Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

The European Commission support for the production of this publication does not constitute endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein

# Economic Production Quantity

*Intermittent Production*



## Produzione intermittente

Produzione di lotti (batch) di entità sufficiente a coprire il fabbisogno in un intervallo di tempo compreso fra le produzioni di due lotti successivi

**Necessità di:**

- Condivisione delle risorse (multi-tasking)
- Gestione del WIP (Teoria delle code)
- Controllo della capacità produttiva

**Determinazione del lotto economico di fabbricazione**



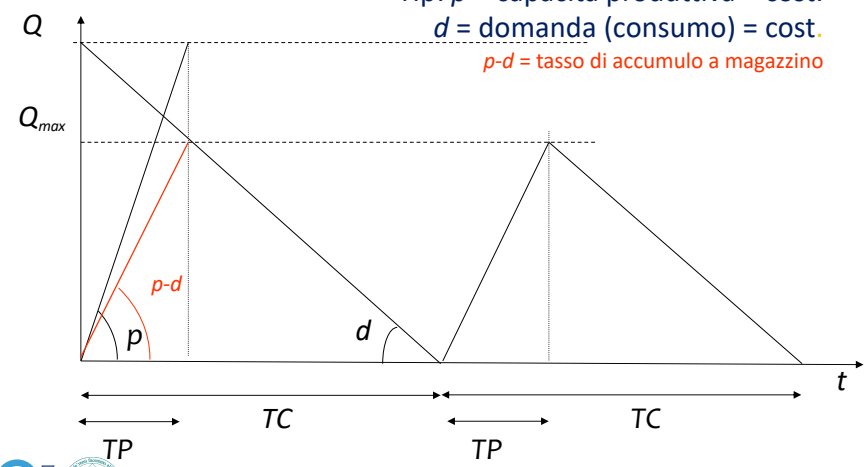
## Relevant Production Cost

- **$C_F$ - Costo unitario di fabbricazione [€/unità]**
  - manodopera
  - energia
  - materie prime
  - ammortamenti
  - spese generali
- **$C_L$ - Costo di lancio [€/lotto]**
  - pulizia macchine/impianti
  - fermata
  - preparazione impianti
  - scarti
- **$C_M$ - Costo unitario di giacenza [€/unità*periodo]**
  - spese immagazzinamento (manodopera, mezzi,..)
  - strutture
  - interessi passivi sul capitale immobilizzato
  - oneri fiscali



## Impianto o macchina dedicato ad un unico prodotto

Hp: $p$ = capacità produttiva = cost.
$d$ = domanda (consumo) = cost.
$p$-$d$ = tasso di accumulo a magazzino



# Impianto o macchina dedicato ad un unico prodotto

*Q quantità prodotte in TP e consumate in TC*

*Q = p·TP*

*Q = d·TC*

$$\frac{TP}{TC} = \frac{d}{p} = r, \qquad 0 < r \le 1$$

*Per r = 0 il problema del lotto economico di fabbricazione si trasforma in un problema di lotto economico di approvvigionamento (TP=0)*



# Impianto o macchina dedicato ad un unico prodotto

Hp:

- $C_F$, $C_L$ e $C_M$ indipendenti da $Q$
- Tempo di preparazione macchina trascurabile
- Non c'è scorta di sicurezza

**Giacenza Massima**

$$Q_{\max} = (p-d)TP = \frac{p-d}{p}Q = (1-\frac{d}{p})Q$$

**Giacenza Media**

$$GM = \frac{Q_{\max}}{2} = (p-d)\frac{TP}{2} = (1-\frac{d}{p})\frac{Q}{2}$$

✓ *d/p* Frazione di stock consumato durante la produzione

✓ *1-(d/p)* Frazione di lot-size rimasta a stock al termine della prod.



# Lotto economico di fabbricazione

- *CT* Costo totale annuo [€/anno]
- *D* Domanda annuo [u/anno]
- *T* Apertura impianto [giorni/anno]

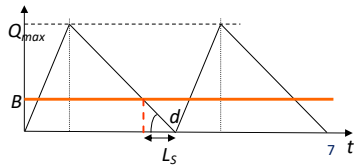
$$CT = C_F D + C_L \frac{D}{Q} + C_M \frac{Q}{2}(1-\frac{d}{p})$$

$$\frac{dCT}{dQ} = 0 \Rightarrow Q^* = EPQ = \sqrt{2D\frac{C_L}{C_M}\frac{1}{(1-\frac{d}{p})}} = \sqrt{\frac{C_L}{K}}$$

Durata ottima del run di produzione: $TP^* = \frac{Q^*}{p}$ [giorni]

Punto di riordino: $B = \frac{D \cdot L_S}{T} = d \cdot L_S$ [unità]

$L_S$ tempo di scheduling e set-up [giorni]





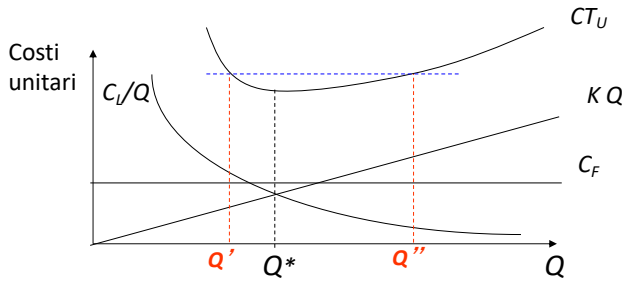

# Intervallo di fabbricazione

Nelle condizioni di minimo:

$$Q^* = \sqrt{\frac{C_L}{K}} \Rightarrow K \cdot Q^* = \frac{C_L}{Q^*}$$

MINIMO COSTO TOTALE UNITARIO

$$CT_U \min = C_F + \frac{C_L}{Q^*} + KQ^* = C_F + 2KQ^*$$




***Intervallo di fabbricazione:*** *Variazione massima del lotto economico di fabbricazione alla quale corrisponde una prefissata variazione dei costi variabili*

# Rapporto tra costi var. e costi var. di lotto economico (*c*)

$$CT_U = C_F + \frac{C_L}{Q} + K \cdot Q$$

$$c = \frac{CT_U - C_F}{CT_U{}^* - C_F} = \frac{(C_L / Q) + K \cdot Q}{2K \cdot Q^*}$$

poichè $C_L = K\ Q^{*2}$

$$c = \frac{1}{2}\left(\frac{Q^*}{Q} + \frac{Q}{Q^*}\right)$$



# Rapporto tra costi var. e costi var. di lotto economico (c)

Posto $q = Q / Q^* \quad \Rightarrow c \ = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{q} + q\right)$

ovvero: $q^2 - 2qc + 1 = 0$

e quindi: $q = c \pm \sqrt{c^2 - 1}$

Fissato $c \ \Rightarrow$

$$Q' = Q^* \left[ c - \sqrt{c^2 - 1} \right]$$

$$Q'' = Q^* \left[ c + \sqrt{c^2 - 1} \right]$$



# Esempio 1

- La domanda di un prodotto finito è stimata pari a 500 [u/giorno]
- La capacità produttiva giornaliera dell'impianto è di 2500 [u/giorno]
- In corrispondenza del lancio di ogni ordine è necessario sopportare un onere di 100 [€]
- I costi unitari di fabbricazione possono ritenersi uguali a € 0,21 per materia prima ed € 0,32 per energia ed € 0,41 per manodopera
- Il costo di immagazzinamento è stato fissato pari a 0,00025 [€/u giorno]
- Gli interessi passivi e gli oneri fiscali incidono per l'8% all'anno sul valore del prodotto (1 anno = 300 giorni)
- **Determinare la dimensione del lotto di fabbricazione**

*Soluzione:* *Q* = 16000 [u] TC* = 32 [giorni]*



# Esempio 2

- Un centro di lavoro di un impianto produce componenti di un prodotto al ritmo di 400 [u/giorno]
- Per la successiva linea di assemblaggio è stato valutato un fabbisogno giornaliero di tali componenti pari a 40 [u/giorno]
- L'analisi dei costi ha identificato un costo di fabbricazione di 2,4 [€/u], un costo di lancio degli ordini di 50 [€] ed un costo unitario di giacenza pari a 0,0045 [€/u giorno]

- **Si calcoli l'entità ed il tempo di produzione di ciascun lotto nonché il livello massimo di giacenza**

*Soluzione:* *Q* = 1000 [u]* *TP* = 2,5 [giorni]* $Q_{max}$ *= 900 [u]*

## Esempio 3

Un produttore di pneumatici ha pianificato una produzione di 45000 [u/anno]. Il tasso di produzione è di 200 [u/giorno] e i giorni di apertura dell'impianto sono 300. I costi di lancio sono pari a 200 [€], il costo di produzione a 15 [€/u] e i costi di mantenimento a scorta a 11,50 [€/u anno].

- **Quanto vale il lotto economico di produzione**? **Quanti lotti all'anno vengono prodotti**?
- Se il tempo di set-up è di 5 [giorni] **qual è il punto di riordino**?

*Soluzione:* *$Q = 2500$ [u]* *$N_L = 18$ [l/anno]* *$B = 750$ [u]*

## Esempio 4

Determinare gli **estremi dell'intervallo di variazione del lotto di fabbricazione** nelle seguenti ipotesi:

- $C_F = 0{,}2$ [€/u]; $C_L = 100$ [€]; $K = 0{,}025\ 10^{-3}$ [€/u$^2$]
- si accetti un incremento adimensionale dei costi variabili del 2,5%

*Soluzione:* *$Q^*=2000$[u]* *$Q' = 1600$ [u]* *$Q'' = 2500$ [u]*