene conto, per ciascun periodo:
  - del fabbisogno totale lordo di ogni codice
  - delle scorte disponibili a inizio periodo
  - degli ordini di produzione e approvvigionamento in essere
- Si determinano quindi, periodo per periodo, eventuali fabbisogni netti che:
  - lottizzati secondo opportuni criteri specifici per ogni articolo
  - tempificati in modo da tenere conto del tempo necessario all'approvvigionamento di ciascun articolo (lead-time)
  - conducono ad un piano di proposte di ordini di acquisto e di fabbricazione

# MRP: introduzione

- questi ultimi generano a loro volta (scendendo al livello inferiore della distinta base) fabbisogni di assiemi o componenti che vanno analizzati in modo analogo....
- ...il procedimento si esaurisce con l'analisi dei componenti elementari (codici di acquisto), detti anche "foglie" della distinta base

# MRP: dati necessari

- Le principali informazioni necessarie per gestire una procedura MRP sono essenzialmente:
  - Piano Principale di Produzione (MPS)
  - Informazioni tecniche:
    - Anagrafiche
      - codice,
      - descrizione,
      - unità di misura
      - provenienza (acquisto/fabbricazione) coefficiente di scarto di prodotto
      - codice ultimo livello
    - Strutturali (di legame)
      - coefficiente di impiego, validità del legame
      - coefficiente di scarto di processo e di correzione del lead time

# MRP: dati necessari

- Informazioni gestionali
  - fisse
    - lead time
    - scorta di sicurezza
    - criteri di lottizzazione
  - variabili
    - esistenza
    - scorta prenotata e scorta in corso di lavorazione

# Flusso di una procedura MRP

- La fase centrale della procedura è la determinazione dei fabbisogni e del piano ordini.
- Sono presenti i seguenti passi principali:
- A - Determinazione dei fabbisogni netti per periodo:
  - per ogni articolo viene determinata la scorta disponibile;
  - la SCORTA DISPONIBILE è data dalla giacenza fisica diminuita della scorta di sicurezza e della scorta già prenotata (impegnata)
  - i fabbisogni lordi vengono quindi ridotti progressivamente, a partire dal primo periodo, della scorta disponibile fino all'esaurimento di quest'ultima o dei fabbisogni lordi
  - se l'esaurimento riguarda la scorta disponibile la procedura considera eventuali ordini in corso relativi all'articolo considerato. I fabbisogni così risultanti sono i fabbisogni netti



# Flusso di una procedura MRP

- B - Lottizzazione
  - si applicano a questo livello regole di lottizzazione che possono essere specifiche da caso in caso; esempi di tali regole possono essere:
    - riordino pari al fabbisogno di periodo (cosiddetto Lot for Lot)
      - riordino a quantità fissa (es. "lotto economico")
      - riordino a quantità variabile dinamicamente

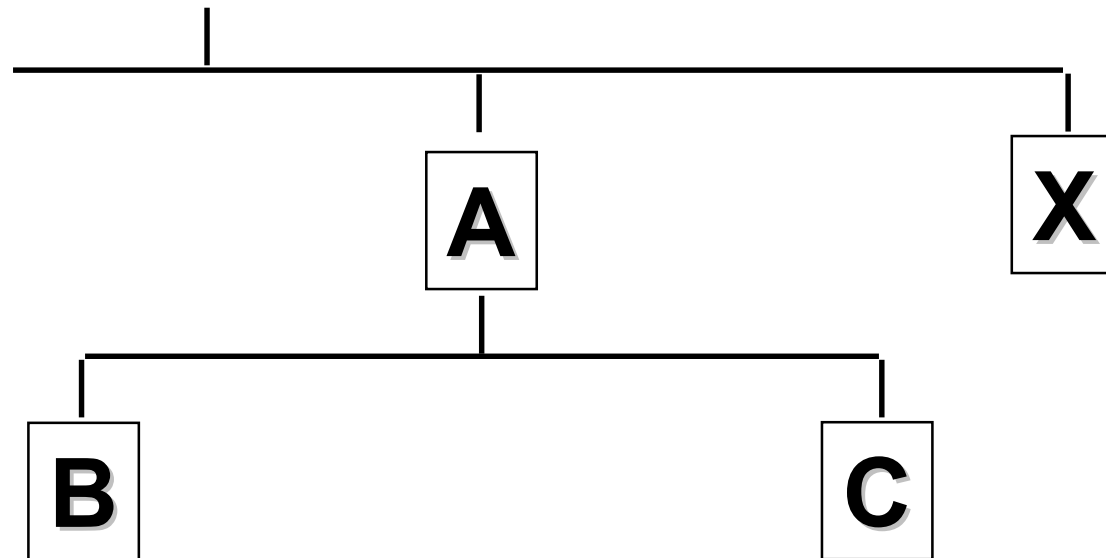
# Flusso di una procedura MRP

- C - Tempificazione dell'emissione ordini:
  - Si basa sulla definizione di LEAD TIME (da non confondersi con il TEMPO STANDARD)
    - Il LEAD TIME è "tempo che intercorre tra il momento in cui si emette un ordine per un dato articolo ed il momento in cui tale articolo si rende disponibile per l'impiego".
  - In base alla definizione di lead time, la data di prevista emissione dell'ordine si determina anticipando di un tempo pari al lead time dell'articolo la data alla quale l'articolo deve essere disponibile

# Flusso di una procedura MRP

- D - Determinazione dei fabbisogni lordi dei componenti:
  - Vengono qui applicate le informazioni strutturali (ESPLOSIONE DELLA DISTINTA BASE)...
  - ...in modo da poter tradurre il piano ordini calcolato per il codice di livello superiore in fabbisogno lordo interno per i codici suoi componenti

# MRP: esempio



# MRP: esempio

## dati del prodotto A

<b>Scorta di sicurezza</b>	<b>50 unità</b>
<b>Lead time</b>	<b>3 periodi</b>
<b>Politica di riordino</b>	<b>EOQ fissa</b>
<b>EOQ</b>	<b>150 unità</b>
<b>% scarti</b>	<b>10 %</b>
<b>Esistenza iniziale</b>	<b>170 unità</b>
<b>Quantità impegnata</b>	<b>0</b>
<b>Ordini in corso</b>	<b>48 unità (3° periodo)</b>

# MRP: esempio

## dati di legame

<b>legame</b>	<b>coeff. impiego</b>	<b>correz. sfridi</b>	<b>correz. lead time</b>
<b>A - B</b>	<b>2</b>	<b>10%</b>	<b>-</b>
<b>A - C</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-1 periodo</b>

# MRP: esempio

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Fabbisogno lordo interno</b>	50	30	20	10	40	60	50	10	10	50
<b>Fabbisogno lordo esterno</b>	10	10	10	10	10	20	20	20	20	20
<b>Fabbisogno lordo totale</b>	60	40	30	20	50	80	70	30	30	70
<b>Disponibilità iniziale</b>	120	60	20							
<b>Fabb. al netto del disponibile</b>			10	20	50	80	70	30	30	70

# MRP: esempio

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Fabb. al netto del disponibile</b>			10	20	50	80	70	30	30	70
<b>Fabb. corretto con scarti</b>			11	22	55	88	77	33	33	77
<b>Ordini in corso</b>			48							
<b>Fabb. al netto ordini in corso</b>					40	88	77	33	33	77
<b>Lottizzazione</b>					150		150			150
<b>Ordini da emettere</b>		150		150			150			



# MRP: esempio

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ordini di A da emettere</b>		150		150			150			
<b>Fabb. lordo di B dipendente da A</b>		330		330			330			
<b>Fabb. lordo di C dipendente da A</b>			150		150			150		

# Limiti della procedura MRP

- I problemi dei sistemi MRP sono generalmente riconducibili a tre ampie tematiche:
  - dati (il sistema richiede un elevato volume di dati e necessita estremo rigore nella gestione e nell'aggiornamento delle informazioni)
  - lead time
  - capacità produttiva

# Problemi connessi ai dati

- Dati tecnici: possibilità di errori di anagrafica, distinte, ecc. (stima: 3 caratteri errati su 1000)
- Incertezza sui dati di domanda, codici con lunghi lead times di approvvigionamento...
- Stato delle giacenze, disponibilità, errori di dichiarazione, avanzamento produzione...

# Problematiche connesse ai lead time

- Il Lead Time risulta essere variabile per natura; la sua variabilità è influenzata tanto da fattori tecnici, quanto da fattori organizzativi
- La stima dei lead time è quindi critica in quanto:
  - sottostimare i lead time favorisce situazioni di "stock-out" di componenti ... e quindi mette in crisi l'intera logica di gestione degli "appuntamenti" che è l'essenza dell'MRP
  - sovrastimare i lead time comporta il dilatarsi dell'orizzonte di programmazione (somma dei tempi di approvvigionamento, fabbricazione e montaggio del ciclo produttivo più lungo...  
Questo comporta:
    - una minore affidabilità dei dati (nel lungo periodo il portafoglio sarà composto da previsioni e meno da ordini certi)
    - un aumento del costo di mantenimento dei componenti in quanto essi vengono prodotti prima che effettivamente ce ne sia bisogno

# Soluzioni ai problemi degli MRP

- Alcuni problemi delle procedure MRP sono affrontabili mediante un'azione mirata alla razionalizzazione della gestione dei dati tecnici e gestionali, utilizzando le **PLANNING BILLS**
- Le planning bills sono gruppi artificiali di codici utilizzati per facilitare e migliorare il processo di pianificazione...
- ...oltre che per integrare le differenti fasi della programmazione della produzione per i prodotti complessi.

# Le "FAMILY BILLS"

- Il primo tipo di planning bills sono le "FAMILY BILLS", in cui:
  - a "livello 0" è presente un "tipo" (gruppo di famiglie),
  - a livello 1 sono presenti le famiglie vere e proprie,
  - ai livelli inferiori, le sottofamiglie, i "prodotti medi" o al limite i codici dei prodotti finiti o dei componenti/moduli critici.

# Ingranaggi

**Coppie coniche**  
c.u. = 0.30

**Coppie coniche per autocarri**  
c.u. = 0.55

**Iveco**  
c.u. = 0.45

**Pignone**

**Corona**

# Le "FAMILY BILLS"

- Tramite i coefficienti di utilizzo e tramite la struttura della family bill è possibile disaggregare i dati previsionali di medio-lungo periodo (generalmente calcolati solo per tipi) ...
- ... nei corrispondenti dati previsionali a livello famiglia e prodotto finito ed operare quindi un calcolo del MPS su un più ampio orizzonte temporale.



# Le "SUPER BILLS"

- Un secondo tipo di distinta utile soprattutto a monte dei sistemi MRP per rendere più affidabile la fase di formulazione del MPS è denominato "SUPER BILL".
- Il codice di livello 0 di una super bill è il "PRODOTTO MEDIO" che, in alcuni casi, può coincidere con l'ultimo livello della family bill.
- Le super bills trovano applicazione quando il prodotto finito è offerto con una serie di funzioni, ciascuna delle quali presenta differenti opzioni.

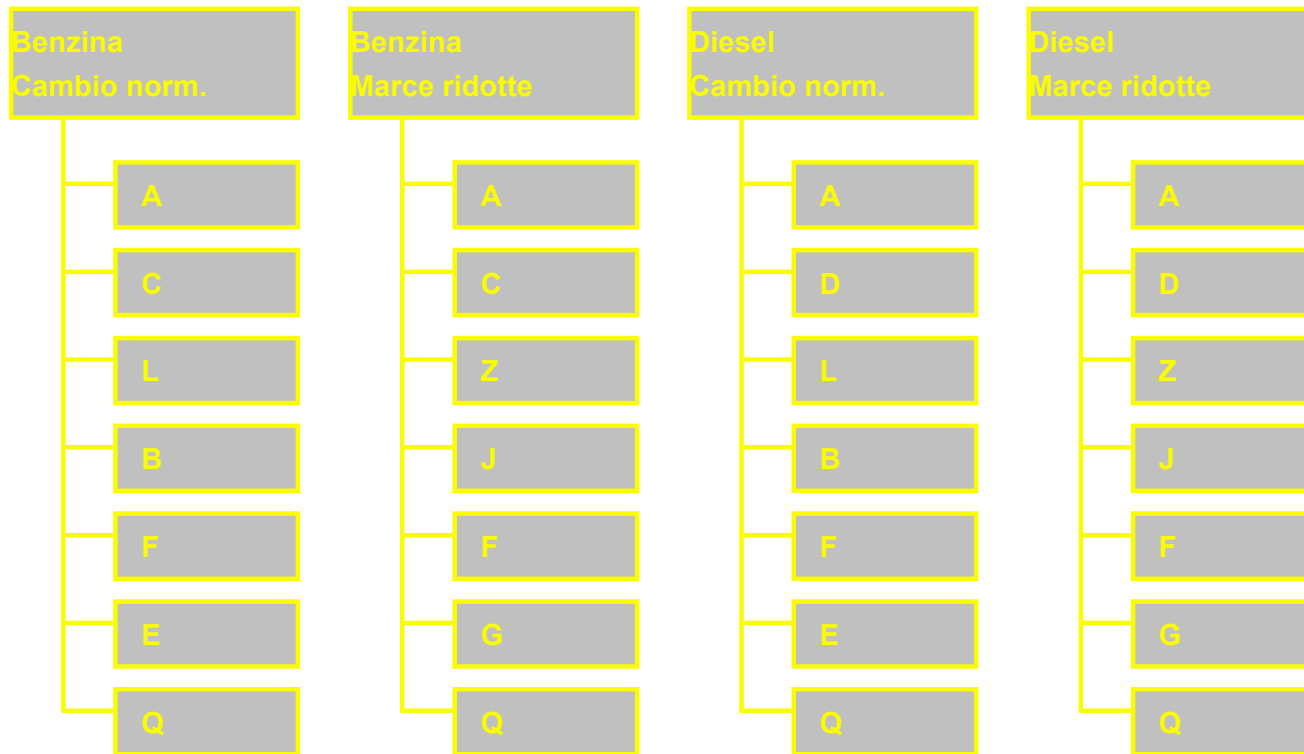
# Esempio: trattore Taurus

- Dalle combinazione delle diverse opzioni del trattore Taurus si ottengono complessivamente 576 configurazioni possibili.

<b>Funzioni</b>	<b>Opzioni</b>	
<b>n. ruote</b>	<b>3</b>	<b>4 / 2+1 / 1+2</b>
<b>motore</b>	<b>2</b>	<b>benzina/diesel</b>
<b>potenza</b>	<b>4</b>	<b>40/50/60/70 kW</b>
<b>cambio</b>	<b>2</b>	<b>normale/ridotte</b>
<b>sterzo</b>	<b>2</b>	<b>normale/servoassistito</b>
<b>attacco posteriore</b>	<b>2</b>	<b>normale/ribassato</b>
<b>presa di forza</b>	<b>3</b>	<b>sì/no/speciale</b>

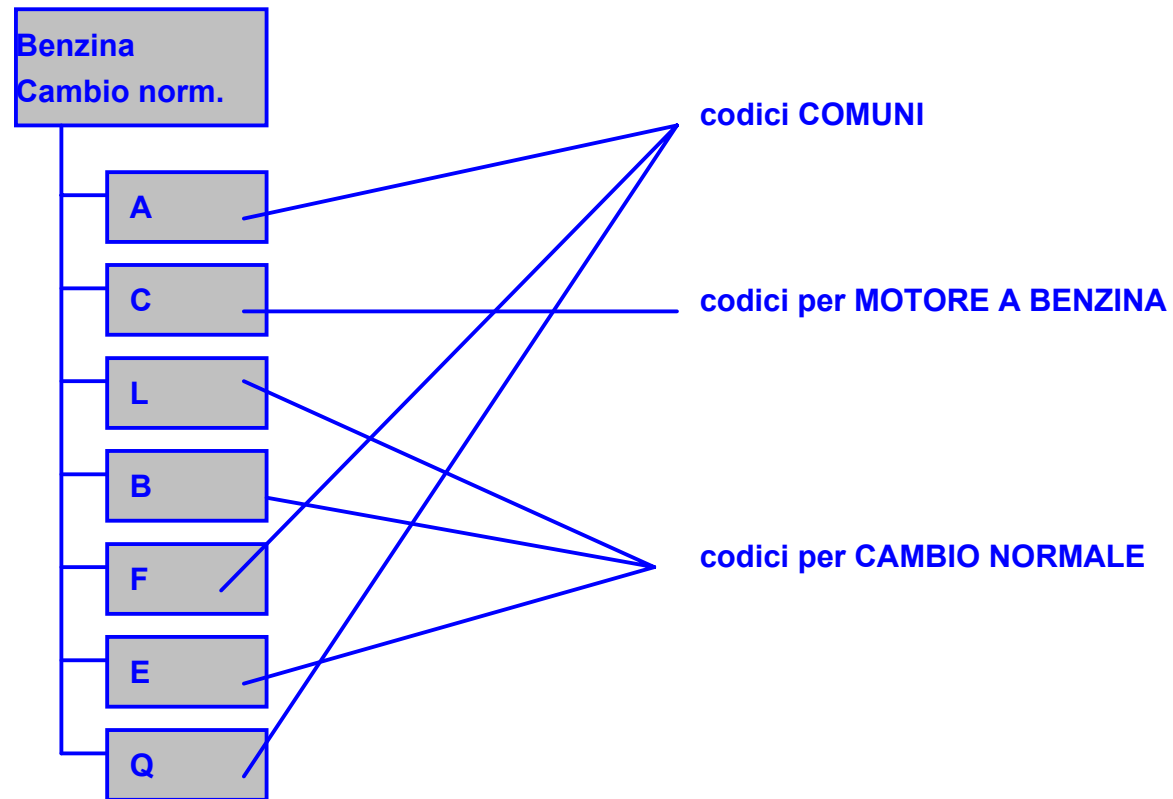
# Le "SUPER BILLS" : esempio

- Viene innanzi tutto realizzata un'analisi delle comunanze tra i componenti per ciascuna coppia funzione + opzione.



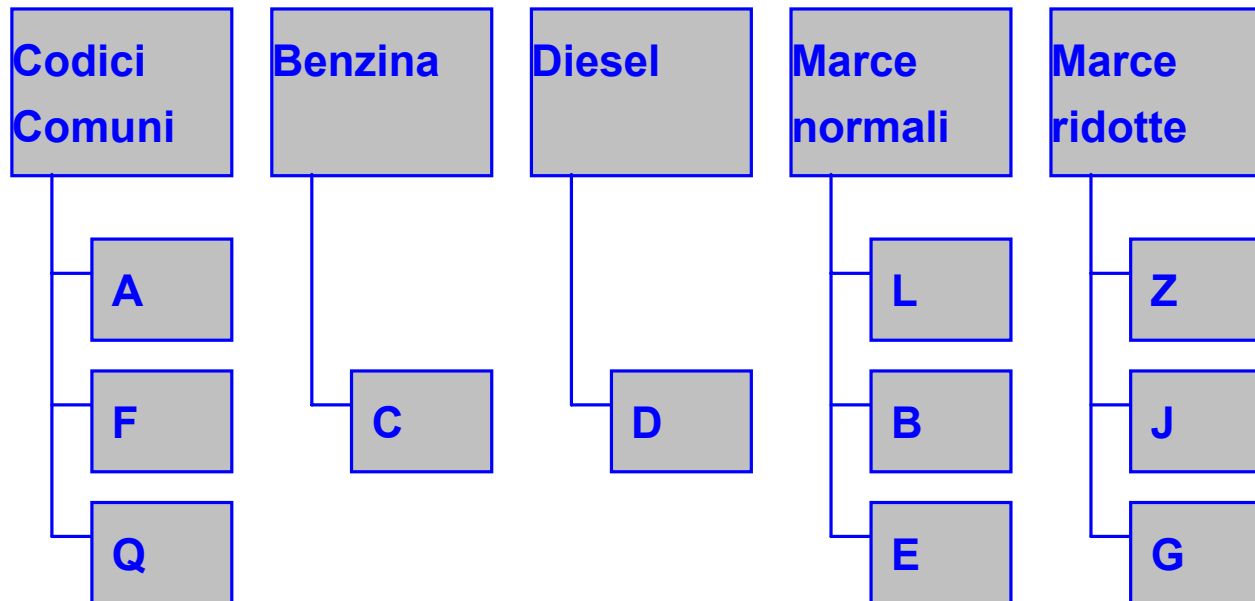
# Le "SUPER BILLS" : esempio

- Analisi comunanze



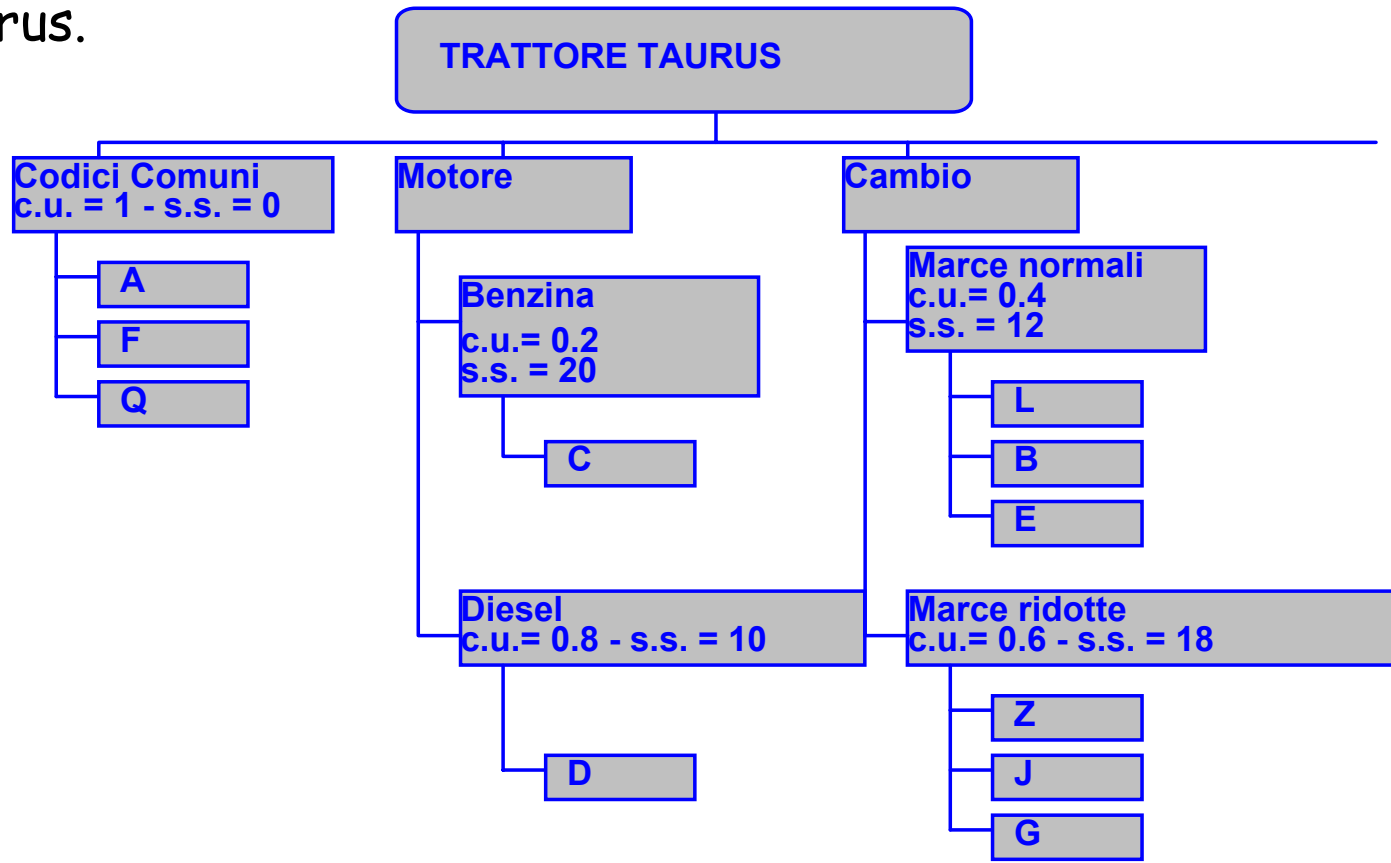
# Le "SUPER BILL" : esempio

- Questo permette di organizzare le distinte in distinte modulari (Modular bills) che sono distinte fittizie che contengono tutti i codici di una stessa opzione.



# Le "SUPER BILL" : esempio

- e quindi di costruire la distinta "Super bill" del Trattore Taurus.



# Le "SUPER BILL" : esempio

- Disponendo di previsioni a livello Trattore Taurus è pertanto possibile procedere in anticipo all'approvvigionamento dei componenti che hanno un lungo lead time di acquisto...
- ...sulla base di un dato previsionale aggregato (non di 576 previsioni), anticipando così le elaborazioni MRP.

# JUST IN TIME



# **Just-In-Time: la definizione**

**E' una filosofia manifatturiera basata sulla  
eliminazione di tutti gli sprechi  
e sul  
continuo miglioramento  
della produttività, dalla ingegnerizzazione  
del prodotto fino alla sua distribuzione.**

**Si può applicare a tutte le forme di processo  
manifatturiero.**

# Il concetto di “valore” (1)

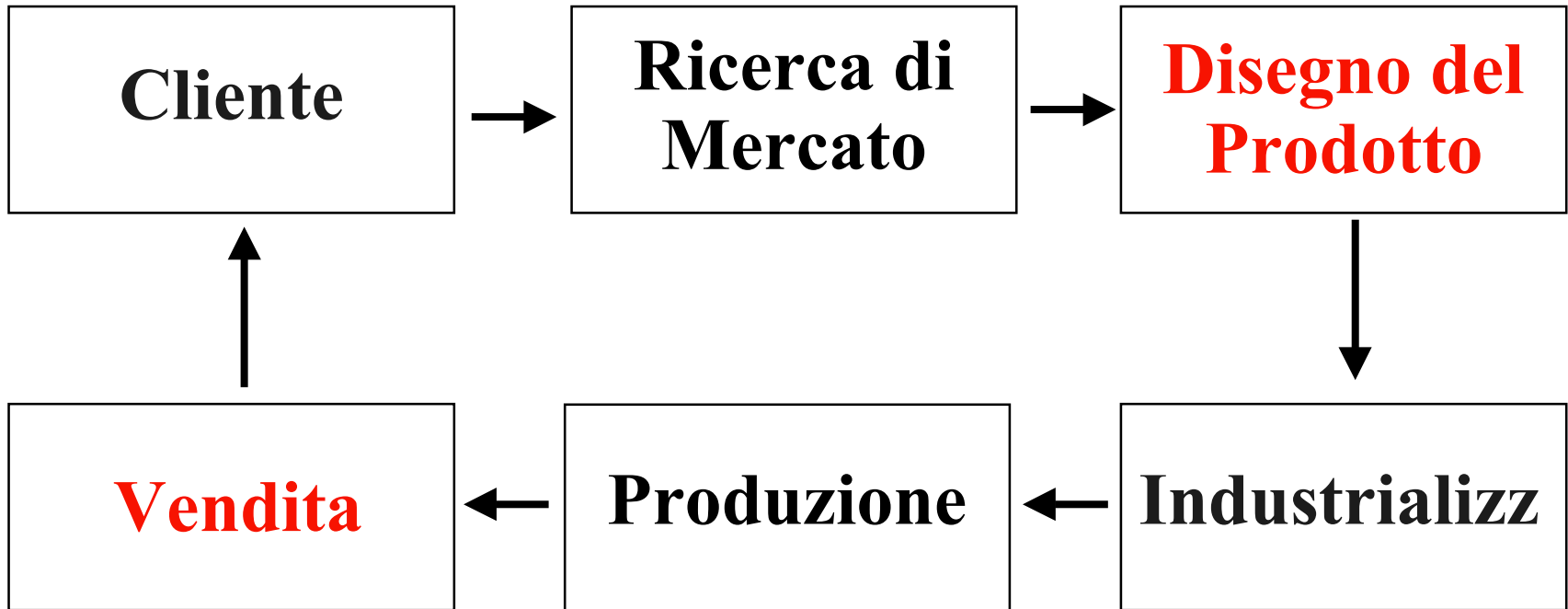
Il **valore** per il **cliente** è avere il prodotto voluto nelle quantità richieste, al tempo e al posto giusto

Il prodotto ha **valore** se soddisfa i fabbisogni effettivi e percepiti dal **cliente** per un prezzo ritenuto ragionevole

# **Il concetto di “valore” (2)**

**Ogni attività che  
non aggiunge valore  
dal punto di vista del cliente è  
spreco**

# Il ciclo del prodotto



# Il prodotto ideale

- Dal punto di vista del cliente:
  - soddisfare o superare le aspettative
- Dal punto di vista del disegno:
  - tutto ciò che aggiunge valore al cliente
- Dal punto di vista produttivo:
  - bassi costi e alta rotazione degli impianti
  - nessuno spreco di materiali e lavoro
  - è stato già prodotto

# I 7 sprechi causati dalla produzione

- ① Processo: operazione errate, utilizzo di macchinari o utensili non corretti
- ② Metodi: movimentazioni inutili per layout scadente, attrezzature inadeguate
- ③ Movimentazione: trasporto materiali, ricezione, immagazzinaggio, rintracciabilità

# I miglioramenti

## Prodotto

- standardizzazione
- modularizzazione

## Processo

- revisione layout
- linee/macchine dedicate
- produzione mix-model
- riduzione tempi di set-up

## Gestione

- pianificazione livellata
- riduz. lotti/stock/lead-time
- distinta base piatta
- controllo "pull" del processo (kanban)

## Organizzazione

- controllo in linea
- manutenzione preventiva
- mobilità/flessibilità orario
- autonomia decisionale
- struttura organizzativa orientata al prodotto

## Fornitori

- riduzione numero fornitori
- autocertificazione
- accordi di lungo termine

# Produzione “mixed-model”

- Per mantenere un flusso livellato bisognerebbe produrre ciascun giorno lo stesso mix di prodotti.  
Questo sistema è chiamato mixed-model scheduling
- Poiché il numero di set-up probabilmente aumenterà, bisogna anche essere capaci a ridurre il tempo di questi attrezzaggi



# **Controllo del processo: il sistema “pull” (1)**

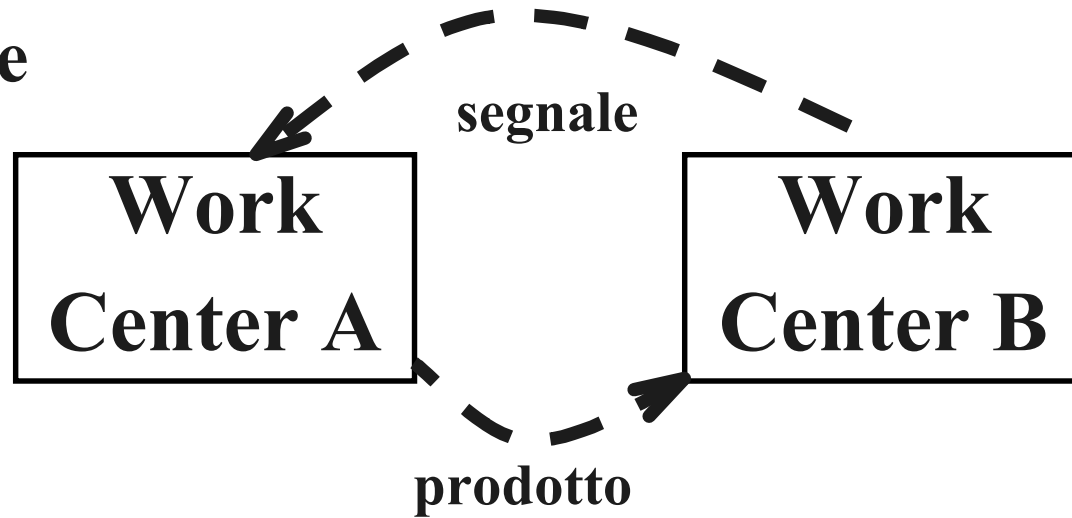
- **La richiesta di produzione, per una certa stazione di lavoro, dovrebbe pervenire dalla successiva stazione**
- **Con il sistema pull si parte dalla fine della linea e si “tira” il prodotto dalla precedente operazione solo quando è necessario**

# Controllo “pull” del processo: il kanban

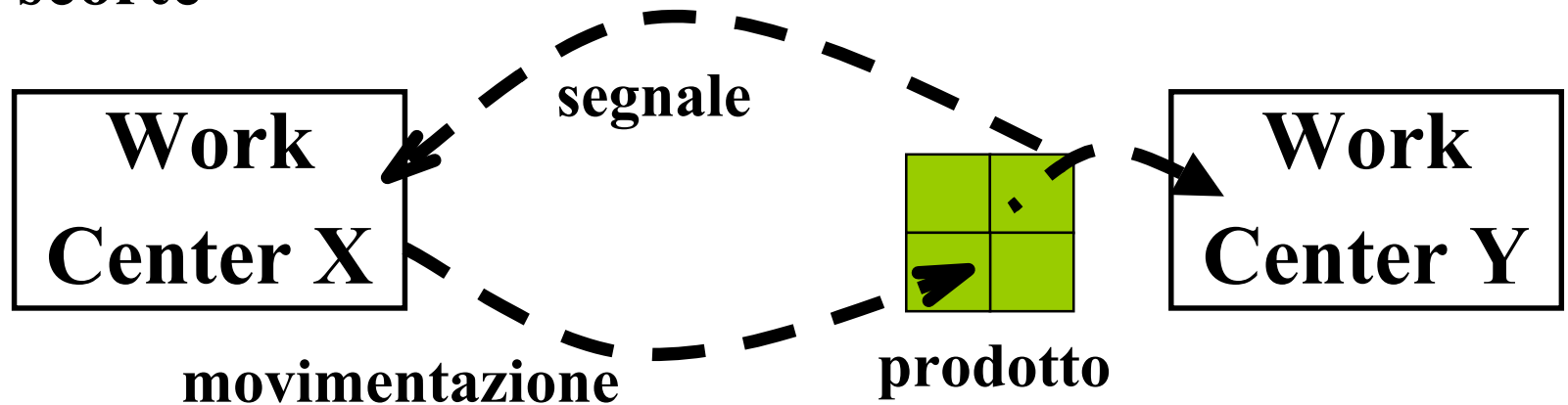
- **E' una tecnica usata nella produzione Just-in-Time che utilizza contenitori standard e cartellini, gestiti da un sistema a vista.**
- **Questo, di fatto, è un sistema a Punto di Riordino con Quantità fissa**

# Sistema Pull con kanban

senza scorte



con scorte



# Calcolo del Numero di Kanban

$$N = \frac{D \times LT \times (1+a)}{b}$$

**dove: N** numero di kanban

**D** domanda per unità di tempo

**LT** lead-time

**a** percentuale di sicurezza

**b** capacità contenitore (num. pezzi)

# Regole per mantenere un sistema “Pull” con kanban:

- ciascun contenitore deve avere un kanban
- le parti sono sempre “tirate” dall'utilizzatore
- nessuna parte deve essere prodotta senza le richieste kanban
- tutti i contenitori hanno una quantità ben specificata
- non è permessa una produzione “extra; la produzione può solo partire dopo il ricevimento di un cartellino kanban

# Programmazione kanban: i pre-requisiti

1. lead-time noti e stabili
2. futuro = passato
3. la domanda è costante
4. non ci sono conflitti di priorità
5. non occorre "guardare avanti"

# Soddisfare i pre-requisiti

1. lead-time corti
2. lotti piccoli
3. pianificazione "mixed-model"
4. pianificazione semplificata delle capacità (flusso stabile, operatori con addestramento polifunzionale, macchinario flessibile)

# Le relazioni con i fornitori (1)

- **Le riduzioni di costo che si possono creare, sono equamente condivise tra produttore e fornitore**
- **I fornitori devono:**
  - avere alta e affidabile qualità
  - essere capaci di produrre e consegnare in lotti piccoli e frequenti



# Benefici del JIT per i fornitori

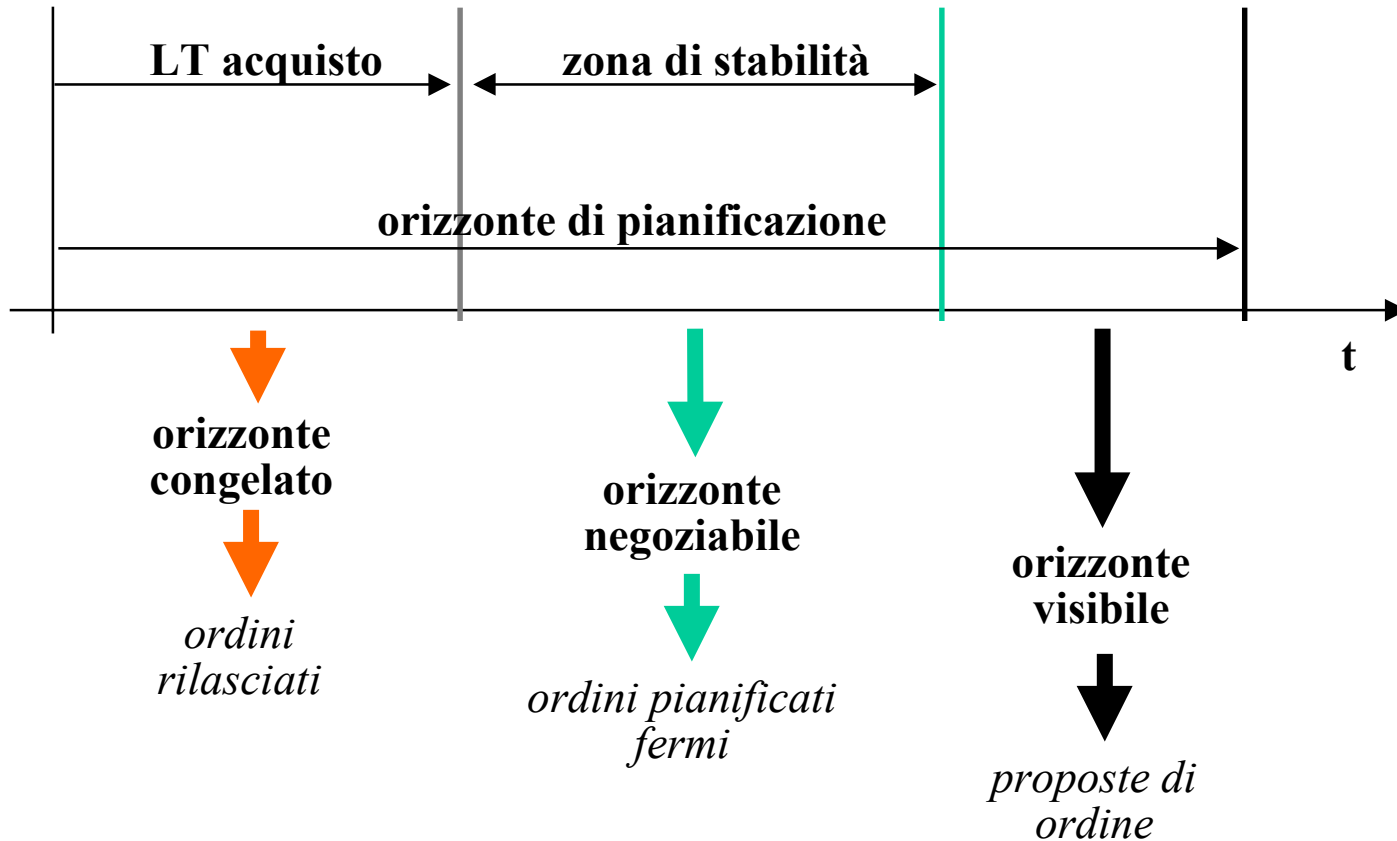
- Più ampia condivisione del business
- Contratti a lungo termine
- Miglioramenti nella capacità di pianificare
- Miglioramenti nella competitività

# Obiettivi importanti per gli acquisti

1. qualità alla fonte
2. produzioni sincronizzate
3. piani realistici e stabili
4. consegne affidabili

**cooperazione**

# Acquisti: le "barriere temporali"



## *Fornitura in autocertificazione (1)*

**Presuppone la presenza c/o il fornitore di:**

- organizzazione di controllo qualità**
- strumenti idonei al controllo**
- disponibilità di prescrizioni chiare**
- macchine ed attrezzature idonee a garantire la capacità di processo necessaria**

## Fornitura in autocertificazione (2)

### Esempio di programma di certificazione prodotto:

- preparazione e revisione specifiche - analisi specifiche col fornitore
- qualificazione fornitore - analisi della sua organizzazione



Richiesta al fornitore del certificato di controllo prodotto

si ↓

Fornitore di classe B



- avvio forniture
- controllo accettazione
- audit c/o fornitore

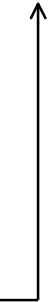


no ↓

Fornitore di classe C



- avvio forniture
- controllo accettazione
- audit c/o fornitore



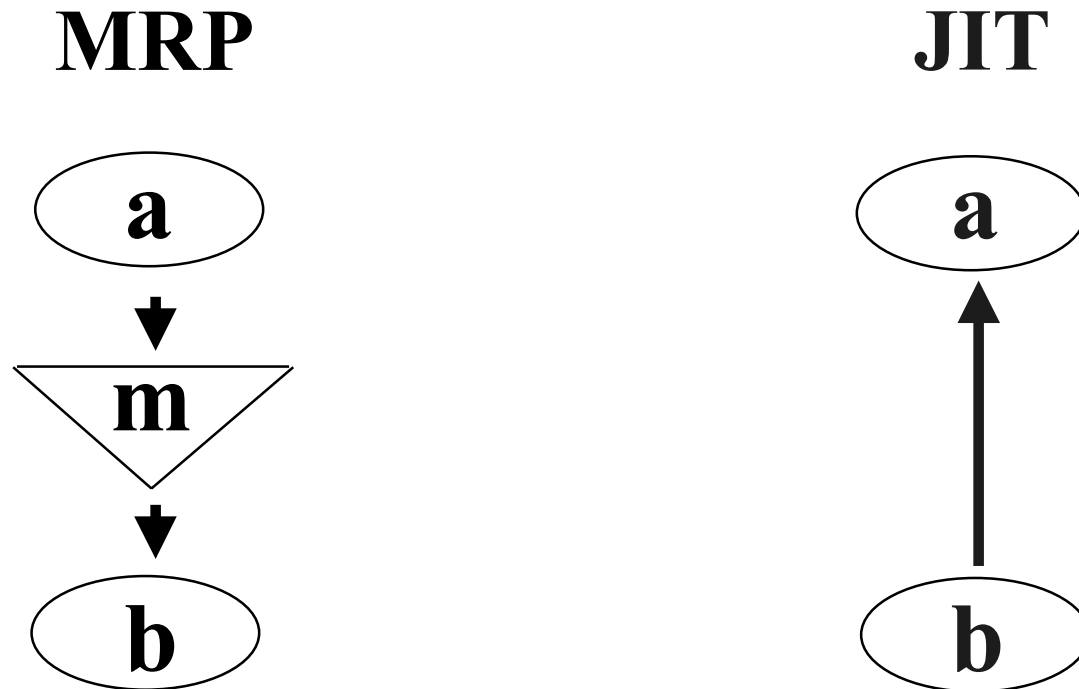
- definizione scheda controllo processo
- correlazione dati di controllo accettazione (Fornitore-Cliente)
- analisi incrociata metodi di prova attrezzature - audit c/o fornitore



Fornitore di classe A

**Certificato FREE PASS**

# JIT ed MRP: la differenza di base



# Effetto di un ambiente JIT sull'MRP

- L'MRP pianifica i materiali in funzione delle distinte basi, dei lead-time e delle disponibilità di magazzino.
- Il JIT modifica questo approccio in:
  - il "time-bucket" si riduce (da settiman. a giorno);
  - non si richiede il "netting" (perché non esistono scorte);
  - il calcolo dei fabbisogni è più veloce perché le distinte basi sono appiattite
- Il sistema JIT ridurrà le giacenze nel sistema e per questo la gestione delle scorte diventerà più semplice.
- Tuttavia, se le quantità d'ordine sono ridotte e la domanda annuale rimane la stessa, si dovranno emettere più ordini di lavoro, più "carta" deve essere stampata e più transazioni devono essere registrate

# Il sistema "back-flushing"

- Per diminuire il numero di transazioni da memorizzare si usa normalmente un sistema chiamato "back-flushing" o "post-deduct"
- Quando un prodotto finito entra a magazzino vengono scaricati (automaticamente) tutti i materiali occorrenti a formare il prodotto (evitando così di caricare e scaricare i vari magazzini e wip intermedi)



# Il ruolo dei collaboratori (1)

- Un ambiente JIT di successo può essere acquisito solo con la cooperazione ed il coinvolgimento di tutta l'organizzazione.
- Chi opera, invece di essere ricevitore di ordini, deve assumersi la responsabilità per migliorare i processi, eliminare gli sprechi ed essere promotore del miglioramento continuo
- Le attività non devono includere solo il lavoro "diretto" ma anche una varietà di lavori tradizionalmente "indiretti" (manutenzione, operazioni di magazzino, controllo avanzamento produzione, etc)
- Un importante aspetto del JIT è che i lavoratori devono avere orari più flessibili ed essere "polivalenti", così come devono essere più flessibili le macchine, capaci anche di cambi veloci

# Il ruolo del management

- Anche il ruolo dei responsabili deve cambiare: tradizionalmente questi hanno avuto il compito di pianificare, organizzare e supervisionare le operazioni; ora molti di questi compiti sono svolti da lavoratori in linea
- Nel JIT c'è più enfasi sul ruolo della leadership. I manager devono diventare "trainers" e sviluppare le capacità dei lavoratori e presiedere al loro coordinamento

# Sommario (1)

- Il Just-In-Time è una filosofia che cerca di eliminare gli sprechi attraverso un continuo miglioramento
- Le tecniche del JIT si applicano e si sviluppano meglio con una produzione ripetitiva
- Stabilizzare e livellare la Produzione è, quindi, un prerequisito per avere un effettivo sistema JIT
- Molti dei concetti e principi base del JIT sono altresì appropriati per ogni forma di organizzazione industriale; tra questi:
  - standardizzazione materiali
  - riduzione livelli di distinta base
  - miglioramento qualità totale
  - nuove relazioni con i fornitori
  - manutenzione preventiva
  - riduzione dello stock
  - riduzione del set-up
  - coinvolgimento dei collaboratori
  - aumento flessibilità processo
  - riduzione del lead-time
  - riduzione report di produz.
  - riduzione transazioni di processo

# LA PROGRAMMAZIONE OPERATIVA o SCHEDULING

# Contenuto

- Tradurre gli ORDINI di PRODUZIONE (intesi come decisioni di effettuare in determinati periodi certe produzioni) in ORDINI DI PRODUZIONE OPERATIVI (intesi come decisioni di effettuare in determinati momenti le necessarie operazioni produttive su determinati centri di lavoro o macchine)

# Le decisioni

- ALLOCAZIONE delle operazioni ALLE varie RISORSE PRODUTTIVE ("con che cosa produrre")
- ALLOCAZIONE NEL TEMPO ("quando produrre")
- SEQUENZIAMENTO DEI LAVORI SULLE RISORSE PRODUTTIVE ("in che ordine produrre")

# I vincoli

- di Capacità
  - macchine, linee, disponibilità manodopera
- Tecnologici
  - sovrapposizioni di fase, lotti tecnici, soste tecnologiche, sincronizzazioni
- di Sequenza
  - attrezzaggio a matrice, sequenze fisse predefinite, campagne
- di Disponibilità materiali
  - disponibilità on hand, ordini rilasciati, ecc.
- Organizzativi

# Le ipotesi

- la disponibilità delle risorse è nota
- una sola risorsa critica
- job e cicli definiti
- tutti i job devono essere compiuti
- tempi di trasporto e buffer trascurabili
- un job alla volta su ogni macchina
- costi di mantenimento trascurabili



# Classificazione dei modelli

- in base al sistema produttivo
- in base agli obiettivi
- in base al tipo di tecnica risolutiva

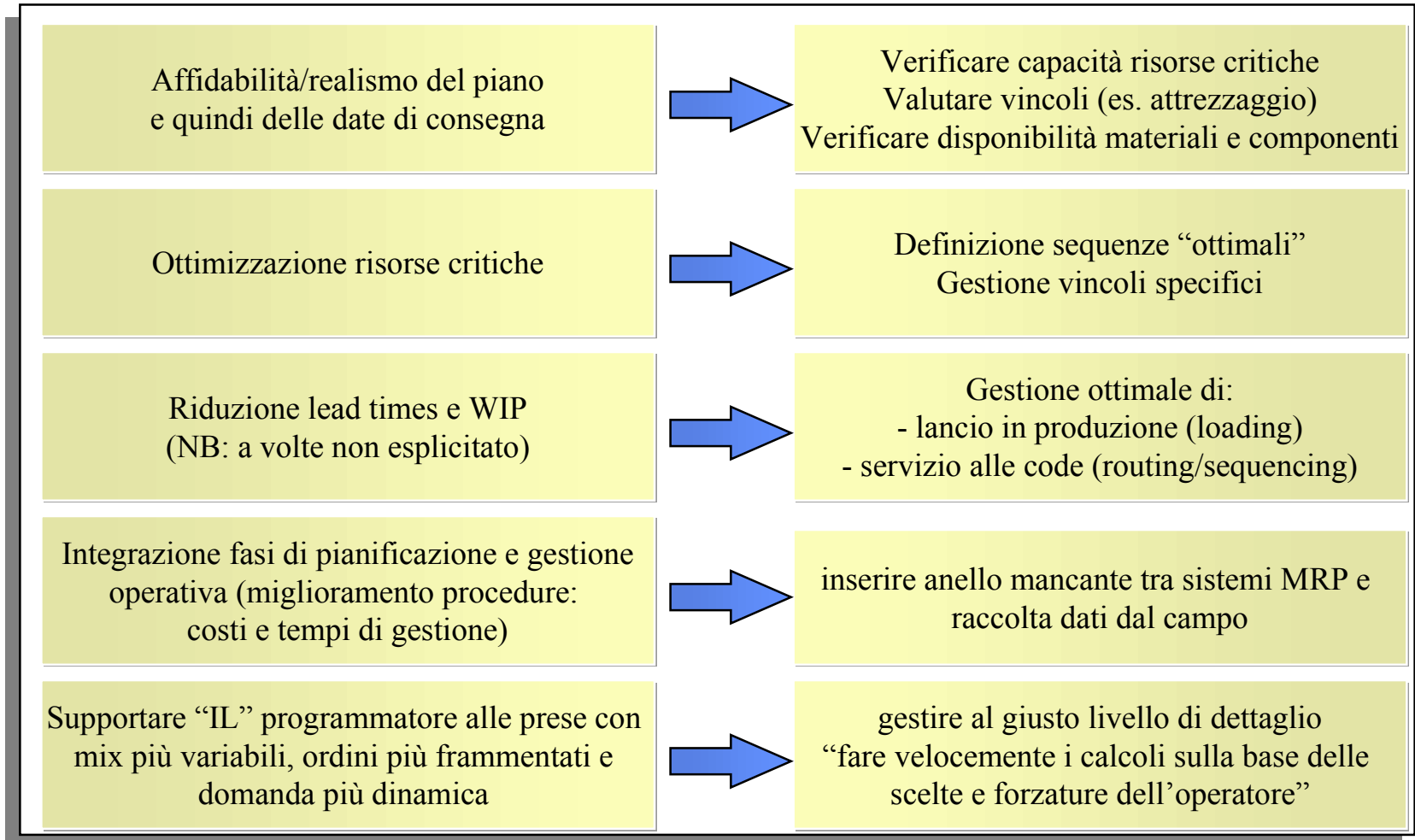
# Classificazione in base al sistema produttivo

- macchina singola
- macchine parallele identiche
- macchine parallele generiche
- flow shop
- job shop
- job shop con magazzino a valle

# Modalità produttive prodotto e processo

	<b>Flusso Continuo</b>	<b>A lotti</b>
<b>Discreto</b>	<b>PROCESSI DISCRETI A FLUSSO</b> automobili elettrodomestici computer	<b>PROCESSI DISCRETI A LOTTI</b> macchine utensili meccanica varia abbigliamento
<b>Continuo</b>	<b>PROCESSI CONTINUI A FLUSSO</b> chimica base siderurgia cemento	<b>PROCESSI DISCRETI A LOTTI</b> alimentare farmaceutico cartiere

# Gli obiettivi specifici



# I gradi di libertà da gestire



# Classificazione in base agli obiettivi

- lateness  $L_j = C_j - d_j$
- tardiness  $T_j = \max [ 0, L_j ]$
- flowtime  $F_j = C_j - I_j$
- makespan  $MAK = \max[ C_j ] - \min[ I_j ]$

# Classificazione in base agli obiettivi

**Medio lateness**  $LM = \frac{\sum_j L_j}{N}$

**Medio tardiness**  $TM = \frac{\sum_j T_j}{N}$

**Medio flowtime**  $FM = \frac{\sum_j F_j}{N}$

# Classificazione in base agli obiettivi

**Numero job in ritardo**  $NT = \sum_j \delta(T_j)$

**dove**  $\delta(T_j) = 1$ , se  $T_j > 0$ ,

$\delta(T_j) = 0$ , se  $T_j = 0$



# Classificazione in base agli obiettivi

**Coefficiente di saturazione medio:**

$$TSM = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N t_{ij}}{M * MAK}$$

# Classificazione in base al tipo di tecnica

- metodi di ottimizzazione analitici
- metodi di ottimizzazione algoritmici
- metodi euristici (interattivi/non)
- sistemi esperti, agenti autonomi,..
- simulazione

# Classificazione in base al tipo di tecnica

- **TECNICHE DI OTTIMIZZAZIONE**
  - Consentono l'ottenimento della miglior soluzione possibile in rapporto all'obiettivo posto ed ai vincoli considerati. Si distinguono le seguenti categorie:
    - metodi **ANALITICI**: forniscono la soluzione ottima attraverso la risoluzione di una formula, o un sistema di equazioni (algebriche o differenziali). Si suddividono a loro volta, a seconda della natura delle variabili decisionali, in:
      - metodi **CONTINUI**, che prevedono la ricerca delle soluzioni in un dominio continuo delle variabili decisionali. A seconda della natura delle equazioni risolutive essi possono essere algebriche o differenziali; esempi di applicazioni: teoria del controllo.
      - metodi **DISCRETI**, che svolgono la ricerca delle soluzioni in un dominio discreto delle variabili decisionali.

# Classificazione in base al tipo di tecnica

- metodi **ALGORITMICI**: si sviluppano attraverso l'esecuzione sistematica di una serie di passi organizzati in un algoritmo. Si distinguono:
  - metodi **ENUMERATIVI**, che permettono il raggiungimento della soluzione ottima confrontando tra loro le soluzioni accettabili e scegliendo la migliore. Esistono metodi espliciti (tutte le soluzioni accettabili sono esplicitamente esaminate) ed impliciti (si esaminano solo le soluzioni che potrebbero essere ottimali); esempi di applicazione: **BRANCH & BOUND**, **PROGRAMMAZIONE DINAMICA**
  - metodi **DI CALCOLO**, che pervengono alla soluzione ottimale attraverso l'utilizzo di opportune tecniche risolutive di calcolo numerico; esempi di applicazione: **METODO DEL SIMPLESSO**.

# Classificazione in base al tipo di tecnica

- **METODI EURISTICI**

- Non assicurano l'ottenimento della soluzione migliore in rapporto all'obiettivo posto. Assicurano invece l'ottenimento di una soluzione ragionevolmente buona in relazione a tale obiettivo. Si distinguono le seguenti categorie:
  - metodi per **SOSTITUZIONE DI OBIETTIVI**. Operano la sostituzione dell'obiettivo posto con un secondo obiettivo, che abbia una dipendenza dalle variabili decisionali meno complessa; esempio: si massimizza il bilanciamento dei carichi invece di minimizzare il makespan

# Classificazione in base al tipo di tecnica

- metodi MIOPI. Si basano sull'ipotesi che trascurare alcune delle interazioni tra variabili non peggiori in modo rilevante la bontà del risultato trovato. Si distinguono metodi:
  - miopi RISPETTO ALLO SPAZIO, che esplorano solo alcune delle soluzioni alternative accettabili (neighborhood search);
  - miopi RISPETTO AL TEMPO, scindono il problema in sottoproblemi più semplici, che vengono risolti separatamente ricercando ogni volta la soluzione ottima sino a quel momento (hill-climbing).

# Classificazione in base al tipo di tecnica

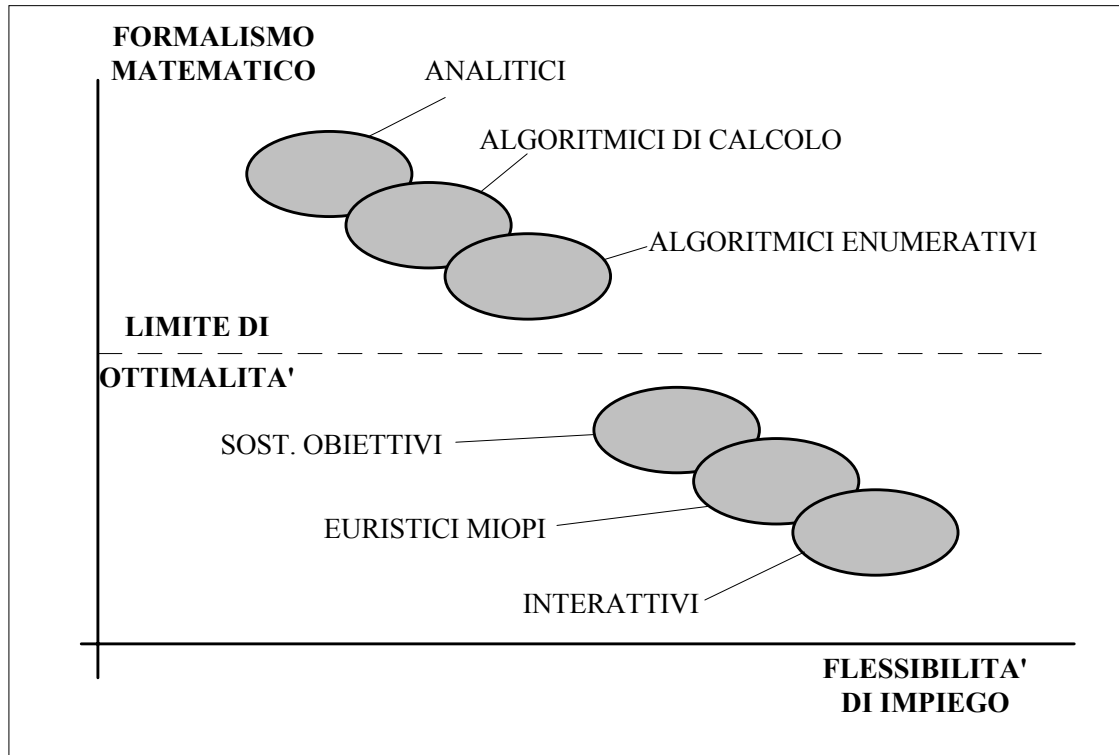
- **Metodi INTERATTIVI.**
  - Si basano sulla costruzione progressiva di una soluzione attraverso l'intervento umano. Possono prevedere un supporto informativo, in grado -ad esempio- di avvertire il pianificatore se le decisioni via via prese non sono compatibili con i vincoli del problema e di valutare via via la bontà della soluzione identificata;

# Approcci risolutivi

- due grandi classi:
  - Approcci di programmazione operativa. Questi approcci cercano di risolvere a priori e completamente i 3 problemi dello scheduling (con cosa, quando ed in che ordine produrre). Vengono cioè realizzati una volta per tutte dei piani produttivi di grande dettaglio.
  - Approcci di controllo della produzione (o regole di carico). Questi approcci si propongono di operare le scelte produttive di breve termine via via che queste sono richieste, con il fine di muoversi nella direzione dell'obiettivo prescelto. Questi approcci sono quasi sempre di tipo euristico.



# Confronto tra le tecniche



# Modello di Karg & Thompson

- sistema: macchina singola;
- ipotesi:
  - portafoglio ordini disponibile al tempo 0;
  - preemption non consentita;
  - setup dipendenti dalla sequenza.
- obiettivo: minimizzazione tempo di setup (= minimizzazione makespan).
- metodo: euristico miope nel tempo.

# Modello di Karg & Thompson

- Soluzione:
  - step 1: selezionare casualmente 2 job;
  - step 2: selezionare un altro job e provare a disporlo in ogni posizione della sequenza corrente, calcolando il corrispondente tempo di attrezzaggio;
  - step3: allocare il nuovo job nella posizione in cui genera il tempo di setup minore
  - step 4: se ci sono altri job da allocare, passare allo step 2; altrimenti STOP.

# Modello di Hodgson

- sistema: macchina singola;
- Ipotesi:
  - portafoglio ordini disponibile al tempo 0;
  - preemption non consentita;
  - setup nulli o indipendenti dalla sequenza.
- obiettivo: minimizzazione del numero di jobs in ritardo.
- metodo: ottimizzante algoritmico.

# Modello di Hodgson

- Soluzione:
  - step 1: si pongono tutti i job da 1 a N in portafoglio in ordine di data di consegna crescente;
  - step 2: si confrontano le date di consegna con gli istanti di fine lavorazione dei jobs. Se nessun job è in ritardo => STOP. Altrimenti, identificare il primo job k in ritardo nella sequenza.
  - step 3: identificare il job della sottosequenza 1-k con il massimo tempo di lavorazione. Estrarlo dalla sequenza e ritornare in 2.

# Modello di Johnson

- sistema: flow shop di 2 macchine;
- Ipotesi:
  - portafoglio ordini di  $N$  jobs disponibile al tempo 0;
  - preemption non ammessa; passing non ammesso.
  - setup nulli o indipendenti dalla sequenza.
- obiettivo: minimizzazione del makespan.
- metodo: ottimizzante algoritmico.

# Modello di Johnson

- Soluzione:
  - step 0: Porre  $i = 1$ .
  - step 1: Analizzare tutti i jobs in portafoglio e determinare il job  $j_1$  tale che  $t_{1j_1} = \min t_{1j}$  ( $j = 1, N$ );
  - step 2: Analizzare tutti i jobs in portafoglio e determinare il job  $j_2$  tale che  $t_{2j_2} = \min t_{1j}$  ( $j = 1, N$ );
  - step 3: Selezionare tra questi il job  $k$  con il tempo di lavorazione minimo in una delle due fasi.
  - step 4: Se il minimo tempo di lavorazione trovato è sulla prima macchina, allocare  $k$  alla posizione  $i$  della sequenza; altrimenti, allocarlo alla posizione  $N - i + 1$ .
  - step 5: Cancellare  $k$  dal portafoglio. Se rimangono ancora jobs in portafoglio, proseguire dallo step 1; altrimenti STOP.

# Modello di Campbell-Dudek-Smith

- sistema: flow shop di  $M$  macchine;
- Ipotesi:
  - portafoglio ordini di  $N$  jobs disponibile al tempo 0;
  - preemption non ammessa; passing non ammesso.
  - setup nulli o indipendenti dalla sequenza.
- obiettivo: minimizzazione del makespan.
- metodo: euristico per sostituzione di obiettivi.



# Modello di Campbell-Dudek-Smith

- Soluzione:
  - step 1: generare  $M-1$  sistemi flow shop a 2 macchine fittizi, sommando i tempi di lavorazione  $t_{jk}$  (job  $j$  su macchina  $k$ ) come illustrato di seguito:
    - $t'_{j1} = \sum_{k=1, L} t_{jk} \quad (L = 1, M-1)$
    - $t'_{j2} = \sum_{k=1, L} t_{jM-k+1} \quad (L = 1, M-1)$
  - step 2: per ciascun valore di  $k$ , risolvere il problema fittizio applicando il modello di Johnson ai tempi  $t'_{j1}$  e  $t'_{j2}$ ; determinare il makespan ottimo  $MAK_k$ .
  - step 3: identificare la sequenza migliore tra tutte quelle esaminate, scegliendo quella di makespan minimo.