

Analisi economica (Bejan, Tsatsaronis, Moran)

Il capitale totale investito (TCI) per disporre di un sistema non si compone unicamente del costo di acquisto del sistema stesso, anzi percentualmente questa componente incide per il 15-40%.

L'obiettivo di questa sezione è quello di determinare la componente Z da considerare nell'equazione di bilancio del costo.

$$TCI = FCI + AC = DC + IC + AC$$

TCI = Capitale Totale Investito

FCI = Capitale Fisso dell'Investimento (acquisto del terreno, costruzione delle strutture, acquisto e installazione macchinari, ecc.)

AC = Costi Addizionali

DC = Costi Diretti (legati a tutti i macchinari permanenti, le strutture, il lavoro e le risorse associate alle strutture permanenti)

IC = Costi Indiretti (legati a servizi e strutture non permanenti)

Analisi economica (Bejan, Tsatsaronis, Moran)

(TCI)

(FCI)

(DC)

(IC)

(AC)

ON-SITE (**ONSC**):

- 1) Costo di acquisto delle macchine (**PEC**)
- 2) Costo di installazione
- 3) Piping
- 4) Strumentazione e sistema di controllo
- 5) Collegamenti e apparecchiature elettriche

OFF-SITE (**OFSC**):

- 1) Terreno
- 2) Opere civili e strutture
- 3) Service facilities (ausiliari per la fornitura di combustibile, refrigeranti, ecc.)

- 1) Progettazione, supervisione, direzione lavori
- 2) Costi di costruzione
- 3) Contingenze (variazioni di costi, difficoltà di trasporto, eventi meteo, ecc.)

- 1) Costi di avviamento (**SUC**) (modifiche necessarie per l'avviamento dell'impianto)
- 2) Working capital (**WCP**) (Materie prime, combustibile, ecc. per l'avviamento)
- 3) Costi di licenze, ricerca e sviluppo (**LDR**)
- 4) Finanziamento durante la costruzione (**AFUDC**)

Analisi economica (Bejan, Tsatsaronis, Moran)

Il primo passo dell'analisi economica è costituito dalla stima del costo di acquisto delle macchine (**PEC**). L'accuratezza di questa operazione dipende dalle informazioni, dal tempo e dal budget disponibili per questa stima.

Utili informazioni possono venire da venditori, ordini effettuati in passato, stime da parte di esperti, database di società di ingegneria, software commerciali.

In alternativa è possibile ricorrere a carte di stima dei costi. Tali carte forniscono il valore del costo base della macchina di una certa taglia (ad esempio una caldaia di una certa potenza utile), poi da correggere con fattori che tengano conto di differenze costruttive quali: progettazione, materiale utilizzato, temperatura di funzionamento, pressione di funzionamento.

E' infine possibile trovare funzioni analitiche di costo, ottenute per interpolazione di un certo numero di valori di costo disponibili, in funzione di uno o più parametri di progetto.

Analisi economica (Bejan, Tsatsaronis, Moran)

Una volta ottenuto il costo per un certo dispositivo, nel caso in cui questo non sia della taglia richiesta (per esempio una caldaia di potenza diversa da quella richiesta), è necessario tener conto dell'effetto scala sul costo del dispositivo stesso. Questo può essere fatto considerando una funzione del tipo:

$$C_{PE,y} = C_{PE,w} \left(\frac{X_y}{X_w} \right)^\alpha$$

Nella quale X è un'opportuna grandezza identificativa della taglia del componente, scelta in funzione del tipo di componente (Superficie di scambio termico, potenza, portata, ecc.), X_w è la taglia del componente del quale è noto il costo $C_{PE,w}$ e X_y è la taglia del componente della quale si vuole conoscere il costo. Il valore dell'esponente α dipende dal tipo di componente considerato.

Costo dei componenti

E' possibile reperire in letteratura funzioni di costo che esprimano il costo di acquisto di un componente in funzione della taglia del componente e di uno o più parametri che ne esprimono le prestazioni.

Di seguito sono riportati alcuni esempi per i componenti di una microturbina

COMPRESSORE

$$C_{AC} = \frac{c_{11} \cdot m_a}{0.9 - \eta_c} \beta \cdot \ln \beta \quad \eta_c < 0.9$$

COMBUSTORE

$$C_{CC} = c_{21} \cdot m_a \cdot \left(1 + e^{c_{23} \cdot T_{comb} - c_{24}} \right)$$

TURBINA

$$C_{AC} = \frac{c_{31} \cdot m_g}{0.92 - \eta_t} \left(1 + e^{c_{33} \cdot TIT - c_{34}} \right) \ln \beta \quad \eta_t < 0.92$$

Costo dei componenti

SCAMBIATORE DI CALORE

$$C_{PH} = c_{41} \cdot A^{0.6}$$

HRSG

$$C_{HRSG} = c_{51} \cdot A^{0.6}$$

C11=79 €/kg/s)

C21=256 €/kg/s)

C23=0.018 1/°C

C24=14

C31=532 €/kg/s)

C33=0.036 1/°C

C34=54.4

C41=2120 €/m^{0.6}

C51=3250 €/m^{0.6}

Analisi economica (Bejan, Tsatsaronis, Moran)

Per quanto riguarda le altre componenti che costituiscono i costi diretti (DC), qualora non possano essere valutate singolarmente attraverso una dettagliata analisi, è possibile calcolarle come percentuale del costo di acquisto delle macchine (PEC). Si verificano le seguenti condizioni:

Installazione:	20-90 % del PEC
Piping:	10-70 % del PEC
Strumentazione:	6-40 % del PEC
Apparecchiature elettriche:	10-15 % del PEC
Terreno:	10 % del PEC
Opere civili:	10-80 % del PEC
Service facilities:	30-100 % del PEC

In assenza di altre indicazioni è possibile assumere il valore intermedio di ciascun intervallo.

Si sottolinea il fatto che queste valutazioni consentono di definire un ordine di grandezza del costo complessivo. L'errore commesso può essere rilevante in assenza di informazioni più dettagliate.

Analisi economica (Bejan, Tsatsaronis, Moran)

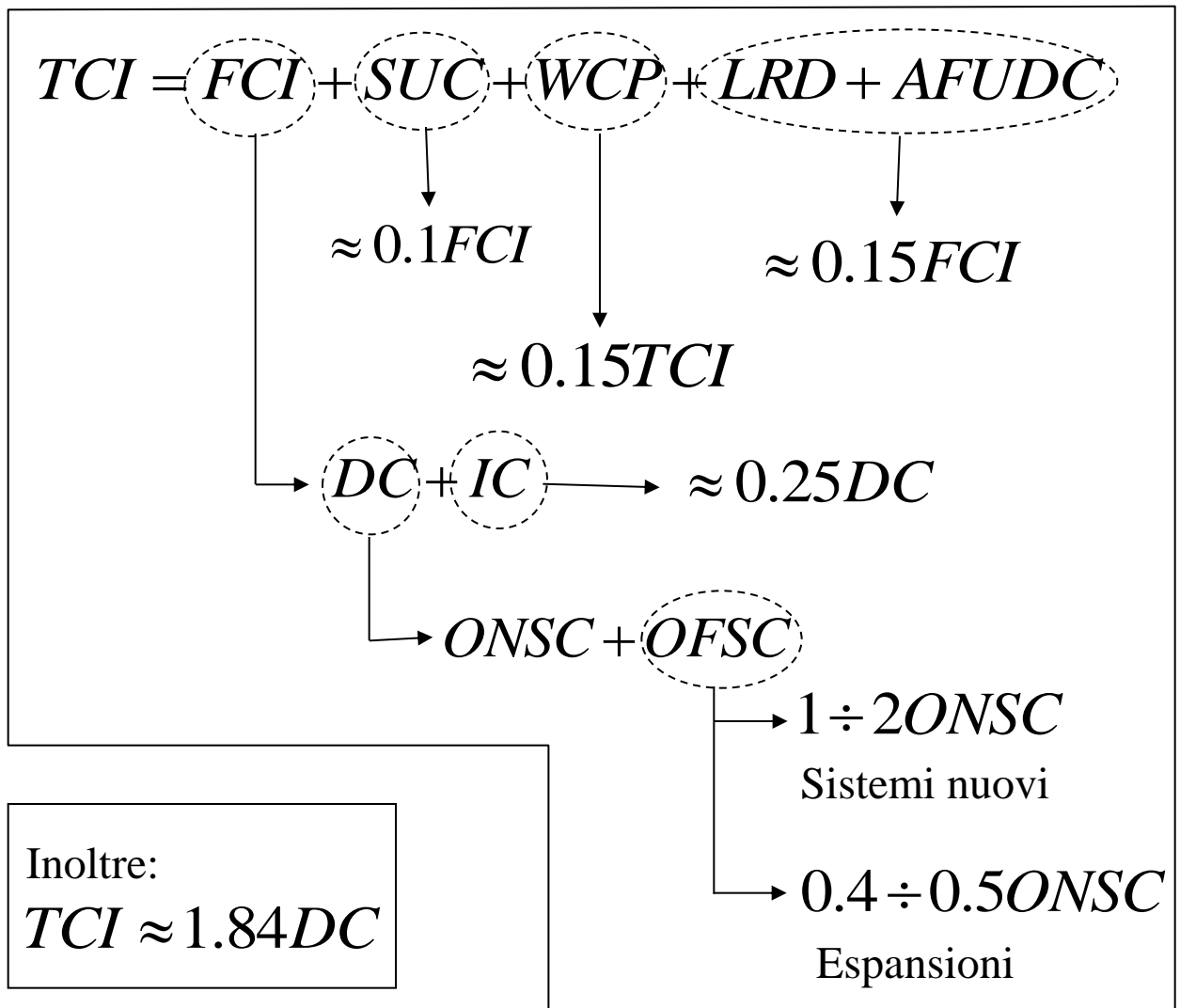
Per i costi indiretti e i costi addizionali si può procedere in modo simile a quanto visto per i costi diretti:

Progettazione:	25-75 % del PEC
Costruzione:	15 % del DC
Avviamento:	5-12 % del FCI
Working capital:	10-20 % del TCI

Anche in questo caso è l'errore che potrebbe essere commesso è elevato e, in assenza di precise informazioni, è possibile unicamente ottenere una valutazione dell'ordine di grandezza del costo.

Analisi economica (Bejan, Tsatsaronis, Moran)

E' possibile utilizzare le informazioni riportate, unitamente ad alcune valutazioni di massima delle altri componenti per fornire una relazione tra il costo di acquisizione dei macchinari (PEC) e il capitale totale associato all'investimento:



Analisi economica (Bejan, Tsatsaronis, Moran)

Utilizzando tutte le relazioni introdotte si ottiene:

$$TCI \approx 6.32PEC \quad \text{Per sistemi nuovi}$$

$$TCI \approx 4.16PEC \quad \text{Per espansioni di sistemi}$$

Matematica Finanziaria

Nelle valutazioni economiche è necessario considerare il fatto che i movimenti di denaro si verificano in tempi differenti.

La possibilità di disporre della stessa quantità di capitale all'istante attuale (istante 0) oppure dopo un certo periodo è differente per il fatto che in quel periodo il capitale può essere investito. Il valore del capitale è quindi variabile nel tempo.

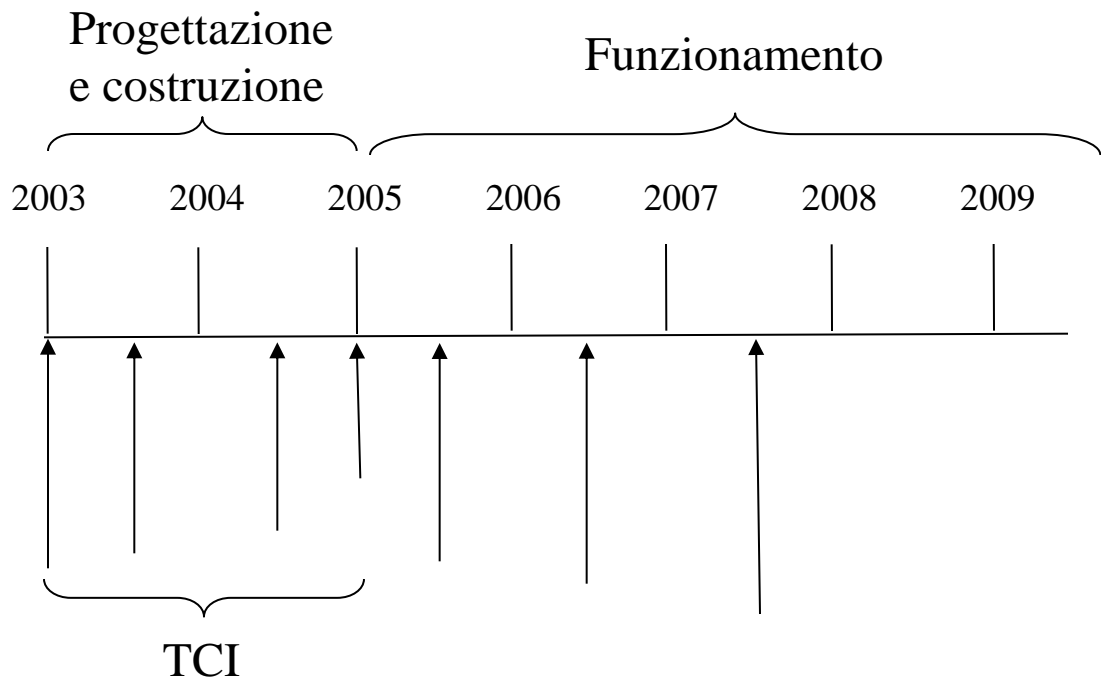
Valore futuro del denaro $F = P(1 + i)^n$

nella quale:

- F Valore futuro del capitale (dopo n anni a partire dal momento attuale)
- P Valore attuale del capitale
- n Durata del periodo considerato, in anni
- i Tasso di interesse (l'interesse è il compenso pagato per il prestito di denaro)

Matematica Finanziaria

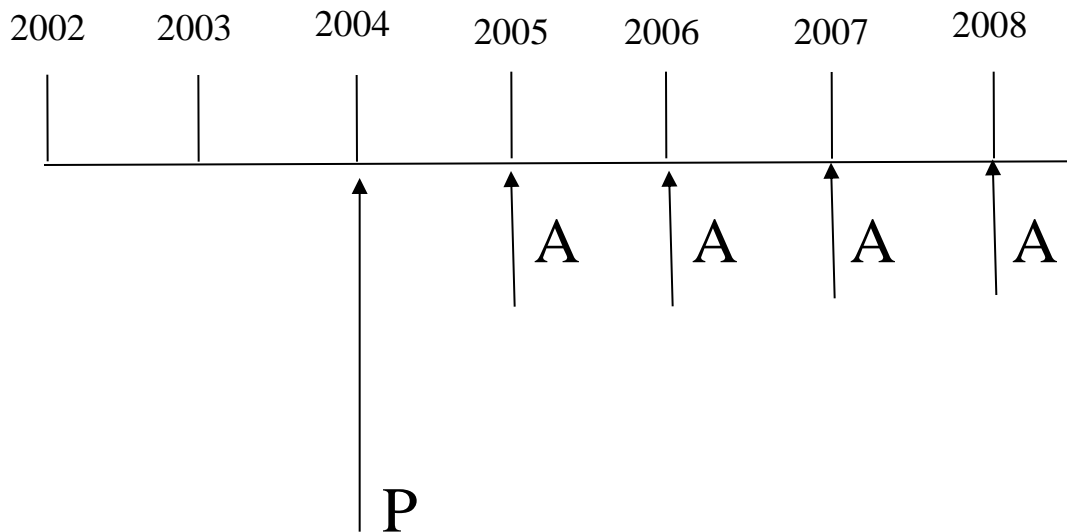
La formulazione precedente può essere utilizzata per riportare all'istante 0, istante di inizio dell'attività produttiva, movimenti di denaro che avvengono nel periodo precedente (cioè le componenti che costituiscono TCI) oppure nel periodo successivo



Matematica Finanziaria

Annualità: rate costanti (A), pagate alla fine di ciascun periodo per n periodi. Il capitale, pagato in un'unica soluzione all'istante presente, corrispondente alle n annualità è:

$$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n}$$



In alternativa, il capitale all'istante n corrispondente alle annualità pagate è:

$$F = A \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

Matematica Finanziaria

Per il calcolo del rateo di costo Z (in €/s) si procede secondo i passi di seguito indicati:

- 1) Calcolo del costo C dei componenti
- 2) Calcolo del costo totale di investimento TCI per ciascun componente
- 3) Calcolo delle annualità A utilizzando la formulazione

$$A_j = TCI_j \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

- 4) Calcolo rateo Z

$$Z_j = \frac{A_j}{h \cdot 3600}$$

Essendo h il numero di ore equivalenti di funzionamento annue