



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1932A -

ANNO: 2016

A P P U N T I

STUDENTE: Dattis Lorena

MATERIA: Riassunto Gestione sistemi energetici

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

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

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

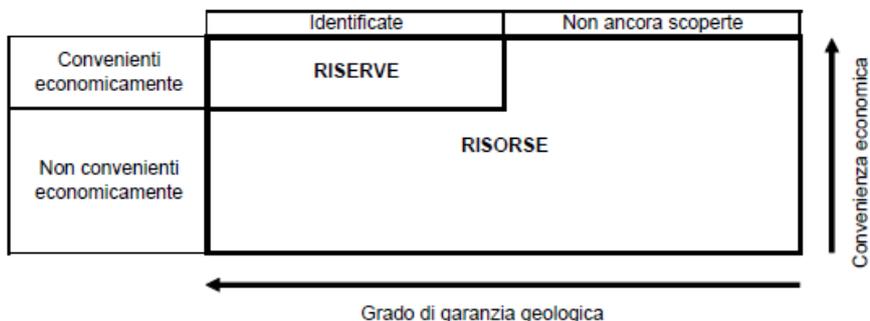
Riassunto

Gestione dei Sistemi Energetici

1. CONSUMI DI ENERGIA ED EMISSIONI

Riserve: tutti i giacimenti attualmente conosciuti e sfruttati perché convenienti dal punto di vista economico. È un concetto dinamico, cioè sono soggette a cambiamenti con il passare del tempo e con il cambiamento delle condizioni socio-politiche (costi) e di mercato (prezzi). Sono un sottoinsieme delle risorse.

Risorse: includono anche una stima delle riserve che non sono ancora state scoperte e di quelle note ma non economicamente convenienti o sfruttabili, oltre ad includere le riserve ad oggi sfruttate.



1.1. Contabilizzazione delle emissioni di gas ad effetto serra

I principali gas che provocano l'effetto serra sono:

- L'anidride carbonica CO_2 , che viene emessa in quantità elevate e prodotta in tutti i processi di combustione,
- Il metano,
- Il protossido di azoto,
- L'esfluoruro di zolfo,
- I fluidi refrigeranti.

Le emissioni complessive di gas serra possono essere valutate in termini di CO_2 equivalente secondo opportuni coefficienti di conversione: gli **indici GWP** (*Global Warming Potential*).

Gas	Denominazione	GWP ₂₀	GWP ₁₀₀	GWP ₅₀₀
CO ₂	Biossido di carbonio	1	1	1
CH ₄	Metano	62	23	7
N ₂ O	Protossido di azoto	275	296	156
SF ₆	Esafluoruro di zolfo	15100	22200	32400
CFC-12	R12	10200	10600	5200
HFC-134a	R134a	3300	1300	400
HCFC-22	R22	4800	1700	540
...

È stato assunto pari a 1 il potenziale di effetto serra di 1 kg di CO_2 per un certo periodo. Sono stati scelti tre orizzonti temporali di riferimento, 20, 100 e 500 anni, in quanto la diversa azione di un gas serra rispetto all'anidride carbonica dipende dal periodo in anni che si considera e questo perché i composti riescono ad essere distrutti naturalmente ad opera della radiazione elettromagnetica

ultravioletta con tempi diversi legati soprattutto alla loro struttura chimica. Il riferimento più frequente è quello a 100 anni (GWP₁₀₀).

1.1.1. Metodologia per il calcolo dei consumi energetici

La circolare del **M.I.C.A. del 2 marzo 1992 n. 219/f** contiene alcune note esplicative sulla metodologia di valutazione dei consumi energetici ai fini dell'eventuale nomina dell'Energy Manager:

- a) La valutazione dei consumi va riferita all'energia consumata per la produzione di beni per la prestazione di servizi, indipendentemente dal fatto che tali beni e servizi vengano utilizzati in proprio o destinati a terzi. La valutazione va riferita ai consumi globali del soggetto, cumulando quelli relativi alle diverse fonti ed ai diversi usi.
- b) La valutazione dei consumi va effettuata in termini di energia primaria ed espressa in tonnellate equivalenti di petrolio (tep).
- c) Per i **combustibili**, il calcolo dei tep va effettuato tenendo conto del loro potere calorifico inferiore:

$$m_p = \frac{m \cdot H_i}{H_{i,p}}$$

m_p è la quantità di petrolio in grado di generare la stessa quantità di energia generata dal consumo di una certa quantità di combustibile m avente potere calorifico inferiore H_i .

In mancanza di dati precisi sui prodotti combustibili utilizzati, si possono adottare le equivalenze indicative riportate in Tabella:

Prodotto	Equivalenza
Gasolio	1 t ↔ 1.08 tep
Olio combustibile	1 t ↔ 0.98 tep
Gas di petrolio liquefatti (GPL)	1 t ↔ 1.10 tep
Benzine	1 t ↔ 1.20 tep
Carbon fossile	1 t ↔ 0.74 tep
Carbone di legna	1 t ↔ 0.75 tep
Antracite e prodotti antracinosi	1 t ↔ 0.70 tep
Legna da ardere	1 t ↔ 0.45 tep
Lignite	1 t ↔ 0.25 tep
Gas naturale	1000 Nm ³ ↔ 0.82 tep

Condizioni normali Nm³ → t = 0°C, p = 1 atm
 Condizioni standard Sm³ → t = 15°C, p = 1 atm
 1Sm³ = 1,055Nm³

- d) L'**energia elettrica** viene valutata a seconda che la fornitura sia in AT, MT o BT:

Tensione di fornitura dell'energia elettrica	Equivalenza
AT o MT	1 MWh ↔ 0.23 tep
BT	1 MWh ↔ 0.25 tep

- e) Per i **fluidi termovettori** i tep vengono calcolati con la relazione:

$$m_p = 1,2 \cdot \frac{m \cdot \Delta h}{H_{i,p}}$$

m_p quantità di petrolio equivalente
 m massa fluido termovettore
 Δh Variazione di entalpia del fluido

$$\eta = \frac{m \cdot \Delta h}{m_p \cdot H_{i,p}} = 0,833$$

Effetto utile Calore ceduto dal fluido all'utenza
Spesa necessaria
Rendimento convenzionale di produzione e distribuzione dell'energia termica

- f) Per le **fonti rinnovabili** si usano i criteri di conversione per l'energia elettrica, se viene prodotto il vettore energia elettrica, altrimenti si usano quelli per i fluidi termovettori se il vettore prodotto è energia termica.

Il rendimento medio del sistema elettrico nazionale è:

$$\eta_{sist,el} = \frac{C_{ee}}{C'}$$

C_{ee} Consumo finale di energia elettrica
 C' quantità di energia primaria che è necessario consumare affinché C_{ee} possa essere prodotta e resa disponibile

5. Basi della sostenibilità:

- La terra è un sistema termodinamico chiuso
- L'ecosfera (l'insieme delle zone della Terra in cui le condizioni ambientali permettono la formazione e lo sviluppo di bio-aggregazioni sistemiche dette ecosistemi) è un sottosistema termodinamico aperto
- L'antroposfera (l'insieme degli esseri umani e delle opere che essi hanno realizzato, includendo, oltre alle trasformazioni territoriali anche fenomeni ambientali da esso causati, come l'inquinamento, o più in generale le tecnologie da esso sviluppate) è un sottosistema termodinamico aperto

Un sistema economico è ambientalmente sostenibile solo finché è fisicamente in condizioni stazionarie, cioè la quantità di risorse utilizzate per generare il benessere permanente si limita ad una quantità e ad una qualità che non sovrasfrutta le fonti, o sovraccarica i pozzi, forniti dall'ecosfera.

Carico critico: è la concentrazione ambientale massima accettabile dei prodotti antropogenici. È la base per il calcolo della produzione massima continuamente supportabile e dipende dalle caratteristiche di biodegradabilità e di accumulo della sostanza analizzata.

Capacità di carico: è il tasso massimo continuamente supportabile di estrazione di risorse da un dato ecosistema. Tale misura considera il consumo delle risorse naturali pro-capite (energia, materiali, spazio).

2.2. I concetti principali dello sviluppo sostenibile

I concetti principali dello sviluppo sostenibile sono:

1. Esistono due approcci principali:

Sostenibilità debole: il capitale naturale, cioè l'insieme delle risorse naturali, ed il capitale artificiale, cioè il capitale naturale trasformato in prodotti, sono sostituiti completi. Quindi, la sostenibilità è raggiunta se la somma di capitale naturale ed artificiale, che viene trasmesso alla generazione seguente, rimane costante.

Sostenibilità forte: il capitale naturale non è un sostituto ma piuttosto un fattore complementare al capitale artificiale nella maggior parte dei processi di produzione. Un ulteriore sviluppo economico può essere ostacolato dalla disponibilità limitata delle risorse naturali. Le ragioni a sostegno della sostenibilità forte sono:

- Per molte risorse naturali gli esseri umani non possono fornire un sostituto equivalente (per es. atmosfera, strato di ozono, assimilazione di CO₂ nelle piante, ecc.).
- La produzione di capitale artificiale dipende dagli input della natura, e non viceversa, quindi essendoci questa asimmetria, non può esserci una completa sostituzione reciproca, come presuppone la sostenibilità debole.
- Secondo le leggi della termodinamica, la trasformazione di capitale naturale in artificiale è un processo irreversibile.

2. Il concetto di spazio ambientale:

lo spazio ambientale è la capacità delle funzioni ambientali della biosfera di sostenere le attività economiche umane, il limite superiore dato dalla capacità di carico definita per ogni categoria di consumo delle risorse naturali (energia, materiali e territorio).

3. Il concetto di contabilità dei flussi materiali:

la metodologia sviluppata dall'istituto Wuppertal in Germania ha lo scopo di misurare l'appropriazione delle risorse naturali in termini fisici, misurando gli input materiali necessari per ogni attività umana. ***L'input materiale totale TMI*** di produzione può essere usato come base per indicare la produttività generale di materia di un'economia. È costituito da due componenti:

- ***L'input del materiale diretto DMI:*** massa del prodotto che entra nel sistema economico e viene consumata direttamente o trasformata.
- ***I rucksacks ecologici o flussi nascosti:*** sono la somma di tutti i materiali che non sono inclusi fisicamente nell'output economico in considerazione, ma che sono stati necessari per la loro produzione, uso, riciclaggio ed eliminazione.

CONSUMO SOSTENIBILE:	<p>Usò dei servizi e prodotti relativi che rispondono ai bisogni di base e portano una qualità di vita migliore mentre minimizzano l'uso delle risorse naturali e dei materiali tossici così come le emissioni di rifiuti e di sostanze inquinanti nel ciclo di vita del servizio o del prodotto per non compromettere i bisogni delle future generazioni.</p> <p>I modelli insostenibili di consumo e di produzione sono le cause principali del deterioramento dell'ambiente globale.</p>
GLOBALIZZAZIONE:	<p>Apertura e crescente internazionalizzazione dei mercati, delle comunicazioni e della mobilità in tutto il mondo. La globalizzazione influenza il consumo sostenibile perché influenza i modelli di consumo, la capacità politica dello stato e l'efficacia degli strumenti politici.</p> <p>Le forze motrici della globalizzazione sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ L'espansione del mercato libero. ▪ La crescita del commercio internazionale. ▪ L'aumento delle società multinazionali, che in molti settori hanno un controllo assoluto sui processi di estrazione delle risorse. ▪ Lo spostamento verso i Paesi del sud del mondo della produzione di prodotti ad alta intensità di materiali, dove i prezzi dei combustibili fossili sono più bassi.
POLITICHE COMPLEMENTARI PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE	<p>Secondo il rapporto dell'agenzia europea dell'ambiente EEA, la maggior parte degli stati membri dell'Unione Europea non è riuscita a ridurre il pericolo del cambiamento di clima, della deforestazione o della riduzione rapida della biodiversità.</p> <p>Per ottenere un'innovazione sostenibile, bisogna applicare delle politiche economiche complementari considerando i livelli macro, micro, meso e meta dell'economia. In particolare è necessario che:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Imprese e consumatori siano ecologicamente orientati (micro) ▪ Deve esserci una riforma delle istituzioni economiche e delle reti (meso) ▪ Condizioni fiscali, monetarie e distributive (macro) ▪ Ci sia il consenso sociale sull'obiettivo di sviluppo sostenibile che comprende la competitività, la giustizia sociale e l'eco-efficienza (meta)
POLITICA AMBIENTALE INPUT-ORIENTATA E LA DEMATERIALIZZAZIONE	<p>La politica ambientale Input-orientata ha l'obiettivo di ridurre notevolmente il fabbisogno di materiale e di rimuovere le cause della crisi ambientale piuttosto che i relativi sintomi. Tale politica permette un'analisi completa dell'impatto ecologico delle attività umane. Essa definisce le conseguenze potenziali delle attività economiche più ampiamente possibile, quindi segue il principio preventivo.</p> <p>Una riduzione di energia e di flussi di materiale provoca una diminuzione delle emissioni e dei rifiuti e, di conseguenza, meno problemi per lo smaltimento e il monitoraggio.</p> <p>La politica ambientale input-orientata stimola lo sviluppo di nuove soluzioni tecniche per l'intero ciclo di vita di un prodotto. Stimola l'innovazione e promuove la ricerca delle soluzioni indipendenti.</p> <p>La strategia di dematerializzazione consiste nella riduzione dei flussi di materiale antropogenici in tutto il mondo alla metà delle dimensioni attuali.</p>
ESTERNALITÀ AMBIENTALI	<p>Le esternalità ambientali si verificano quando i costi ambientali dei produttori ed i costi sociali totali differiscono.</p> <p>Un'<i>esternalità positiva</i> avvantaggia la società, ma in modo tale che il produttore non può completamente trarre profitto dei guadagni fatti (es. mantenere pulito l'ambiente).</p> <p>Un'<i>esternalità negativa</i> è qualcosa che non costa niente al produttore, ma è costosa alla società in generale (es: inquinamento).</p> <p>Possono condurre ad inefficienza nella destinazione delle risorse. Poiché né il mercato né gli individui privati sono tenuti a impedire questa inefficienza nell'economia, i Governi devono intervenire.</p>

dell'organizzazione, ed in questo caso si utilizzano degli appositi misuratori. Gli energy drivers più ricorrenti sono:

- La produzione, cioè impianti e processi che utilizzano energia elettrica e calore
- Le condizioni climatiche
- Altre variabili che dipendono dal tipo di attività svolta

3.1. Caratterizzazione energetica

La caratterizzazione energetica è il cuore del Monitoring & Targeting e consiste nel caratterizzare il sistema dal punto di vista dei consumi energetici stabilendo una relazione tra i consumi e le grandezze (Energy Drivers) che li influenzano attraverso un modello matematico chiamato **caratteristica energetica**, definendo così uno standard rispetto a cui confrontare i consumi futuri. Il modello matematico è dato dalla relazione:

$$E = E_0 + f_1(\alpha) + f_2(\beta) + \dots$$

E = energia consumata in un sistema in un certo periodo
 E_0 = termine fisso
 f_1, f_2 = termini variabili in funzione di α e β
 α, β = energy drivers

Nell'Energy Review tale modello matematico, costruito sui dati di consumo storici, può essere assunto come Energy Baseline e utilizzato per calcolare gli Indicatori di Prestazione Energetica in modo da misurare le prestazioni del sistema ed individuare le opportunità di miglioramento.

Gli energy drivers dipendono dalle caratteristiche dei processi che si svolgono all'interno del sistema, che possono essere divisi in due gruppi:

- Processi dove l'uso dell'energia è determinato dalla fisica del processo (riscaldamento, evaporazione, refrigerazione, compressione, ecc.). Essi sono sufficientemente regolari e facilmente caratterizzabili.
- Processi in cui la fisica fornisce scarse indicazioni sull'uso dell'energia (lavorazioni meccaniche, miscelamento, trasporto, ecc.).

Le informazioni relative alla produzione sono:

Le informazioni relative al clima sono:

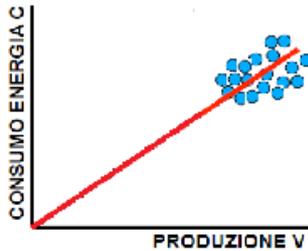
<p>1. Informazioni sulla produzione legate alla quantità:</p> <ul style="list-style-type: none"> – massa, – volume, – numero di pezzi – tempi di attesa e ore lavorative – area 	<p>1. Informazioni sul clima:</p> <ul style="list-style-type: none"> – temperatura esterna, – temperatura interna agli edifici, – umidità dell'aria, – irraggiamento solare.
<p>2. Informazioni sulla produzione non legate alla quantità:</p> <ul style="list-style-type: none"> – temperatura, – densità, – contenuto d'acqua, – proporzioni tra costituenti 	<p>2. Informazioni aggiuntive:</p> <ul style="list-style-type: none"> – cause di guasti, – modifiche impianti.
<p>3. Informazioni aggiuntive:</p> <ul style="list-style-type: none"> – cause di guasti, – modifiche impianti 	

Le fonti da cui si possono ottenere le informazioni relative all'energia sono:

1. Sistema di contabilità aziendale
 2. Distributori di energia
 3. Misure dirette
-

Le informazioni relative all'energia e ai drivers relativi devono essere temporalmente sincronizzate fra loro. La base temporale, cioè la frequenza di rilevazione dei dati, può essere l'anno, il mese, la settimana, ecc.

▪ Produzione costante:



Si ottiene quando un sistema produce prodotti uniformi quasi sempre al massimo della capacità produttiva. Per questi sistemi diventa difficile stabilire la quota fissa di consumo.

▪ Retta decrescente:

Si ottiene quando all'aumentare della produzione è richiesta meno energia ed appare come se un aumento marginale di produzione producesse energia. Questo può verificarsi quando nel processo produttivo sono presenti dei recuperatori o rigeneratori di calore la cui efficacia aumenti con la portata dei prodotti.

▪ Produzione non lineare con pendenza della curva crescente con il livello di produzione:

Può essere dovuto a due cause diverse:

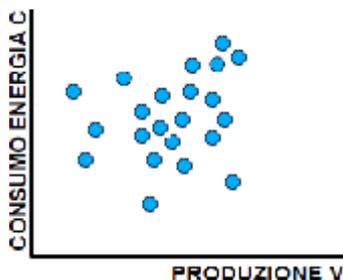
- Il sistema produttivo è caratterizzato da attività diverse che hanno efficienze e consumi diversi e che entrano in gioco a diversi livelli del volume produttivo;
- Il sistema utilizza l'energia anche per scopi diversi dalla produzione con quantitativi maggiori al crescere della produzione. Per esempio, energia richiesta per il riscaldamento nella stagione invernale che coincide con il periodo di massima attività (attività stagionale).

▪ Produzione non lineare con pendenza decrescente al crescere della produzione:

Si può avere:

- Se viene utilizzato un mix di impianti con efficienze e consumi diversi, in cui quelli meno efficienti hanno priorità
- Se vengono utilizzati degli impianti che raggiungono l'efficienza prevista solo al di sopra di un certo livello produttivo.

▪ Dispersione dei dati:

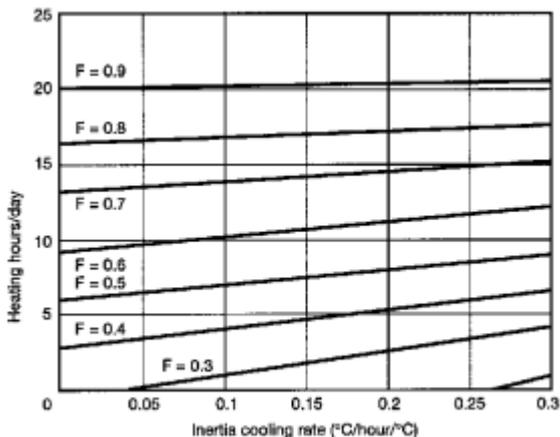


Le ragioni più frequenti di un diagramma di questo tipo sono:

- I driver di produzione sono inappropriati.
- I dati di energia e di produzione non sono contemporanei, quindi si riferiscono a periodi diversi.
- L'energia misurata serve per usi diversi oltre che alla produzione. Es: energia utilizzata sia per il processo produttivo che per il riscaldamento di edifici.
- I dati coprono un lungo periodo temporale e il sistema è nel frattempo è cambiato.
- I periodi di rilevamento dei dati sono brevi, per esempio giornalieri o settimanali.

Quando la temperatura esterna è maggiore di quella interna, non c'è richiesta termica da parte dell'edificio, quindi il sistema di riscaldamento si spegne e $\dot{Q}_{risc} = 0$. I Gradi Giorno, essendo una misura del fabbisogno termico, devono valere zero quando la richiesta di energia termica è nulla, quindi la sommatoria dei GG deve essere solo delle differenze positive tra la temperatura interna e quella esterna media giornaliera:

$$GG = \sum_{j=1}^{ng} GG_j = \sum_{j=1}^{ng} \max(0, T_i - T_{em,j})$$



Se il riscaldamento è intermittente, cioè non viene richiesto 24h al giorno, allora bisogna ridurre i GG in proporzione alle ore di funzionamento del riscaldamento e bisogna introdurre un **fattore di corrispondenza dei gradi giorno F**, che è un fattore empirico adimensionale che è funzione:

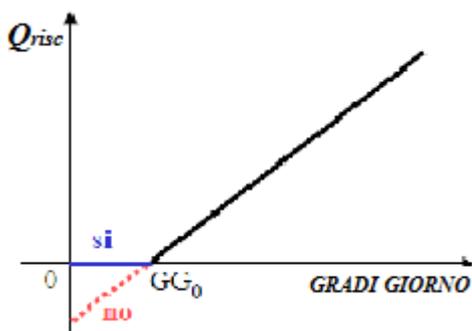
- Del numero di ore di riscaldamento in un giorno
- Dell'inerzia dell'edificio, cioè l'inerzia termica che ad esempio l'edificio ha all'avviamento per scaldare la struttura e i materiali. Essa viene espressa attraverso il *fattore di inerzia termica*, che rappresenta la diminuzione di temperatura in °C/h per ogni °C di differenza di temperatura tra interno ed esterno.

All'aumentare delle ore di riscaldamento, F è sempre meno sensibile al variare dell'inerzia termica dell'edificio. Se il fattore di inerzia termica è:

- Prossimo a zero ⇒ l'edificio ha elevata inerzia termica, quindi ha una struttura pesante, molte barriere interne al movimento dell'aria e molta massa interna (es: merce in magazzino).
- Molto alto ⇒ l'edificio ha bassa inerzia termica.

Si ottiene quindi in questo caso che l'energia richiesta dal sistema di riscaldamento è:

$$\dot{Q}_{risc} = F \left(\sum N_l V_l \rho_l c_p + \sum U_i A_i \right) \cdot 24h \cdot \sum_{j=1}^{ng} GG_j - Q_{sole} - Q_{int}$$



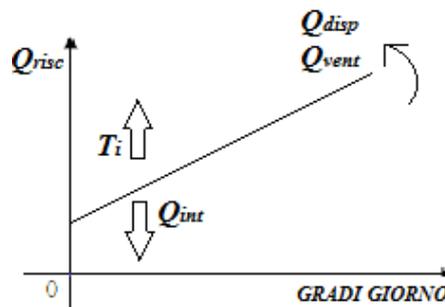
Essendo il termine che moltiplica i GG una costante, questa equazione è una retta. Se però i GG sono nulli, allora la retta avrà un'intercetta negativa, ma avere $\dot{Q}_{risc} < 0$ non ha nessun significato, quindi l'equazione si trasforma in una spezzata che ha:

- L'andamento dato dall'equazione per $GG \geq GG_0$
- $\dot{Q}_{risc} = 0$ per $GG < GG_0$

Rappresenta il legame tra energia termica e gradi giorno.

L'andamento lineare è il caso più comune.

- La pendenza dipende dalle perdite di calore dell'edificio, sia per dispersione attraverso le pareti che per i ricambi d'aria.
- Il coefficiente fisso, cioè la posizione della retta verso l'alto (maggiori consumi) o verso il basso dipende da 2 fattori:
 - Le macchine e gli impianti possono essere una fonte di calore interna che diminuisce l'esigenza di energia termica dall'esterno ⇒ l'apporto di calore endogeno riduce il coefficiente fisso.



3.1.3. Consumo di energia legato a più variabili

Se ci sono più variabili che influenzano l'uso dell'energia, si utilizza una relazione matematica multivariabile. Ad esempio:

- Se l'uso dell'energia è connesso al volume produttivo e ai gradi giorno: $\Rightarrow C = C_0 + c_1V + c_2GG$
- Se i consumi dipendono dalla durata del funzionamento degli impianti e dal numero di unità prodotte: $\Rightarrow C = C_0 + c_1V + c_2T$
 $T = \text{turni lavorati} = \sum \text{turni pieni} + \sum \text{turni parziali}$

Alcune **variabili indipendenti** più comunemente usate in fase di caratterizzazione energetica sono:

- **Energia elettrica per forza motrice oppure energia termica per usi di processo:**
 - Produzione V:
 - Se l'azienda produce un solo prodotto o prodotti con consumi simili, allora si effettua una semplice somma che a seconda del tipo di prodotto può essere espressa in tonnellate, in m^3 , ecc..
 - Nel caso in cui produca prodotti con consumi diversi, allora non si può fare una somma, e si può utilizzare come energy driver, ad esempio, il numero di pezzi equivalenti, attribuendo dei pesi energetici alle diverse tipologie di pezzi.
 - Giorni lavorati GL: Sono due potenziali variabili per caratterizzare i consumi che dipendono dalla durata dell'attività che dipendono dalla durata dell'attività lavorativa e possono essere correlate tra loro (bisogna fare attenzione alla multicollinearità).
 - Turni lavorati TL:
- **Energia elettrica per illuminazione:**
 - Giorni lavorati
 - Turni lavorati
 - Ore buio OB: tengono conto del fabbisogno di illuminazione (Vedi Tab. 1 pag. 75)
 - Le ore buio di una giornata sono definite come 24h meno la differenza tra l'ora del tramonto e l'ora dell'alba
 - Le ore buio di un mese sono definite come 24h meno la differenza media nel mese tra l'ora del tramonto e l'ora dell'alba.
 - Al posto delle ore buoi spesso si usa la variazione di ore buio, pari alla differenza tra ore buio del periodo considerato e il valore minimo riscontrabile nell'anno.
- **Energia termica ad uso riscaldamento:**
 - Gradi giorno invernali,
 - Gradi ora GO
- **Energia per uso raffrescamento:**
 - Gradi giorno estivi,
 - Gradi ora estivi

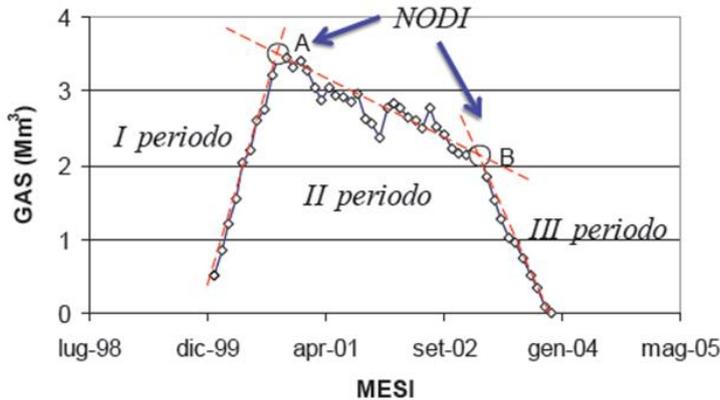
3.1.4. Consumo di energia legato al tempo

Nel caso in cui non si trovino variabili che riescano a spiegare, con modelli semplici, i consumi di energia, si può ricorrere alla rappresentazione dei consumi in funzione del tempo. L'analisi in funzione del tempo mostra un andamento stagionale e consente di confrontare il consumo con quello di anni precedenti.

3.2.1. Il grafico CUSUM

Un residuo di valore positivo produrrà un aumento di pendenza del grafico CUSUM, mentre un valore negativo farà diminuire la pendenza.

$$S_j = \sum_{i=1}^j (y_i - \hat{y}_i) = S_{j-1} + (y_i - \hat{y}_i) = S_{j-1} + e_i$$



Fino a quando il sistema è in controllo i residui assumeranno sia valori positivi che negativi e il CUSUM oscillerà intorno al valore medio nullo. Nel momento in cui i residui assumeranno valori di un sol segno, positivo o negativo, la somma cumulata devierà sempre più verso l'alto (valori positivi) o verso il basso (valori negativi).

Il diagramma CUSUM è una spezzata in cui:

- I **segmenti** interpolano i punti.
- I **nodi** indicano un possibile cambiamento del modello, una variazione della pendenza che corrisponde ad una variazione del valor medio dei punti compresi in ogni segmento.
- I **cambiamenti** possono non essere reali, perché le variazioni potrebbero essere contenute all'interno del range di variazione naturale dei dati e quindi potrebbero essere state determinate solo dal caso. Bisogna quindi valutare se i cambiamenti rilevati dal grafico CUSUM sono **statisticamente significativi** o no, cioè bisogna verificare se ogni serie è in maniera significativa diversa in media e/o in varianza da quella seguente, utilizzando:

- Il *test F sulla varianza*
- Il *test t-student sulla media*

	Varianze =	Varianze ≠
Medie =	1. Nessun cambiamento	2. Cambiamento
Medie ≠	3. Cambiamento	4. Cambiamento

Questa analisi, quindi, consente di determinare i cambiamenti strutturali nel modo di consumare energia nel sistema. Questi cambiamenti devono poi trovare un riscontro nella realtà, per esempio, l'inserimento di un sistema di recupero energetico nel processo, oppure un aumento eccessivo dei fermi macchina, ecc.

- Il diagramma CUSUM non è una carta di controllo, infatti esso, a differenza della carta CUSUM tabulare, non ha limiti.

Per **costruire il diagramma CUSUM**:

1. Etichettare in ordine cronologico i punti (i dati storici) utilizzati per il calcolo della retta best fit, cioè l'equazione di caratterizzazione complessiva.
2. Con l'equazione di best fit calcolare il consumo previsto per ogni punto: $\hat{y}_i = C_0 + c_1 x_i$
3. Calcolare i residui, cioè la differenza tra consumi effettivi e previsti per ogni punto: $e_i = y_i - \hat{y}_i$
4. Calcolare la cumulata nel tempo dei residui in ogni punto: $CUSUM_i = \sum_{t=0}^i e_i$, con $e_0 = 0$
5. Disegnare il diagramma CUSUM riportando i valori CUSUM calcolati sull'asse y ed il tempo sull'asse x

Pregi del diagramma CUSUM:

- È utile per evidenziare potenziali deviazioni dei consumi da quelli previsti
- È applicabile nei casi in cui il consumo è prevalentemente determinato dalla fisica del processo
- Anche se il modello di consumo è funzione di più variabili, il CUSUM rimane in funzione solo del tempo.

Limiti del diagramma CUSUM:

- Non sempre è facile individuare le cause delle deviazioni
- I riscontri del diagramma CUSUM sono meno chiaramente interpretabili quando il processo comporta l'utilizzo di molte macchine e impianti con diversi consumi.

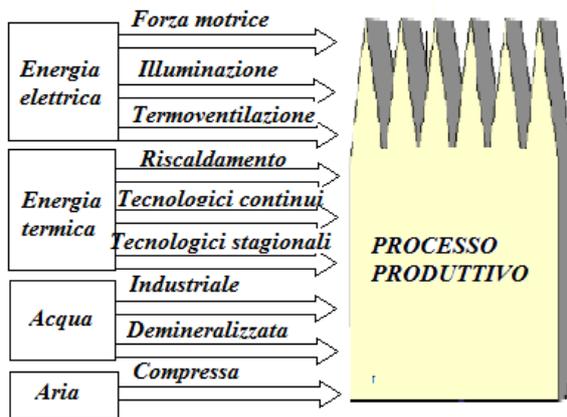
Carta CUSUM tabulare

Carta Shewart

- È più efficiente della carta Shewart nel segnalare il fuori controllo in presenza di piccoli shift della media. La Carta CUSUM risulta avvantaggiata perché nel monitoraggio dei consumi energetici è frequente il caso di shift modesti della media dei residui, ma persistenti nel tempo.
 - Si può risalire facilmente al punto di inizio della deviazione una volta riscontrato un fuori controllo.
 - Può essere usata oltre che per monitorare i processi, per verificare in maniera più spedita se un nodo del diagramma CUSUM corrisponde ad un cambiamento nella media dei residui e quindi a un cambiamento della retta di caratterizzazione del processo. In sostanza si effettua una simulazione: si costruisce una carta di controllo scegliendo come periodo di setup il periodo immediatamente prima del nodo interessato e si aggiungono i punti corrispondenti al periodo successivo.
- È più tempestiva della carta CUSUM tabulare nel rilevare grandi shift della media.
 - Una volta riscontrato il fuori controllo, risalire al punto di inizio della deviazione è meno immediato rispetto alla carta CUSUM Tab: bisogna osservare i punti successivi sulla carta che hanno lo stesso segno.
 - Ridurre i limiti fa aumentare il pericolo di falsi allarmi
 - Non segnala quando il sistema è effettivamente cambiato
-

Potrebbe essere conveniente nel monitoraggio dei consumi usare sia la carta CUSUM tabulare che la carta Shewart. In tal caso, per rendere equivalenti le carte, il limite della carta CUSUM tab dovrebbe essere posto al valore $H = 4,77s_e$. In questo modo la probabilità di segnalare falsi allarmi delle due carte sarebbe equivalente.

2. Distinzione tra i singoli vettori energetici.



Bisogna tenere separati i vari vettori per poterli controllare in modo distinto e più opportuno, ad esempio bisogna fare distinzione tra energia termica per riscaldamento, che dipende principalmente dal clima, dal consumo di energia termica per usi tecnologici che dipende prevalentemente da parametri produttivi e così via.

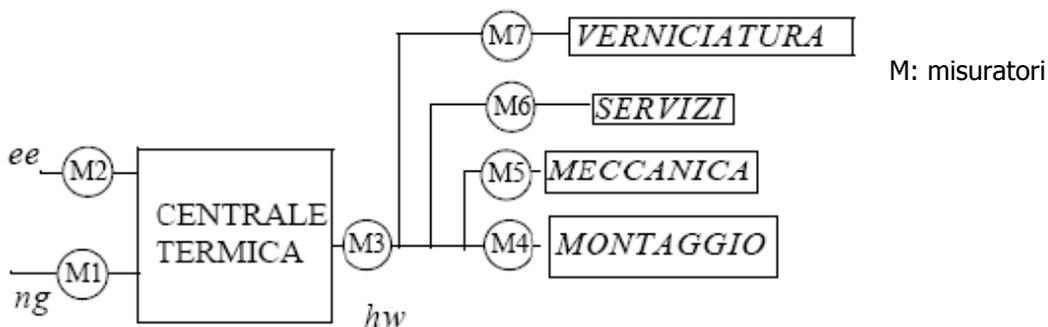
3. Distinzione tra aree diverse.

È necessario distinguere le singole aree all'interno dell'organizzazione per capire quali sono quelle che consumano di più, quelle che svolgono attività diverse per esempio dal punto di vista tecnologico, oppure quelle i cui consumi dipendono da parametri diversi. Una volta effettuata tale distinzione, bisogna inserire un misuratore in ogni reparto. Ogni utenza deve avere un misuratore specifico perché non deve risentire degli eventuali problemi nelle misure delle altre utenze.



Sono utili, ad esempio, delle mappe energetiche di aree controllate, in cui le aree di colore più scuro corrispondono a quelle di maggior consumo di energia elettrica. Oppure, un altro tipo di rappresentazione grafica è l'albero degli assorbimenti energetici, sia a livello di un intero stabilimento che di reparto.

Gli strumenti di misura devono essere installati in modo da consentire il controllo corrispondente ai tre criteri fondamentali. Di norma non serve utilizzare un numero maggiore di strumenti rispetto ai criteri per non aumentare la propagazione degli errori e non superare i limiti di precisione, e per contenere i costi di acquisto e di manutenzione di tali strumenti. Il sistema di misura realizzato deve essere affidabile



5. EFFICIENZA ENERGETICA DEI PROCESSI

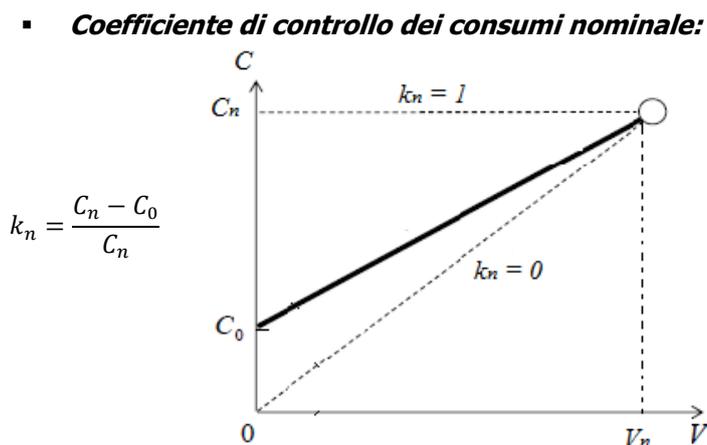
5.1. Controllo delle quote fisse di consumo

Nella maggioranza dei casi la relazione tra consumi di energia e parametri produttivi è lineare e presenta una quota fissa. È importante capire se tali quote fisse siano funzionali per la realtà in esame o se rappresentino uno spreco evitabile.

5.1.1. Incidenza della quota fissa di consumo

Per controllare la quota fissa il primo passo è quello di quantificare il consumo di energia non correlato alla produzione.

- **Peso della quota fissa:** $CF = \frac{C_0}{C_0 + c_1 \bar{V}} 100$
 È dato dal rapporto tra il consumo fisso e il consumo totale. È una funzione che è pari al 100% in corrispondenza della produzione nulla e diminuisce al crescere della produzione.
- **Peso medio della quota fissa:** $\overline{CF} = \frac{C_0}{C_0 + c_1 \bar{V}} 100$
 È un numero che rappresenta il peso della quota fissa quando il volume produttivo è pari al suo valor medio. Indica l'incidenza del consumo fisso sul consumo medio
- **Incidenza del consumo fisso sul consumo nominale:** $CF_n = \frac{C_0}{C_0 + c_1 V_n} 100$
- **Volume produttivo medio \bar{V} :** È utile per verificare la perdita nello specifico periodo: se $\bar{V} < V_n$ allora la quota fissa incide maggiormente.
- **Produzione nominale V_n :** Viene utilizzata per effettuare delle considerazioni sulla tecnologia, gli impianti e la gestione, è utile per il benchmark nel tempo e con altri impianti.



È un parametro che serve per tenere sotto controllo le quote fisse di consumo, riducendo l'incidenza di queste e aumentando l'incidenza delle quote variabili. Rappresenta il rapporto tra la quota di consumo variabile in condizioni nominali e il consumo nominale. Può variare tra 0 e 1:

- $k_n = 0$ la quota fissa è il 100% del consumo nominale → nessun controllo
- $k_n = 1$ la quota fissa è 0% del consumo nominale → massimo controllo

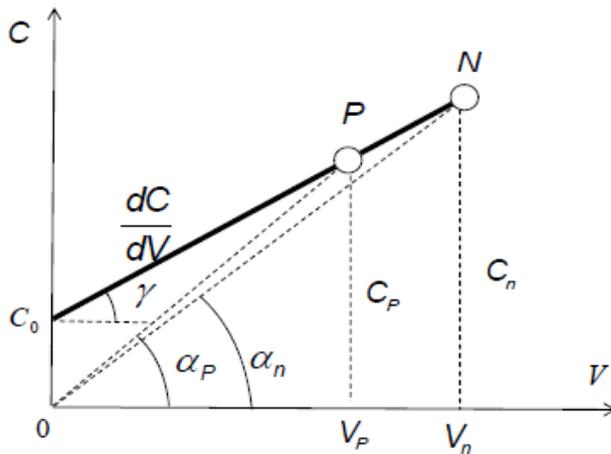
- **Indice di consumo:** $\frac{C}{V} = \frac{C_0}{V} + c_1$
 Rappresenta il consumo unitario o per unità di prodotto. Come il peso della quota fissa, è una funzione che cresce al diminuire del volume produttivo. Viene usato come benchmarking, rendiconti energetici ambientali.

5.3. Efficienza di sistemi lineari con output singolo

Per un processo in cui l'energia in ingresso E_{in} dipende linearmente dalla produzione V il rendimento termico η aumenta con il livello di produzione:

<p>Essendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ $E_{in} = C_0 + c_1V$ ▪ $E_{out} = e_{out}V$ <p>e_{out}: energia per unità di output</p>	$\Rightarrow \eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} = \frac{e_{out}V}{C_0 + c_1V}$ $\Rightarrow q = \frac{E_{in}}{V} = \frac{C_0}{V} + c_1$	<p><i>Il rendimento aumenta all'aumentare del livello di output.</i></p> <p><i>Il consumo specifico diminuisce all'aumentare del livello di output.</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efficienza marginale: È il rapporto tra la variazione di energia in uscita e la corrispondente variazione di energia in ingresso per un incremento marginale della variabile produzione. È indipendente dal volume produttivo. Per i sistemi lineari è costante. $\varepsilon = \frac{dE_{out}/dV}{dE_{in}/dV} = \frac{e_{out}}{c_1}$ <ul style="list-style-type: none"> ▪ k: rapporto tra consumo variabile e consumo totale. Varia coi il livello di produzione: diventa nullo se si annulla la produzione e raggiunge il valore massimo nel caso di saturazione del sistema, cioè nel caso di produzione nominale in cui il sistema lavora alla massima capacità. $k = \frac{c_1V}{C_0 + c_1V}$	<p>⇒ Poiché il rendimento termico dipende dalla produzione, è utile dividerlo in due contributi, di cui uno indipendente da V. Moltiplicando e dividendo per c_1:</p> $\eta = \frac{e_{out}V}{C_0 + c_1V} = \frac{e_{out}}{c_1} \cdot \frac{c_1V}{C_0 + c_1V} = \varepsilon k$ <p>→ εk è l'efficienza totale</p> <p>Anche il consumo specifico può essere scomposto in due contributi. Moltiplicando e dividendo per c_1:</p> $q = \frac{C_0 + c_1V}{Vc_1} \cdot c_1 = \frac{c_1}{k}$ <p>⇒ Il consumo specifico di un sistema è sempre maggiore del consumo specifico marginale c_1, perché k è sempre inferiore ad 1. Risulta che <u>all'aumentare della quota fissa di consumo, il consumo specifico aumenta</u></p>	
<p>Il consumo specifico può essere riscritto come:</p> $c_1 = kq$ <p>c_1 può essere interpretato come la derivata del consumo rispetto alla variabile produzione:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ $c_1 = dC/dV$ ▪ $E_{in} = C = C_0 + c_1V$ ▪ $q = E_{in}/V = C/V$ 	<p>È l'equazione di <u>un'iperbole crescente verso l'alto</u></p> $c_1 = kq \quad \rightarrow \quad \frac{dC}{dV} = kq \quad \rightarrow \quad \text{Oppure:}$ $\frac{dC}{C} = k \frac{dV}{V}$ <p>⇒ La variazione percentuale di consumo è proporzionale alla variazione percentuale di produzione attraverso il coefficiente k che è l'elasticità. L'elasticità può essere:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perfettamente anelastica se $k = 0$ • Anelastica se $0 \leq k \leq 1$ • Ad elasticità unitaria se $k = 1$ • Elastica se $k > 1$ • Perfettamente elastica se $k \rightarrow \infty$ 	

L'*elasticità* può assumere valori compresi tra 0 (consumi completamente fissi) e 1 (consumi completamente variabili), dà un'indicazione dell'elasticità e indirettamente della rigidità dei consumi di un sistema.



$$k_p = \frac{\frac{dC}{dV}}{\frac{C_p}{V_p}} = \frac{c_1}{q_p} = \frac{\tan \gamma}{\tan \alpha_p}$$

$$k_n = \frac{c_1 V_n}{C_0 + c_1 V_n} = \frac{\frac{dC}{dV}}{\frac{C_n}{V_n}} = \frac{c_1}{q_n} = \frac{\tan \gamma}{\tan \alpha_n}$$

$$\alpha_p < \alpha_n \quad \Rightarrow \quad k_p < k_n$$

5.5. Processi in cui la fisica consente una definizione di efficienza

Nei processi in cui il consumo è prevalentemente determinato dalla fisica, l'efficienza del processo può essere determinata utilizzando un **metodo statistico**:

- Approccio back box
- Stima dei consumi
- Consente di misurare le prestazioni energetiche del sistema
- Non fornisce indicazioni specifiche per migliorare l'efficienza
- Non si applica di norma ai processi in cui la fisica non riesce a spiegare l'entità dei consumi
- Metodo economico

5.5.1. Efficienza di una caldaia

In una caldaia l'energia chimica del combustibile, reagendo con l'aria, viene convertita in un flusso di gas ad alta temperatura che trasmette calore all'acqua o al vapore prodotti. Però, non tutta l'energia riesce ad essere trasmessa, perché una parte viene persa. Le perdite sono:

- Perdite al camino perché i gas combusti vengono rilasciati ad una temperatura più alta di quella ambiente;
- Perdite per trasmissione di calore attraverso la superficie esterna della caldaia;
- Perdite di blowdown (o di drenaggio) della caldaia, cioè rilascio di una parte di acqua calda in pressione per limitare l'accumularsi di sali dannosi.

L'**efficienza di una caldaia** corrisponde al rendimento della caldaia, che è data dal rapporto tra l'energia richiesta per riscaldare l'acqua e l'energia immessa con il combustibile:

$$\eta_b = \frac{Q}{m_b H_i}$$

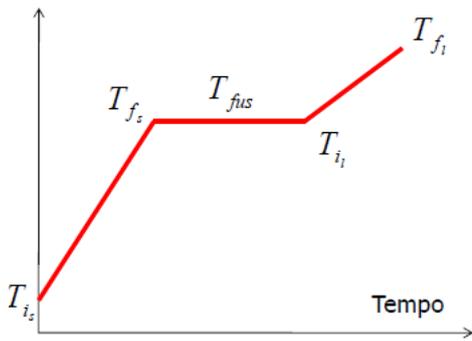
- $Q = m(h_f - h_i) \rightarrow$ calore trasmesso alla massa d'acqua m per portarla dall'entalpia iniziale h_i all'entalpia finale h_f
- $m_b \rightarrow$ massa di combustibile con potere calorifico inferiore H_i
- $m = \frac{\eta_b \rho_b V_b H_i}{h_f - h_i} \rightarrow$ massa di vapore mensile, dove V_b è il volume mensile di olio combustibile consumato, ρ_b è la densità dell'olio combustibile.

5.5.3. Efficienza dei processi di riscaldamento e fusione

In molte aziende si utilizzano quantità rilevanti di energia per il riscaldamento e la fusione di materiali ferrosi e non ferrosi, vetro, materie plastiche, ecc.. La termodinamica di questi processi è molto semplice e consente di calcolare l'energia teorica necessaria per calcolare l'efficienza.

L'energia termica per unità di massa di prodotto è pari alla differenza fra l'entalpia nello stato finale e l'entalpia nello stato iniziale, $h_f - h_i$.

- Nel caso della fusione, cioè passaggio da solido a liquido, la variazione di entalpia si può esprimere come prodotto della capacità termica massica per la differenza di temperatura $\rightarrow c_p(T_f - T_i)$
- Nel caso dell'evaporazione, passaggio da liquido a vapore, poiché la temperatura rimane costante durante il passaggio di stato, occorre conoscere il calore latente di fusione H_f [kJ/kg].



Considerando il processo di fusione di un solido:

T_{is} : Temperatura iniziale allo stato solido, solitamente pari alla temperatura ambiente.

T_{fus} : Temperatura di fusione del solido. È uguale a T_{fs} , che è la temperatura finale allo stato solido, ed alla temperatura iniziale allo stato liquido $\Rightarrow T_{fus} = T_{fs} = T_{il}$

T_{fl} : Temperatura finale allo stato liquido, cioè la temperatura finale del processo $T_{fl} > T_{fus}$ per evitare che il metallo solidifichi nel tempo che passa tra la fine del processo di fusione e la colata in forme.

Per calcolare l'efficienza del processo:

1. Determinare l'energia necessaria:

$$Q_{teor} = m_p [c_{ps}(T_{fs} - T_{is}) + H_f + c_{pl}(T_{fl} - T_{il})]$$

c_{ps} : calore specifico del metallo allo stato solido
 c_{pl} : calore specifico del metallo allo stato liquido

Essendo: $T_{fus} = T_{fs} = T_{il} \Rightarrow Q_{teor} = m_p [c_{ps}(T_{fus} - T_{is}) + H_f + c_{pl}(T_{fl} - T_{fus})]$

2. Determinare l'energia necessaria per unità di massa di prodotto:

$$q_{teor} = \frac{Q_{teor}}{m_p}$$

3. Calcolare l'efficienza del processo:

$$e = \frac{q_{teor}}{c_1}$$

c_{ps} , c_{pl} , T_f e H_f sono valori caratteristici del materiale, quindi sono ricavabili dalle tabelle:

Elemento	Temperatura di fusione (°C)	Calore latente di fusione (kcal/kg)	Elemento	Temperatura di fusione (°C)	Calore latente di fusione (kcal/kg)
Alluminio	660.0	94.6	Piombo	327.4	5.9
Argento	960.5	25.3	Rame	1083.0	48.9
Cadmio	320.9	13.0	Platino	1773.0	26.5
Cobalto	1495.0	62.0	Stagno	231.9	14.3
Cromo	1880.0	67.0	Titanio	1670.0	100.0
Ferro	1535.0	65.0	Zinco	419.5	24.4
Magnesio	950.0	79.0			
Molibdeno	2622.0	69.0			
Nichel	1453.0	73.8			
Oro	1063.0	15.8			

Temperatura e calore latente di fusione dei principali metalli a pressione atmosferica

5.6. Processi in cui la fisica del processo non fornisce indicazioni di efficienza energetica

Per i gruppi di processi in cui la fisica non riesce a spiegare l'entità dei consumi di energia misurati, la caratterizzazione fatta con il solito metodo statistico non fornisce indicazioni sull'efficienza, perché non riesce ad individuare uno o più processi fisici con cui confrontarsi. Ciò accade quando il sistema è complesso o l'attività è estremamente varia e si sviluppa in fasi e singoli processi che usano energia in modo molto diverso. In questi casi si utilizza il **metodo deterministico**. Il metodo deterministico, in contrapposizione con quello statistico:

- Non si basa sulla stima dei consumi passati e futuri, ma utilizza le misure sperimentali dei consumi energetici passati e presenti e delle variabili che l'influenzano per analizzare sistemi e processi con il fine di migliorarne l'efficienza.
- È più costoso perché comporta la conoscenza degli assorbimenti energetici **delle singole macchine** e degli **impianti** e maggiori competenze specialistiche, richieste nella misura e nell'analisi dei dati che spaziano in tutti i campi in cui l'energia viene generata o utilizzata.
- Consente di individuare miglioramenti sia a livello tecnologico di macchine e impianti che a livello gestionale, riducendo gli sprechi. Inoltre aiuta a ridurre gli impatti ambientali, le emissioni di energia e materiali nei processi produttivi sostenibili.

I criteri da utilizzare per l'applicazione del metodo deterministico sono:

1. Procedere dal generale al particolare: stabilimento → reparto → processo
2. Individuare i consumi fissi evitabili nelle ore di non attività, distinguendo tra giorni feriali e giorni festivi. Il carico di base, che rappresenta un consumo presente anche quando non si svolge attività produttiva nello stabilimento, in genere non può essere eliminato. Può essere però ridotto attraverso un'indagine sulle attività che lo determinano, ad esempio attraverso questa analisi si possono individuare macchinari o impianti che possono essere disalimentati nei periodi non produttivi, abbattendo così i consumi e i costi fissi (Es.: impianti di aspirazione).
3. Tracciare l'energy profile delle macchine e degli impianti con uso significativo di energia.

La caratterizzazione delle singole macchine e impianti è utile perché consente di stabilire un riferimento per un confronto fra macchine e impianti simili, e di acquisire sensibilità rispetto agli assorbimenti energetici nella fase di sostituzione o acquisto di nuove macchine e impianti.

Il profilo di potenza di macchine e impianti effettuato con analizzatori e registratori di reti elettriche consente, inoltre, di:

- Controllare il consumo di energia reattiva: se questa supera determinati limiti, rispetto all'energia attiva, viene fatturata e quindi rappresenta un costo aggiuntivo.
- Ottenere utili indicazioni riguardo al dimensionamento corretto dei motori: se la potenza del motore elettrico eccede di molto la potenza assorbita al massimo carico l'energia reattiva prelevata aumenta in proporzione.

Energia reattiva

■ Potenza attiva $P = \sqrt{3}VI \cos \phi$

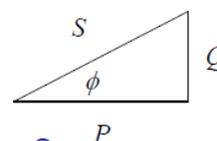
■ Potenza reattiva $Q = \sqrt{3}VI \sin \phi$

■ Potenza apparente $S = \sqrt{3}VI$

■ Le linee elettriche vengono dimensionate per S

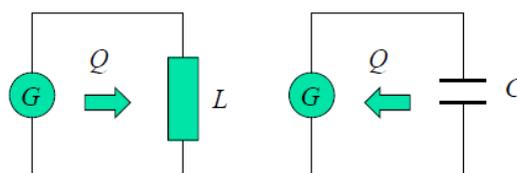
■ Potenza reattiva aumenta le perdite di rete

■ L'energia reattiva viene fatturata



$$\phi = \arctg \frac{Q}{P}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$



ogni unità del suo output totale. Allora:

$$\begin{cases} u_1 = u_{11} + u_{12} + d_1 \\ u_2 = u_{21} + u_{22} + d_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u_1 = q_{11}u_1 + q_{12}u_2 + d_1 \\ u_2 = q_{21}u_1 + q_{22}u_2 + d_2 \end{cases} \quad \begin{cases} (1 - q_{11})u_1 - q_{12}u_2 = d_1 \\ -q_{21}u_1 + (1 - q_{22})u_2 = d_2 \end{cases}$$

In forma matriciale: $\begin{bmatrix} 1 - q_{11} & -q_{12} \\ -q_{21} & 1 - q_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{bmatrix} \rightarrow \left(\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \end{bmatrix} \right) \cdot \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{bmatrix}$

Ovvero: $(I - A) \cdot u = d$

Quindi la quantità di vettori energetici che bisogna produrre per soddisfare la domanda delle utenze e i consumi per produrre altri vettori energetici è: $u = (I - A)^{-1} \cdot d$

Sapendo che: Il consumo energetico dei vettori importati è:

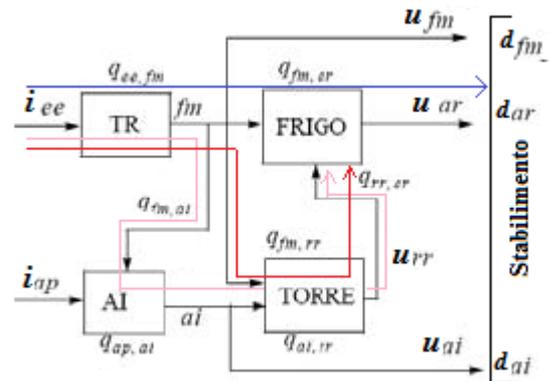
$$q_{i_1, u_1} = \frac{i_1}{u_1} \Rightarrow \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_{i_1, u_1} & 0 \\ 0 & q_{i_2, u_2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} \quad \mathbf{B} = \text{matrice che contiene come coefficienti i consumi specifici di trasformazione} \quad \mathbf{i} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{u}$$

$$\Rightarrow \mathbf{i} = \mathbf{B} \cdot (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \cdot \mathbf{d}$$

- **Seconda interpretazione della teoria di Leontieff:** permette di identificare i vettori energetici come sistemi che scambiano energia in input e/o in output. Questo sia per considerare anche i vettori importati e sia perché alcuni sistemi di generazione possono avere più output diversi (Es.: generatore di vapore che produce sia vapore che acqua calda).

Consideriamo un sistema in cui l'acqua prelevata dal pozzo *ap* viene inviata all'impianto come acqua industriale *ai* e da qui inviata:

- In parte alle utenze di stabilimento
- In parte alla torre evaporativa, per reintegrare l'acqua evaporata nella torre, la quale ha lo scopo di fornire acqua di raffreddamento al gruppo frigo che produce acqua refrigerata.



- Percorso TR-AI-TORRE-FRIGO
- Percorso TR-TORRE-FRIGO // Percorso TR-TORRE
- Percorso TR-FRIGO

1. Costruire la tabella di Input-Output dei vettori energetici per contabilizzare i flussi:

	Output				Domanda
Input	i_1	i_2	u_1	u_2	D
i_1	0	0	q_{i_1, u_1}	0	0
i_2	0	0	0	q_{i_2, u_2}	0
u_1	0	0	q_{11}	q_{12}	d_1
u_2	0	0	q_{21}	q_{22}	d_2

Il valore di ogni casella esprime la quantità dell'input indicato a sinistra necessario per ottenere l'output indicato in alto.

$$\left(\begin{array}{c|c} \mathbf{0} & \mathbf{B} \\ \mathbf{0} & \mathbf{A} \end{array} \right) \begin{array}{c} \mathbf{0} \\ \mathbf{d} \end{array}$$

L'output *ee* non ha bisogno di *ee* in entrata → 0

indica quanta *ee* serve direttamente per produrre *fm*

	<i>ee</i>	<i>ap</i>	<i>fm</i>	<i>ar</i>	<i>rr</i>	<i>ai</i>	D
<i>ee</i>	0	0	$q_{ee, fm}$	0	0	0	0
<i>ap</i>	0	0	0	0	0	$q_{ap, ai}$	0
<i>fm</i>	0	0	0	$q_{fm, ar}$	$q_{fm, rr}$	$q_{fm, ai}$	d_{fm}
<i>ar</i>	0	0	0	0	0	0	d_{ar}
<i>rr</i>	0	0	0	$q_{rr, ar}$	0	0	0
<i>ai</i>	0	0	0	0	$q_{ai, rr}$	0	d_{ai}

Queste 2 colonne sono nulle perché si considera il sistema nella sua totalità e non per settori

diagonale principale è nulla perché non ci sono autoconsumi

4. In entrambi i casi, si ottengono le quantità dei vettori energetici generati e le quantità dei vettori energetici importati:

Soluzioni:

$$\begin{cases} \mathbf{u}_{fm} = \mathbf{d}_{fm} + (\mathbf{q}_{fm,ar} + \mathbf{q}_{fm,rr}\mathbf{q}_{rr,ar} + \mathbf{q}_{fm,ai}\mathbf{q}_{ai,rr}\mathbf{q}_{rr,ar})\mathbf{d}_{ar} + \mathbf{q}_{fm,ai}\mathbf{d}_{ai} \\ \mathbf{u}_{ar} = \mathbf{d}_{ar} \\ \mathbf{u}_{rr} = \mathbf{q}_{rr,ar}\mathbf{d}_{ar} \\ \mathbf{u}_{ai} = \mathbf{q}_{ai,rr}\mathbf{q}_{rr,ar}\mathbf{d}_{ar} + \mathbf{d}_{ai} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \mathbf{i}_{ee} = \mathbf{q}_{ee,fm}\mathbf{u}_{fm} \\ \mathbf{i}_{ap} = \mathbf{q}_{ap,ai}\mathbf{u}_{ai} \end{cases}$$

- **Metodo semplificato:** considerando ancora lo stesso sistema:

$q_{fm,ai}$: consumo di *fm* per produrre *ai*

$q_{ap,ai}$: consumo di *ap* per produrre *ai*

Si possono ottenere le stesse soluzioni viste nel metodo precedente semplicemente osservando il sistema

- L'acqua di pozzo necessaria per produrre acqua industriale è:

$$\mathbf{i}_{ap} = \mathbf{q}_{ap,ai}\mathbf{u}_{ai}$$

- \mathbf{u}_{ai} servirà a soddisfare la domanda d_{ai} e a rifornire la torre evaporativa. Nella torre, l'ai viene usata per generare il vettore acqua di raffreddamento *rr*, che a sua volta viene usata dal frigo per produrre acqua refrigerata per soddisfare la domanda d_{ar} :

$$\mathbf{u}_{ai} = \mathbf{d}_{ai} + \mathbf{q}_{ai,rr}\mathbf{q}_{rr,ar}\mathbf{d}_{ar}$$

- Il vettore energia elettrica importato i_{ee} viene consumato nel trasformatore per generare energia elettrica forza motrice u_{fm}

$$\mathbf{i}_{ee} = \mathbf{q}_{ee,fm}\mathbf{u}_{fm}$$

- Il vettore energetico u_{fm} viene usato da 4 processi in parallelo:

- Domanda da parte delle utenze d_{fm}
- Impianto frigorifero per produrre acqua refrigerata $q_{fm,ar}\mathbf{d}_{ar}$
- Torre evaporativa per produrre acqua di raffreddamento che serve per produrre acqua refrigerata (due processi in serie) $q_{fm,rr}\mathbf{q}_{rr,ar}\mathbf{d}_{ar}$
- Impianto acqua industriale per produrre u_{ai}

Sommando questi processi in parallelo:

$$\mathbf{u}_{fm} = \mathbf{d}_{fm} + \mathbf{q}_{fm,ar}\mathbf{d}_{ar} + \mathbf{q}_{fm,rr}\mathbf{q}_{rr,ar}\mathbf{d}_{ar} + \mathbf{q}_{fm,ai}\mathbf{u}_{ai}$$

$$\mathbf{u}_{fm} = \mathbf{d}_{fm} + (\mathbf{q}_{fm,ar} + \mathbf{q}_{fm,rr}\mathbf{q}_{rr,ar} + \mathbf{q}_{fm,ai}\mathbf{q}_{ai,rr}\mathbf{q}_{rr,ar})\mathbf{d}_{ar} + \mathbf{q}_{fm,ai}\mathbf{d}_{ai}$$

Sintetizzando, nel sistema energetico di un'azienda, gli energy driver causano la domanda di energia da parte dei centri utente (sistema di utilizzazione). Questa domanda viene soddisfatta mediante vettori energetici che vengono generati dal sistema di generazione usando i vettori importati. Utilizzando il metodo input-output possiamo dare una formulazione matematica al sistema:

Matrice di generazione M_g :

$$\mathbf{M}_g = \mathbf{B}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$$

$$\mathbf{M}_g = \left(\mathbf{I} - \begin{bmatrix} 0 & \mathbf{B} \\ 0 & \mathbf{A} \end{bmatrix} \right)^{-1}$$

Per il sistema di generazione:

$$\mathbf{E} = \mathbf{M}_g \cdot \mathbf{C}$$

\mathbf{E} : vettore dei vettori energetici importati
 \mathbf{C} : vettore dei vettori energetici generati

Per il sistema di utilizzazione:

$$\mathbf{C} = \mathbf{M}_u \mathbf{D}$$

\mathbf{M}_u : matrice di utilizzazione, contiene i consumi specifici dei vettori energetici generati per ogni unità di energy driver
 \mathbf{D} : vettore degli energy driver

Equazione che lega direttamente gli energy driver con le energie importate e descrive matematicamente il sistema energetico aziendale.

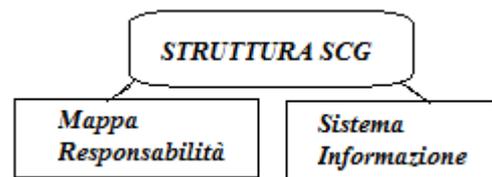
$$\mathbf{E} = \mathbf{M}_g \mathbf{M}_u \mathbf{D}$$

3. **Calcolo degli scostamenti:** è il confronto tra gli obiettivi e i risultati e si basa su di una metodologia di scomposizione denominata analisi delle varianze o degli scostamenti. Tale metodologia consiste nell'attribuire diverse componenti dello scostamento a diversi ambiti decisionali che appartengono a diversi centri di responsabilità dell'organizzazione.
4. **Analisi degli scostamenti:** consiste nell'individuare le cause del non realizzarsi di un risultato previsto nel budget in modo da poter valutare l'effettiva responsabilità. Ad esempio può succedere che gli obiettivi non siano stati raggiunti non perché è stata effettuata una gestione poco efficiente ma perché si sono modificate le condizioni generali.
5. **Azioni correttive:** hanno due scopi:
 - Correggere gli obiettivi, se diventa chiaro che questi non possono essere raggiunti
 - Rendere più efficace ed efficiente l'azione manageriale in modo da riuscire a raggiungere gli obiettivi.

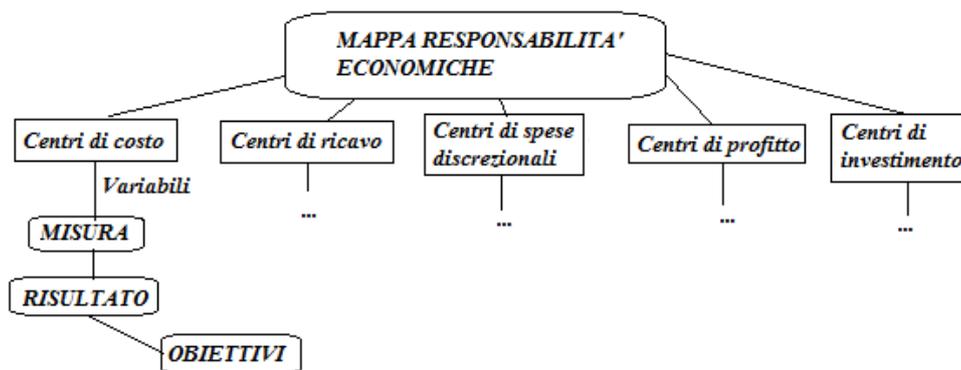
Questo meccanismo, detto di *feedback*, è fondamentale per il funzionamento del processo: senza una qualsiasi reazione alla misurazione dei risultati, il processo di controllo si limiterebbe ad una sterile misurazione senza impatto sulla gestione.

La **STRUTTURA del sistema di controllo di gestione** è costituita da:

- Un sistema organizzativo → *mappe delle responsabilità*.
Definisce le responsabilità all'interno dell'organizzazione.
- Un sistema informativo → *struttura informativa del controllo*: rende disponibili le informazioni necessarie all'avvio del processo di controllo.



La **MAPPA DELLE RESPONSABILITÀ** attribuisce le diverse responsabilità economiche alle diverse posizioni manageriali dotate di autonomia decisionale nella gestione delle risorse.



Per ogni centro di responsabilità bisogna individuare gli obiettivi che questo dovrà raggiungere e bisogna chiaramente identificare il parametro di misurazione dei risultati.

In genere nelle imprese vengono individuati 5 tipi di responsabilità attribuibili a 5 contesti decisionali denominati centri di responsabilità:

1. **Centri di costo** Si occupano della relazione tra impiego di risorse (costi) e quantità di risultati ottenuti. La misurazione della performance economica viene fatta rispetto a degli standard che definiscono il consumo dei fattori produttivi in relazione ai risultati attesi. Si concentra soprattutto sui costi variabili.
2. **Centro di ricavo** Centro di responsabilità focalizzato sui volumi di vendita misurato attraverso il volume dei ricavi.
3. **Centro di spese discrezionali** Produce servizi interni necessari non misurabili senza utilizzare un ammontare di risorse superiore a quello stanziato (budget di spesa). Es: servizi amministrativi, di ricerca e sviluppo, marketing...
4. **Centro di profitto** Il responsabile del centro profitti è tenuto ad ottimizzare la differenza tra costi e ricavi.
5. **Centro d'investimento** È responsabile della relazione tra investimenti e profitti.

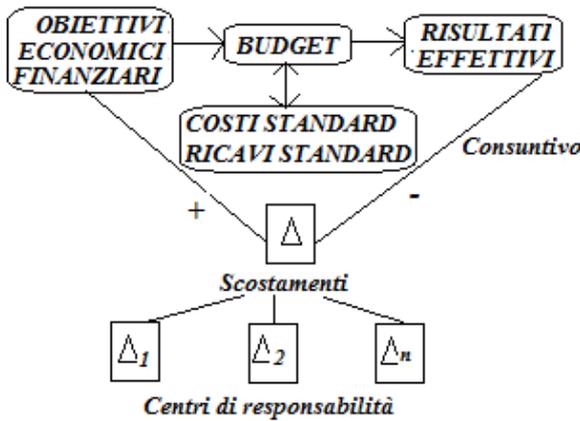
SISTEMA DEGLI STANDARD
SISTEMA DI CALCOLO DELLE VARIANZE

Costituisce l'archivio delle modalità operative di esecuzione delle diverse operazioni.



Viene usato principalmente nella produzione, dove il processo di ingegnerizzazione della produzione dei prodotti prevede la definizione puntuale dei tempi e dei modi di esecuzione delle diverse fasi. Il sistema degli standard costituisce un archivio di dati senza il quale non è possibile procedere alla definizione del budget e al calcolo delle variazioni

È uno strumento tecnico-contabile di scomposizione delle differenze tra obiettivi economico-finanziari di budget e risultati effettivamente conseguiti, e attribuisce le diverse componenti dello scostamento ai diversi ambiti decisionali nell'organizzazione.



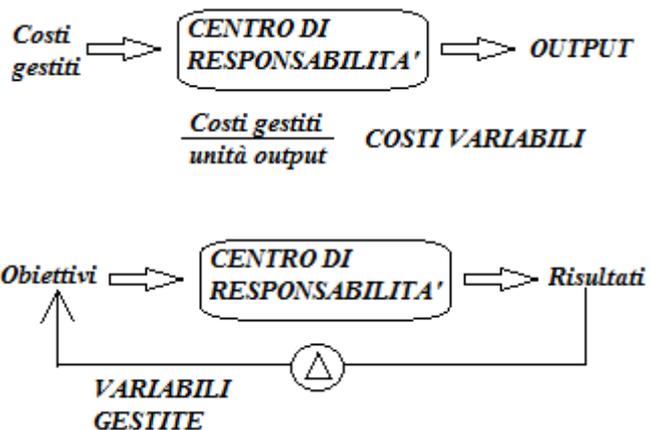
Il problema della separazione degli elementi che concorrono a determinare uno scostamento dagli obiettivi di budget viene risolto attraverso l'utilizzo di un sistema contabile a costi e ricavi standard, dove gli standard sono i valori di budget. In questo modo i costi standard vengono confrontati con quelli effettivi, avendo attenzione di separare le diverse componenti dello scostamento globale. L'insieme delle varianze è l'input informativo per valutare il comportamento manageriale dei soggetti responsabili dei diversi centri, che viene inserito in forma sintetica nel conto economico di contabilità analitica come spiegazione delle ragioni dello scostamento dal budget del consuntivo.

6.1.1. Metodi di determinazione dei costi nell'ambito del sistema di controllo

Il sistema contabile di misurazione dei costi utilizzato nei sistemi di controllo, si basa sull'uso di costi standard e di metodi di attribuzione dei costi basati sull'effettivo utilizzo delle risorse da parte dei centri di responsabilità.

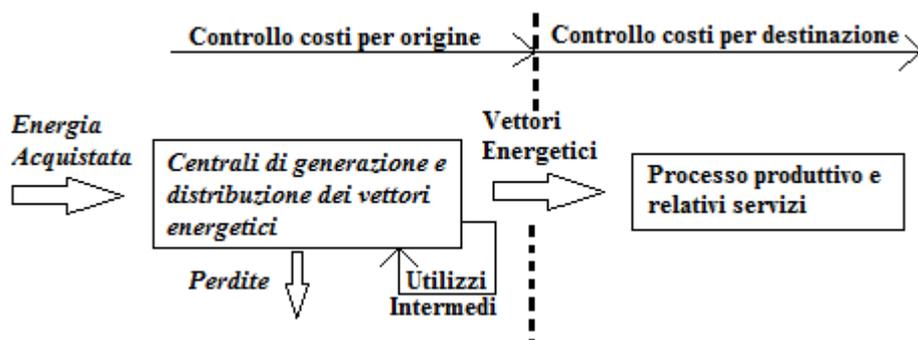
Esistono due criteri di attribuzione dei costi ai centri di responsabilità:

- **Criterio A:** i costi attribuiti ad un centro di responsabilità, la cui variabilità incide sui risultati del centro, devono essere esclusivamente dei costi gestibili dal centro stesso, cioè dei costi il cui formarsi è influenzato dalle decisioni prese dal responsabile del centro.
- **Criterio B:** le differenze tra costi obiettivo e risultati effettivamente conseguiti devono essere misurate solo in relazione alle variabili gestionali che il centro gestisce. Le eventuali variazioni tra costi previsti a budget e costi effettivi consuntivi non devono incidere sul grado di raggiungimento degli obiettivi.



6.2. Controllo di Gestione dell'energia

Sistema energetico aziendale: sistema che partendo da energia acquistata all'esterno fornisce energia alle attività dell'azienda. Esso comprende i sistemi di generazione, distribuzione e i centri di utilizzazione dell'energia, collegati tra loro da una rete di vettori energetici.



I **criteri** su cui si basa il sistema di misura dei costi sono:

- **Definizione di un costo unitario standard ed unico dell'energia.** La definizione di un costo standard è necessaria perché innanzitutto i centri di attività non si trovano in un contesto di libero mercato degli approvvigionamenti energetici ma in un monopolio fisico detenuto dal sistema energetico aziendale, quindi non avrebbe nessun senso introdurre tra i diversi centri dei meccanismi di negoziazione nelle transazioni di energia, oltre al fatto che i centri devono rispondere solo dei costi che possono gestire, mentre il costo unitario dei vettori energetici è un costo a loro esterno. Inoltre, l'energia è un bene di consumo presente sul mercato, per cui il costo unitario standard può essere determinato facendo riferimento ai prezzi di mercato.
- **Attribuzione dei costi totali basata sull'effettivo utilizzo dell'energia da parte dei diversi centri di responsabilità.**

Il sistema di contabilità aziendale prevede due **modalità per il controllo dei costi**:

1. Costi controllati per origine, nell'ambito della Contabilità Generale.

I costi per origine sono i costi relativi alla generazione e distribuzione dei vettori energetici, oppure i costi annui di acquisto di vettori energetici da una azienda esterna. Dei costi origine si occupa la contabilità aziendale generale, che registra i rapporti tra impresa e terzi.

2. Costi controllati per destinazione, nell'ambito della Contabilità Industriale (o Analitica).

I costi per destinazione sono i costi corrispondenti all'assorbimento dei vettori energetici da parte dei singoli utenti di stabilimento. Dei costi per destinazione si occupa la contabilità industriale che ha carattere esclusivamente interno e sta a fondamento del controllo di gestione.

6.2.1. Il Budget dell'Energia

Il budget dell'energia è un budget settoriale, che si riferisce all'attività di particolari aree gestionali che trattano o consumano energia e si scompone in relazione ai centri di responsabilità. Il budget contiene, in modo evidente, gli obiettivi dei centri in termini di energia.

Per un'azienda tenere sotto controllo i costi dell'energia significa conoscere i costi consuntivi dei precedenti esercizi annuali ed essere in grado di effettuare una previsione dei costi per il nuovo esercizio in relazione a tutte le situazioni e condizioni produttive, introducendo inoltre in tale previsione tutti gli obiettivi di miglioramento realisticamente perseguibili.

Il budget può essere quindi diviso in due fasi temporali diverse:

- **Preventivo**
- **Consuntivo**

PREVENTIVO:

**DEFINIZIONE
DEL COSTO
UNITARIO
STANDARD
DEI VETTORI
ENERGETICI**

Una volta definita le quantità di energie primarie da acquistare tramite le equazioni di generazione, l'area degli acquisti provvede a stipulare i contratti di fornitura. In questo modo, saranno noti i costi dei vettori energetici acquistati e bisogna determinare i **costi unitari standard** c_{std} dei vettori energetici da applicare ai centri utente:

$$c_{std} = c_{std,v} + c_{std,f}$$

- $c_{std,v}$ = costo unitario standard variabile, derivante dai costi di acquisto delle energie primarie impiegate. Sono proporzionali alla quantità di vettore energetico generato e alla quantità di energia importata.
- $c_{std,f}$ = costo unitario standard fisso, derivante dai costi di gestione delle centrali di generazione e distribuzione coinvolte. Essi vanno imputati ai vari vettori energetici con un criterio di ripartizione, in questo modo si ottiene l'uguaglianza tra i costi fissi origine e i costi fissi destinazione per ogni voce di costo i (personale, ammortamenti) e ogni vettore energetico $j \rightarrow C_{f,i} = \sum_j C_{f,i,j}$.

Per calcolare la componente variabile e la componente fissa dei costi unitari std:

- 1. Calcolare i consumi dei vettori secondari C_B :** rappresenta la quantità di vettore generato.

$$C_B = M_u \cdot D_B$$

M_u = matrice di utilizzazione
 D_B = previsione dei driver

Sono valori di budget

- 2. Calcolare le quantità di vettori primari da importare:**

$$E_B = M_g \cdot C_B$$

M_g = matrice di generazione dei vettori

- 3. Calcolare i costi origine Z_{OB} :** sono dati dalla somma dei costi origine variabili e dei costi fissi per la generazione dei vettori energetici

$$Z_{OB} = Z_{OB,v} + Z_{OB,f} \quad Z_{OB,v} = c_E^T \cdot E_B = c_E^T \cdot M_g C_B \quad c_E^T = \text{costi unitari delle energie importate}$$

$$Z_{OB,f} = C_{of}$$

$$\Rightarrow Z_{OB} = c_E^T \cdot M_g \cdot C_B + C_{of}$$

- 4. Calcolare i costi destinazione Z_{DB} :** sono dati dalla somma dei costi variabili e i costi fissi imputati ai singoli vettori secondari.

$$Z_{DB,v} = c_{std,v}^T \cdot C_B$$

$$Z_{DB} = Z_{DB,v} + Z_{DB,f} \quad \mathbf{1}^T = \text{vettore riga unitario}$$

$$Z_{DB,f} = \mathbf{1}^T \cdot C_f \quad C_f = \text{vettore colonna che contiene i costi fissi dei singoli vettori secondari}$$

$$\Rightarrow Z_{DB} = c_{std,v}^T \cdot C_B + \mathbf{1}^T \cdot C_f \quad \text{€} = \frac{\text{€}}{kWh} \cdot kWh$$

- 5. Imporre i costi origine uguali ai costi destinazione:** questi costi devono essere uguali perché all'interno della stessa organizzazione nessuno deve guadagnarci.

$$\begin{cases} Z_{OB,v} = Z_{DB,v} \\ Z_{OB,f} = Z_{DB,f} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} c_E^T \cdot M_g C_B = c_{std,v}^T \cdot C_B \\ C_{of} = \mathbf{1}^T \cdot C_f \end{cases}$$

- 6. Dal sistema si ricavano i valori dei costi standard unitari variabili e fissi:**

$$c_{std,v} = c_E^T \cdot M_g$$

$$c_{std,f} = \frac{C_f}{C_B}$$

Divisione elemento per elemento \rightarrow è dato dal rapporto costo fisso su quantità prevista di ogni singolo vettore.

Il budget a consuntivo tiene conto dei consumi effettivi di energia. In consuntivo il controllo amministrativo viene effettuato ogni mese.

Per determinare il budget a consuntivo bisogna:

1. Rilevare i consumi a consuntivo

2. Flessibilizzare il budget, cioè per ogni mese già trascorso si ricalcola il budget secondo le equazioni di previsione dei consumi, ma tenendo conto dei valori effettivi a consuntivo delle variabili indipendenti.

Ad esempio, se la variabile indipendente è il volume produttivo, allora il consumo deve essere calcolato usando i volumi di consuntivo:

$$C_B = C_0 + c_1 V_B \pm \Delta U_P$$

Consumo previsto dal budget, tenendo conto anche di eventuali varianti pianificate di utilizzo ΔU_P

$$C_{BFLEX} = C_0 + c_1 V_{CONS} \pm \Delta U_P$$

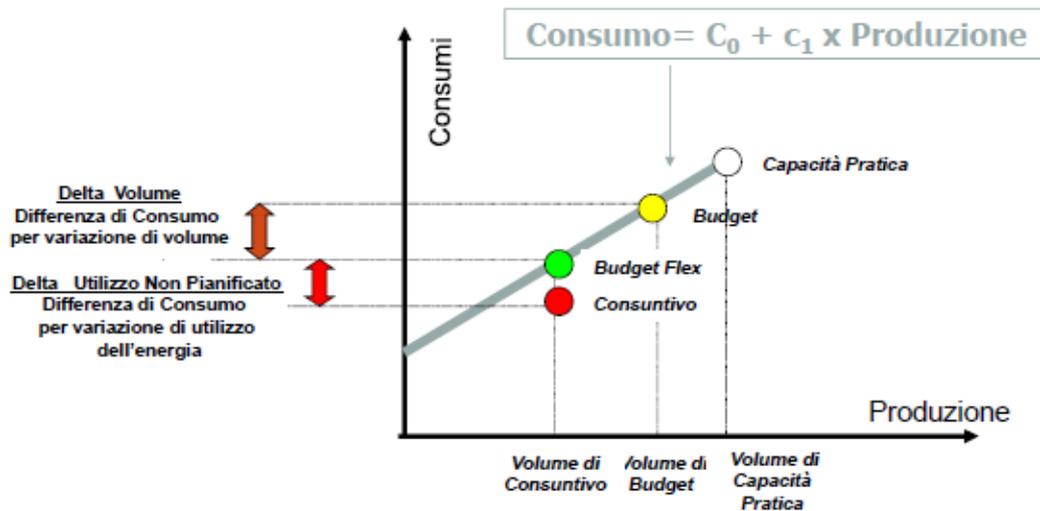
Il **budget flex** tiene conto della variazione di consumo dovuta al fatto che $V_{CONS} \neq V_B$. Rappresenta una spesa ammessa, in corrispondenza del volume produttivo consuntivo.

3. Calcolare gli scostamenti di esercizio o risultati di gestione: si confrontano i consumi a consuntivo e il budget flessibilizzato, e costi a consuntivo e i costi preventivati:

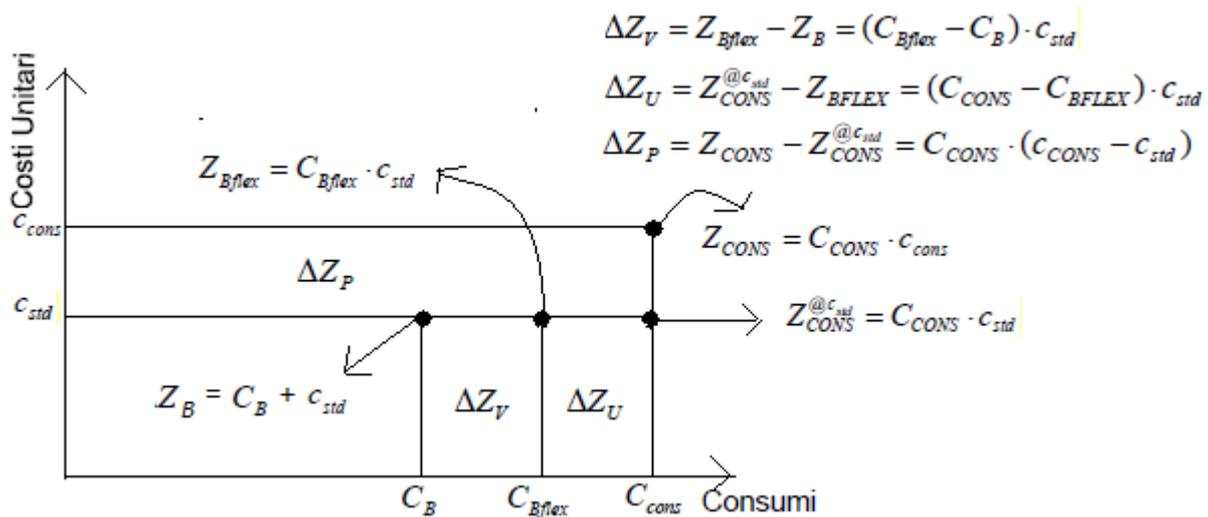
CONSUNTIVO

SCOSTAMENTO TOTALE	$\Delta C = C_{CONS} - C_B$ $\Delta C = \Delta V + \Delta U$	<p>C_{CONS} = <u>consumo reale</u> rilevato (non calcolato con la retta di caratterizzazione)</p> <p>C_B = <u>consumo previsto</u> calcolato con l'equazione</p> $C_B = C_0 + c_1 V_B \pm \Delta U_P$
ΔVOLUME	$\Delta Z = Z_{CONS} - Z_B$ $\Delta Z = \Delta Z_V + \Delta Z_U + \Delta P$	<p>$Z_{CONS} = C_{CONS} \cdot c_{CONS}$ c_{CONS} = <u>costo unitario a consuntivo</u> determinato dal mercato \neq dal costo unitario di previsione c_{std}.</p> <p>$Z_B = C_B \cdot c_{std}$ <u>Costo a budget</u></p>
ΔVOLUME	$\Delta V = C_{BFLEX} - C_B$	<p>È una differenza dovuta al fatto di aver prodotto un volume diverso da quello previsto.</p> <p>C_{BFLEX} = <u>consumo con il volume reale a consuntivo</u>, ma, a differenza di C_{CONS}, calcolato con l'equazione della retta $C_{BFLEX} = C_0 + c_1 V_{CONS} \pm \Delta U_P$</p> <p>Se: $\Delta V > 0 \Rightarrow$ Ho consumato di più perché ho prodotto di più $\Delta V < 0 \Rightarrow$ Ho consumato meno perché ho prodotto meno $\Delta V = 0 \Rightarrow V_{CONS} = V_B$</p>
ΔVOLUME	$\Delta Z_V = Z_{BFLEX} - Z_B$	<p>È la differenza dovuta al fatto di aver prodotto un volume diverso da quello previsto, a parità di costo unitario standard:</p> $\Delta Z_V = (C_{BFLEX} - C_B) c_{std}$ <p>$Z_{BFLEX} = C_{BFLEX} \cdot c_{std}$</p>
ΔUTILIZZO NON PIANIFICATO	$\Delta U = C_{CONS} - C_{BFLEX}$	<p>Differenza dovuta ad una diversa efficienza rispetto a quella preventivata.</p> <p>Se: $\Delta U > 0 \Rightarrow$ Ho consumato più del previsto $\Delta U < 0 \Rightarrow$ Ho consumato meno del previsto $\Delta U = 0 \Rightarrow$ Ho consumato quanto previsto</p>
ΔUTILIZZO NON PIANIFICATO	$\Delta Z_U = Z_{CONS}^{c_{std}} - Z_{BFLEX}$	<p>Differenza dovuta ad una diversa efficienza rispetto a quella preventivata, a parità di costo unitario standard:</p> $\Delta Z_U = (C_{CONS} - C_{BFLEX}) c_{std}$ <p>È il costo che il consumo di consuntivo comporterebbe se il costo unitario a consuntivo fosse uguale a quello standard previsto $\rightarrow c_{CONS} = c_{std}$</p> <p>$Z_{CONS}^{c_{std}} = C_{CONS} \cdot c_{std}$</p>
ΔPREZZO	$\Delta P = Z_{CONS} - Z_{CONS}^{c_{std}}$	<p>Differenza dovuta alla differenza tra costo unitario consuntivo e costo unitario standard, dato il consumo a consuntivo:</p> $\Delta P = C_{CONS} (c_{CONS} - c_{std})$

Rappresentando gli *scostamenti nel piano consumi – variabile indipendente*:



Scomposizione dei costi energetici:



L'analisi degli scostamenti consente di verificare su base mensile se gli obiettivi previsti dal budget vengono raggiunti. È quindi necessario coinvolgere anche in questa fase i responsabili dei centri utente attraverso:

- L'invio sistematico dei consumi a consuntivo (bollette)
- L'analisi congiunta degli scostamenti

Nel periodo di consuntivo si continuano ad aggiornare i **diagrammi CUSUM** e le carte di controllo generate durante la fase di caratterizzazione. Le colonne della tabella utilizzata per la costruzione del CUSUM possono essere interpretate in un'altra ottica:

- Il consumo effettivo y_i rappresenta il consumo a consuntivo $\rightarrow C_{cons} = y_i$
- Il consumo previsto \hat{y}_i corrisponde al consumo di budget flex perché utilizza l'equazione caratteristica con il volume effettivo a consuntivo $\rightarrow C_{Bflex} = \hat{y}_i$
- Il residuo $e_i = y_i - \hat{y}_i$ tra consumo effettivo e consumo previsto coincide con lo scostamento Δ Utilizzo non pianificato ΔU_{NP} $\rightarrow \Delta U_{NP} = e_i = C_{cons} - C_{Bflex}$

Il diagramma CUSUM permette di individuare tempestivamente le deviazioni dalla caratteristica standard utilizzata per il controllo di gestione, quindi collega il controllo di gestione di tipo tecnico e il controllo di gestione amministrativo. Il diagramma CUSUM viene usato dal gruppo di lavoro energia per svolgere due funzioni:

1. Inviare ai vertici aziendali i report sui consumi di energia aggregati e spiegarne gli scostamenti.
2. Fornire ai centri di utilizzo strumenti idonei al controllo dei consumi.

Indice di consumo a capacità nominale IC_n : È il rapporto tra il consumo di energia in condizioni di volume produttivo nominale e il volume produttivo nominale stesso:

$$IC_n = \left(\frac{C}{V}\right)_n = \frac{C_0 + c_1 V_n}{V_n} = \frac{C_0}{V_n} + c_1$$

IC_n e k_n caratterizzano in modo univoco il comportamento energetico del sistema e rappresentano degli **standard tecnici** a cui il sistema deve aspirare. Nella realtà la saturazione degli impianti non è completa, cioè $V < V_n$, quindi l'indice di consumo sarà peggiore, cioè più elevato, di quello di capacità nominale.

7.2. Confronto degli indici di consumo

Per effettuare un confronto, bisogna tener conto del livello di produzione o dell'energy driver che influenza il consumo.

Il confronto si attua in due fasi distinte:

1. **In condizioni nominali**, cioè nelle migliori condizioni possibili → confronto tra standard tecnici.
2. **A consuntivo** cioè nelle condizioni reali ma con riferimento alle proprie condizioni migliori (nominali) → confronto tra indici di consumo consuntivi.

In tal modo si riesce a distinguere tra peggioramento o miglioramento degli indici dovuto a variazione di efficienza (responsabilità) e/o a variazioni di volume (responsabilità esterna).

7.2.1. Confronto tra standard tecnici

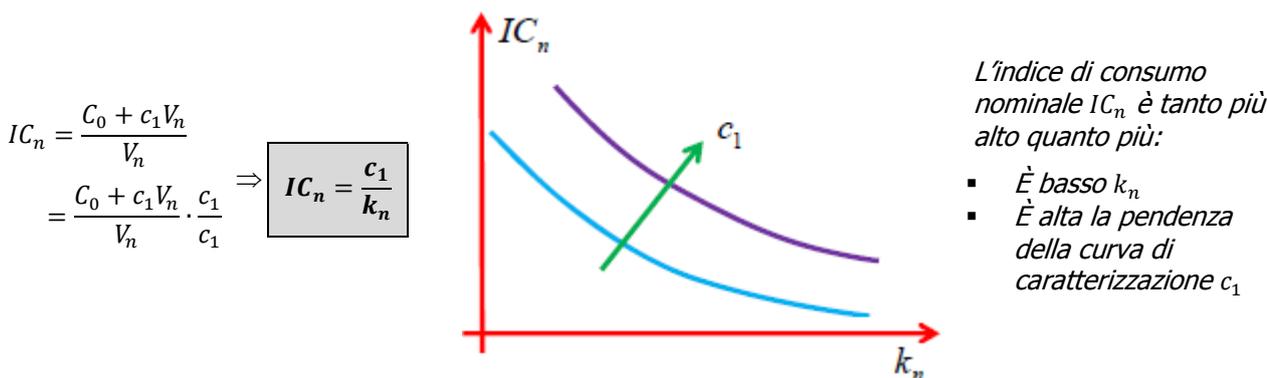
Effettuare un confronto tra IC_n e k_n permette di verificare se la situazione energetica di un insediamento è variata nel tempo e come si pone nei confronti di un altro insediamento produttivo.

L'indice di consumo nominale IC_n è uno standard tecnico che caratterizza in modo univoco lo stabilimento per quanto riguarda il consumo del vettore considerato.

Siccome, però, l'azienda o il reparto produttivo possono trovarsi in una situazione di produzione inferiore a quella nominale $V < V_n$, allora è necessario effettuare il confronto anche per quanto riguarda la capacità di controllo delle quote fisse espressa dal coefficiente k_n : k_n spiega il peggioramento dell'indice di consumo rispetto al valore di standard tecnico al diminuire del volume produttivo.

La **relazione tra indice di consumo nominale e coefficiente di controllo della quota fissa** è un'iperbole equilatera:

Riportando sul piano (IC_n, k_n):



Maggiore è IC_n , peggiore è la situazione.

Poiché, nell'ambito di un benchmarking, interno o esterno, il confronto viene effettuato tra realtà simili il più possibile e con impianti e tecnologie non molto diverse, allora i casi con k_n minore sono quelli in cui la gestione dell'energia è meno attenta ed efficace.

7.2.3. Diagramma universale

Il **diagramma universale** è uno strumento di tipo grafico utile per interpretare le variazioni degli indici di consumo.

Per ottenere il **rapporto tra l'indice di consumo IC** in corrispondenza del generico volume produttivo V e **l'indice di consumo in condizioni di produzione nominale IC_n** :

1. Esprimiamo C_0 e c_1 in funzione di k_n :

$$\begin{cases} C_n = C_0 + c_1 V_n \rightarrow c_1 V_n = C_n - C_0 \\ k_n = \frac{c_1 \cdot V_n}{C_n} \end{cases} \Rightarrow k_n = \frac{C_n - C_0}{C_n} = 1 - \frac{C_0}{C_n} \Rightarrow C_0 = C_n(1 - k_n)$$

$$\Rightarrow c_1 = \frac{k_n \cdot C_n}{V_n}$$

2. Sostituiamo i vari di C_0 e c_1 nell'equazione di caratterizzazione:

$$C = C_0 + c_1 V \rightarrow C = C_n(1 - k_n) + \frac{k_n \cdot C_n}{V_n} V$$

3. Passando all'indice di consumo:

$$\frac{C}{V} = \frac{C_n}{V} (1 - k_n) + \frac{k_n \cdot C_n}{V_n} \rightarrow \frac{C}{V} = \frac{C_n}{V} - \frac{C_n}{V} k_n + \frac{C_n}{V_n} k_n \rightarrow IC = IC_n \left[(1 - k_n) \frac{V_n}{V} + k_n \right]$$

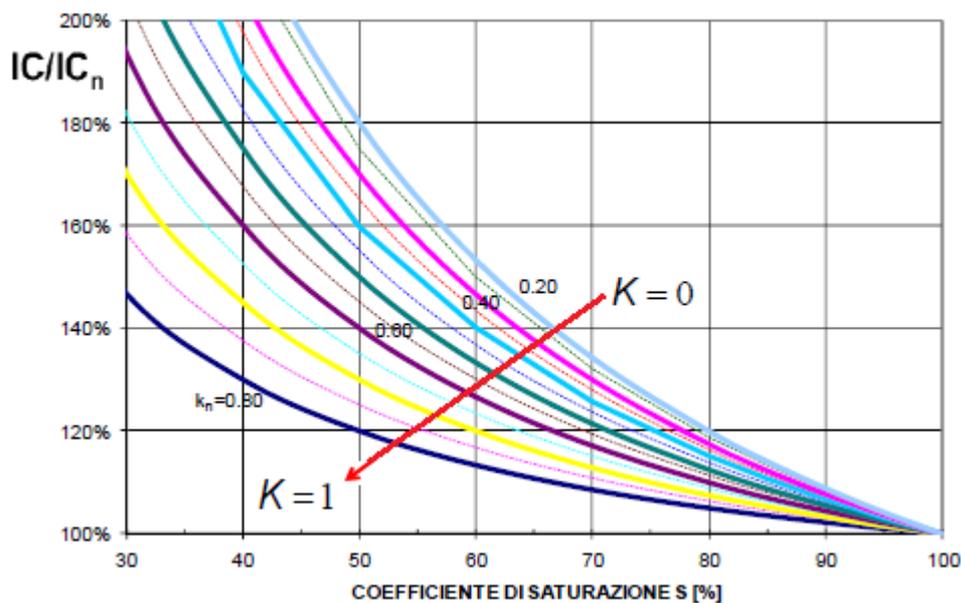
4. Introduciamo il coefficiente di saturazione degli impianti s :

$$s = \frac{V_n}{V} \Rightarrow \frac{IC}{IC_n} = \frac{1 - k_n}{s} + k_n$$

Tale rapporto è funzione di due parametri:

- Il coefficiente di controllo dei consumi nominale k_n .
- Il coefficiente di saturazione s .

La representazione classica del diagramma universale consiste nel rappresentare graficamente il rapporto IC/IC_n in funzione di s , parametrizzandolo in funzione di k_n :



Sul diagramma universale si possono rappresentare sia il valore a budget flex che il valore a consuntivo, ma generalmente si utilizzano i valori a budget flex perché per essi c'è coerenza tra le 3 variabili k_n , S_{BFLEX} , $IC/IC_n|_{BFLEX}$, mentre se si riportano i punti di consuntivo la coerenza c'è solo per 2 di esse ma non per k_n per via del Δ Utilizzo non pianificato.

Un inconveniente che si presenta col diagramma universale è che le prestazioni di efficienza di ogni azienda sono normalizzate rispetto alla propria prestazione migliore, che si ha in condizioni nominali, e che è diversa da un soggetto all'altro. Quindi è necessario effettuare un confronto a due step:

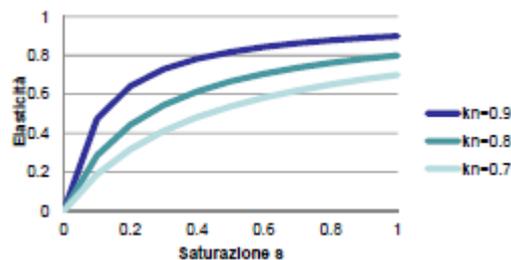
1. Confronto in condizioni normali del diagramma degli standard tecnici IC_n e k_n
2. Confronto attraverso il diagramma universale IC , s .

In alternativa al confronto a due step, su può effettuare il confronto a consuntivo fra aziende simili utilizzando il diagramma IC_n , k_n inserendo anche i dati a budget flex, ottenendo così un diagramma IC , k che contiene per ogni stabilimento sia il valore nominale che a budget flex.

Su questo diagramma, però, non compare esplicitamente il **coefficiente di saturazione degli stabilimenti s** , ma esso è funzione del coefficiente di controllo dei consumi k , e del coefficiente di controllo dei consumi nominale k_n :

Per ogni k_n la saturazione è funzione crescente del coefficiente di controllo dei consumi e quindi al ridursi di k si riduce anche la saturazione:

$$s = \frac{\frac{1}{k_n} - 1}{\frac{1}{k} - 1}$$



7.2.4. Analisi degli scostamenti

Il diagramma universale può essere utilizzato come strumento grafico per l'analisi degli scostamenti.

Si può procedere in 2 tempi:

1. Utilizzando i consumi a budget flex per lo stabilimento j e per lo stabilimento $j-1$, con il diagramma universale, si determina l'incidenza della saturazione e del coefficiente di controllo dei consumi nominale attraverso le differenze Δ_s e Δ_k :

$$\left[\left(\frac{IC}{IC_n} \right)_j - \left(\frac{IC}{IC_n} \right)_{j-1} \right]_{BFLEX} = \Delta_s + \Delta_k$$

2. Calcolare la differenza dei rapporti degli indici di consumo a consuntivo, che mette in evidenza la differenza Δ_U , dovuta ad un utilizzo diverso dell'energia rispetto agli standard:

$$\left[\left(\frac{IC}{IC_n} \right)_j - \left(\frac{IC}{IC_n} \right)_{j-1} \right]_{CONS} = \Delta_s + \Delta_k + \Delta_U$$

Osservazioni:

- Nel caso in cui si confrontino stabilimenti diversi, la differenza degli indici a consuntivo si spiega quindi per il valore diverso che hanno i coefficienti di saturazione e i coefficienti di controllo k_n e, inoltre, per la presenza del delta utilizzo, somma dei delta utilizzo dei due stabilimenti;
- Nel caso in cui si confrontano gli indici dello stesso stabilimento riferiti a diversi periodi (ad esempio: due mesi successivi), si possono utilizzare le relazioni precedenti, salvo ricordarsi che, se il modello di caratterizzazione non è cambiato, il contributo di Δ_k è nullo perché lo standard k_n è lo stesso.

8. SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE

Per raggiungere una **qualità della vita migliore** bisogna agire sulle sue varie dimensioni:

- **Qualità economica**, di prodotto o di servizio finalizzata al soddisfacimento delle esigenze e delle aspettative del cliente.
- **Qualità ambientale**: bisogna tutelare i bisogni della collettività presente e futura sotto il punto di vista dello sviluppo sostenibile. Può essere conseguita tramite approccio sia sistematico (certificazione di gestione ambientale) sia di prodotto (etichette ambientali).
- **Qualità del lavoro**: mira a tutelare i bisogni di salute e sicurezza dei lavoratori ed è conseguibile tramite un approccio di sistema (certificazione di sistemi di gestione per la sicurezza e salute sul lavoro).
- **Qualità delle informazioni**: è finalizzata a proteggere la riservatezza e a consentire la diffusione delle informazioni. Riguarda non solo gli operatori economici, ma anche a collettività dei cittadini nel suo complesso e può basarsi su approcci sia di sistema (certificazione di sistemi di gestione per la sicurezza delle informazioni) sia di processo/servizio (certificazione di attività svolta tramite internet).
- **Qualità etica**: riguarda la responsabilità sociale delle imprese e le problematiche sociali connesse con le attività produttive in genere. Mira a tutelare i soggetti deboli della società, a garantire la corretta gestione delle risorse finanziarie, il rispetto delle leggi, l'onestà intellettuale, ecc., ed è conseguibile tramite approcci di sistema.

8.1. Il ciclo PDCA

I sistemi di gestione utilizzano il ciclo PDCA, anche noto come cerchio di Deming, che è costituito da 4 fasi di cose da fare per passare dal problema posto al problema risolto, e fornisce una procedura per il miglioramento di un processo o di un sistema. Il ciclo PDCA viene usato come un modello dinamico: il completamento di un giro del ciclo si innesta all'inizio del successivo.

Le **4 fasi del ciclo PDCA** sono:

- 1. PLAN-pianificare un cambiamento o un test mirato al miglioramento.** In questa fase bisogna:
 - a. Analizzare ciò che si intende migliorare.
 - b. Cercare le aree che beneficeranno maggiormente del cambiamento utilizzando dei diagrammi di flusso o dei diagrammi di Pareto.
 - c. Identificato il problema, proporre delle idee per risolverlo.
- 2. DO-fare: attuare il cambiamento o eseguire un test.** Bisogna effettuare il cambiamento deciso nella fase di pianificazione.
- 3. CHECK-STUDY/controllare-studiare i risultati.** Fatto il cambiamento, per un breve periodo, utilizzando diversi metodi come diagrammi temporali delle grandezze misurate, si controllano gli effetti del cambiamento.
- 4. ACT-agire: adottare il cambiamento, abbandonarlo o eseguire un altro ciclo:** tale decisione viene presa dopo aver studiato i risultati coinvolgendo altre persone influenzate dai cambiamenti.

Se si è completato il ciclo e il problema è risolto, i cambiamenti diventeranno routine, altrimenti si inizia un nuovo ciclo tornando di nuovo alla fase di pianificazione con nuove idee.

8.2.2. Pianificazione-PLAN

I principali aspetti della fase di pianificazione sono:

- **Analisi degli aspetti ambientali:** bisogna ottenere un quadro complessivo della situazione ambientale dell'azienda rilevando i principali problemi, i punti di forza e di debolezza. Con l'analisi ambientale si possono:
 - Verificare il rispetto delle normative ambientali e quindi capire a quali requisiti normativi bisogna ottemperare. La norma ISO 14001 prevede specificatamente che l'azienda metta in pratica una procedura di aggiornamento, raccolta e valutazione dell'ottemperanza alla normativa vigente, per rilevare tutti gli obblighi legislativi che vengono emessi. Per effettuare questa procedura, bisogna:
 - a) Effettuare una raccolta dei dati ambientali: si inizia con elementi di base come l'ubicazione, le dimensioni aziendali, la descrizione dell'attività e la situazione dell'ambiente circostante. Successivamente si aggiungono i flussi di massa e energia che vengono normalmente registrati dall'azienda.
 - b) Con i dati raccolti, si elabora un bilancio ambientale.
 - c) Si elaborano le liste di controllo che servono per valutare i dati ricavati e che correlano le singole fasi del processo con quanto può avvenire di conseguenza nell'ambiente. Queste liste permettono di verificare, fase per fase, le prestazioni ambientali.
 - La valutazione dei risultati delle liste di controllo si può basare su vari criteri, oltre al grado di rispetto della normativa vigente, come il rischio di incidenti, il rischio ecologico, la sensibilità sociale, i costi. Si può così valutare gli aspetti ambientali, le cause e le conseguenze, del sito nelle varie condizioni di esercizio normale, anomalo, in caso di incidente, per attività passate, presenti e future.
 - Tra tutti gli aspetti ambientali si selezionano quelli ritenuti significativi per l'ambiente, in quanto è su questi che dovrà essere prestata attenzione nella definizione degli obiettivi di miglioramento.
 - L'analisi degli aspetti ambientali permette di analizzare prassi e procedure esistenti, compresa la componente relativa alla formazione ed informazione del personale.
- **Programma di gestione ambientale:** consiste nel:
 - Definire gli obiettivi futuri in campo ambientale, che devono essere misurabili e quantificabili per poter poi verificare se questi sono stati raggiunti.
 - Indicare le responsabilità, cioè le figure professionali qualificate che seguono la realizzazione dell'obiettivo fino alla sua conclusione finale.
 - Individuare le tempistiche di realizzazione e le priorità di intervento legate alla gravità della situazione riscontrata.Tale programma deve essere messo per iscritto, controllato e aggiornato.
- **Ruolo dei dipendenti:** EMAS richiede la partecipazione del personale in tutte le fasi dell'implementazione e della revisione periodica del Sistema di Gestione Ambientale. È fondamentale una attività di informazione e formazione riguardo a:
 - Aggiornamenti normativi.
 - Cambiamenti di processo.
 - Sicurezza.

8.2.3. Attuazione e funzionamento del SGA-DO

Per poter applicare un SGA nell'azienda bisogna che:

- La struttura organizzativa sia chiara.
- Avvenga il coinvolgimento attivo di tutti i lavoratori.
- I lavoratori devono essere preparati e costantemente aggiornati sulle mansioni e sui rischi ambientali che l'attività comporta.

Le valutazioni finali riguardano soprattutto:

- L'identificazione delle cause degli scostamenti rispetto agli obiettivi prefissati.
- La raccolta di proposte, pareri, suggerimenti finalizzati al miglioramento delle prestazioni.
- La promozione di attività legate al miglioramento del SGA.
- L'approvazione e l'applicazione di azioni correttive.

Conclusi l'audit e il riesame della direzione è possibile richiedere la certificazione secondo la norma ISO 14001, mentre per la registrazione EMAS viene richiesta anche l'elaborazione, pubblicazione e pubblicizzazione di una **dichiarazione ambientale**.

La dichiarazione ambientale ha lo scopo di mostrare all'esterno le prestazioni ambientali complessive di un'azienda, con i suoi punti forti e punti deboli e le sue possibilità e capacità di miglioramento. Deve essere un documento tale da garantire l'attendibilità dei dati e delle informazioni e da includere tutte le ustioni ambientali rilevanti, ma allo stesso tempo deve essere redatta in forma semplice e comprensibile. Il regolamento comunitario 761/2001 fornisce un elenco degli elementi che una dichiarazione ambientale deve comprendere:

- Descrizione dell'organizzazione, della sua attività, dei suoi prodotti e servizi.
- Valutazione dei problemi ambientali rilevanti connessi con l'attività.
- Compendio dei dati quantitativi concernenti le emissioni inquinanti, la produzione di rifiuti, il consumo di acqua, energia ecc..
- Altri fattori relativi all'efficienza ambientale.
- Presentazione della politica, programma e SGA evidenziando le variazioni rispetto alle dichiarazioni precedenti.
- Scadenza per la presentazione della dichiarazione successiva.
- Data di convalida di dichiarazione.

Il regolamento EMAS lascia poi piena libertà per quanto riguarda il formato, le dimensioni, la struttura espositiva, che devono però tenere conto del fatto che tale documento deve essere comprensibile a tutti perché è destinato ad un pubblico molto eterogeneo.

Le **procedure per ottenere la certificazione ISO 14001 o la registrazione EMAS** sono

EMAS	ISO 14001	
Verifica EMAS (verificatore ambientale)	AUDIT (Organismo di Certificazione)	Entrambi richiedono la presenza di un organismo che attesti la validità e la corretta applicazione del SGA all'interno dell'azienda. Il <i>verificatore ambientale</i> è l'individuo che ha la qualifica per esaminare le politiche, i programmi e i SGA, per accertarne la conformità ai requisiti del regolamento EMAS e si occupa di convalidare la dichiarazione ambientale. L' <i>organismo di certificazione</i> è l'individuo o la struttura che ha la capacità per poter attestare con un elevato grado di fiducia che i SGA rispondano a specifiche norme internazionali e nazionali.
Convalida della Dichiarazione Ambientale (DA)	Certificazione ISO 14001	
DA trasmessa dall'impresa all'organismo competente COMITATO ECOLABEL ED ECO-AUDIT		IL COMITATO ECOLABEL ED ECO-AUDIT è l'organismo competente italiano per l'esecuzione dei compiti previsti dai regolamenti comunitari.
Documentazione tecnica ANPA accerta rispondenza al regolamento		
Registrazione sito (validità massima 3 anni) documento divulgativo al pubblico		

9.1.1. Le quattro fasi del PDCA

PLAN	<i>Pianificazione energetica</i>	La pianificazione energetica deve essere congruente con la politica energetica e deve condurre ad attività che migliorano continuamente le prestazioni energetiche.
	<i>Requisiti legali</i>	L'organizzazione deve seguire le prescrizioni legali applicabili e le altre prescrizioni sottoscritte dall'organizzazione sull'uso e consumo di energia e sull'efficienza.
	<i>Energy review</i>	<p>Per sviluppare l'energy review l'organizzazione deve:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Analizzare l'uso e il consumo di energia basandosi su misurazioni e altri dati <ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificare le fonti energetiche attuali. ▪ Valutare uso e consumo passato e presente di energia. ▪ Identificare impianti, sistemi, processi e personale e altre variabili che influenzano in modo significativo l'uso e il consumo di energia. 2. Identificare le aree con uso significativo di energia <ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinare la prestazione energetica attuale di tutto ciò che è stato identificato. ▪ Stimare l'uso e il consumo futuro di energia. 3. Identificare le opportunità per migliorare le prestazioni energetiche. Le opportunità possono essere l'uso di energie rinnovabili o di altre fonti energetiche alternative.
	<i>Energy baseline</i>	<p>L'energy baseline viene stabilita utilizzando le informazioni dell'energy review. L'energy baseline deve essere modificata quando:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gli indicatori di prestazione energetica non riflettono più l'uso e il consumo di energia dell'organizzazione. ▪ Ci sono stati dei cambiamenti rilevanti nei processi, nell'organizzazione o nei sistemi energetici. ▪ In accordo a periodi definiti.
	<i>Indicatori di prestazione energetica (EnPI)</i>	L'organizzazione deve identificare gli EnPI appropriati per il monitoraggio e la misura delle prestazioni energetiche. Gli EnPI devono essere riesaminati e confrontati con l'energy baseline e possono essere un semplice parametro, un semplice rapporto o un modello complesso. Possono essere aggiornati a seguito di cambiamenti delle attività o delle baseline.
	<i>Obiettivi e traguardi energetici</i>	<p>L'organizzazione deve stabilire degli obiettivi che siano coerenti con la politica energetica e per ognuno di questi deve precisare le scadenze entro cui raggiungerli. Per stabilire e riesaminare gli obiettivi, l'organizzazione deve tenere conto:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Delle prescrizioni legali e non. ▪ Degli usi significativi di energia. ▪ Delle opportunità di miglioramento indicate nell'energy review. ▪ Le condizioni finanziarie, organizzative ed economiche
	<i>Piano d'azione della gestione energetica</i>	<p>I piani d'azione per raggiungere gli obiettivi devono includere:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La designazione delle responsabilità. ▪ I mezzi e le scadenze con cui i singoli traguardi devono essere raggiunti. ▪ Il metodo con cui i miglioramenti di prestazione energetica verranno verificati.

CHECK	<i>Monitoraggio, misura e analisi</i>	<p>Le caratteristiche chiave del funzionamento dell'organizzazione che determinano le prestazioni energetiche devono essere monitorate, misurate e analizzate ad intervalli pianificati. Le caratteristiche chiave devono includere:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Usi significativi di energia e altri output dell'energy review. • Le variabili rilevanti legate agli usi significativi di energia. • Indicatori di prestazione energetica. • L'efficacia dei piani d'azione nel raggiungimento degli obiettivi. • La valutazione dei consumi energetici attuali rispetto a quelli previsti <p>Il piano di misura dell'energia appropriato deve essere definito e attuato periodicamente e la strumentazione utilizzata nel monitoraggio e misura delle caratteristiche chiave deve essere controllata e sottoposta a manutenzione affinché fornisca dati accurati e ripetibili.</p> <p>L'organizzazione deve indagare e rispondere a deviazioni significative delle prestazioni energetiche.</p>
	<i>Valutazione conformità con prescrizioni legali e non</i>	<p>A intervalli pianificati, l'organizzazione deve valutare la conformità ai requisiti legali o altri requisiti sottoscritti che sono rilevanti per l'uso e il consumo di energia.</p>
	<i>Audit interni</i>	<p>L'organizzazione deve condurre audit interni ad intervalli pianificati per assicurare che il SGE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sia conforme ai requisiti della norma. • Sia conforme agli obiettivi e traguardi stabiliti. • Sia efficacemente attuato e migliori le prestazioni energetiche. <p>Il piano di audit deve essere sviluppato considerando l'importanza dei processi e delle aree da sottoporre ad audit e i risultati degli audit precedenti. La scelta degli auditori e la conduzione degli audit devono assicurare obiettività e imparzialità del processo di audit.</p> <p>I risultati degli audit devono essere registrati e riferiti all'alta direzione.</p>
	<i>Non conformità, correzioni, azioni correttive e preventive</i>	<p>L'organizzazione deve correggere le non conformità attuali e potenziali, attuando azioni correttive e preventive. In particolare deve:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Riesaminare le non conformità. • Determinarne le cause. • Valutare la necessità di azioni affinché le non conformità non accadano o ricorrono. • Determinare e implementare le azioni appropriate necessarie. • Conservare le registrazioni delle azioni correttive e preventive. • Riesaminare l'efficacia delle azioni prese. • I cambiamenti devono essere effettuati al SGE.
	<i>Controllo delle registrazioni</i>	<p>L'organizzazione deve definire e implementare dei controlli per l'identificazione, la consultazione e la conservazioni delle registrazioni. Le registrazioni devono essere e rimanere leggibili, identificabili e tracciabili.</p>

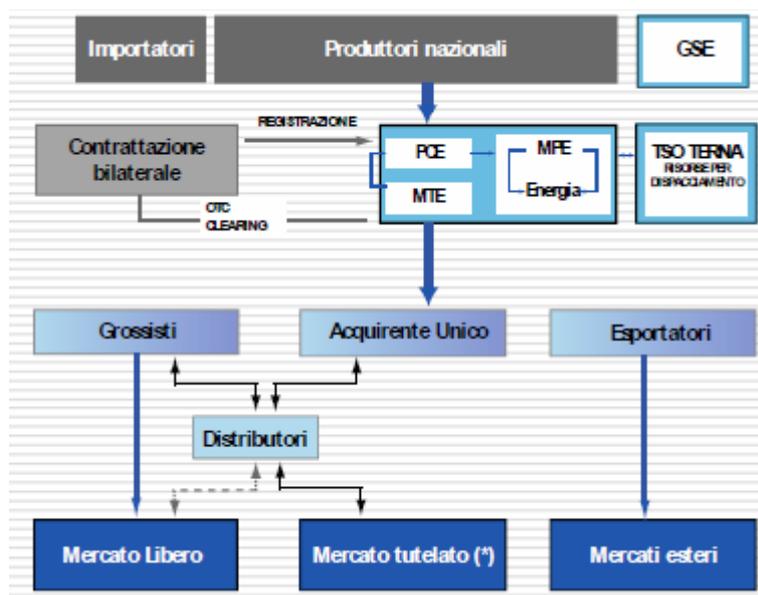
10. CONTRATTI DI FORNITURA ENERGETICA

10.1. Energia elettrica

10.1.1. I soggetti del sistema elettrico

Gli operatori del settore elettrico sono:

- **Produttori**
- **Terna - Rete Elettrica Nazionale S.p.A.:** società responsabile della trasmissione e del dispacciamento dell'energia elettrica sulla rete AT e AAT su tutto il territorio nazionale.
- **Ministero dello Sviluppo Economico (MSE):** definisce gli indirizzi strategici e operativi per garantire la sicurezza e l'economicità del sistema elettrico nazionale.
- **Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas (AEEG):** promuove la concorrenza e l'efficienza nei settori dell'energia elettrica e del gas, con funzioni di regolazione e controllo.
- **Distributori:** gestiscono le reti di distribuzione e - se non hanno più di 100.000 clienti - vendono l'energia nelle rispettive zone di competenza ai clienti finali in regime di maggior tutela
- **Grossisti:** acquistano e vendono energia elettrica senza esercitare attività di produzione, trasmissione e distribuzione.
- **Fornitori di servizi:** intervengono nelle operazioni di misura, fatturazione, esazione, archivio dati e informazione sull'andamento del mercato.
- **Clienti finali:** acquistano energia elettrica esclusivamente per uso proprio
- **Gestore del Mercato Elettrico (GME S.p.A.):** responsabile dell'organizzazione, della gestione e della negoziazione del mercato elettrico o borsa elettrica. Il Mercato Elettrico del GME è un vero e proprio mercato fisico dove si definiscono i programmi d'immissione e prelievo. Si occupa anche del Mercato del servizio di dispacciamento
- **Acquirente Unico (AU S.p.A.):** stipula e gestisce contratti di fornitura con i distributori per garantire l'approvvigionamento dei clienti finali in regime di maggior tutela.
- **Gestore dei Servizi Elettrici (GSE S.p.A., ex GRTN S.p.A.):** si occupa della gestione, promozione e incentivazione delle fonti rinnovabili.



Vendita

L'attività di vendita è totalmente libera, mentre il decreto prevede che, dal lato della domanda, dal 1 luglio 2007, ci sia l'apertura completa del mercato, e i clienti finali si dividono in:

- **Clienti del mercato libero**, domestici e non.
- **Clienti finali in regime di maggior tutela:**
 - Domestici
 - Piccole imprese (< 50 dipendenti, fatturato < 10 milioni €/anno) BT che non hanno cambiato fornitore → la fornitura di energia elettrica è garantita dall'impresa di distribuzione, anche attraverso apposite società di vendita, a prezzi regolati dall'AEEG.
- **Clienti in regime di salvaguardia:** clienti diversi da domestici e piccole imprese che non hanno cambiato fornitore o che sono senza fornitore → la fornitura di energia elettrica è garantita dal soggetto "esercente il servizio di salvaguardia" (per adesso è il distributore o la società di vendita collegata) a condizioni e prezzi liberamente determinati, previamente resi pubblici e non discriminatori.

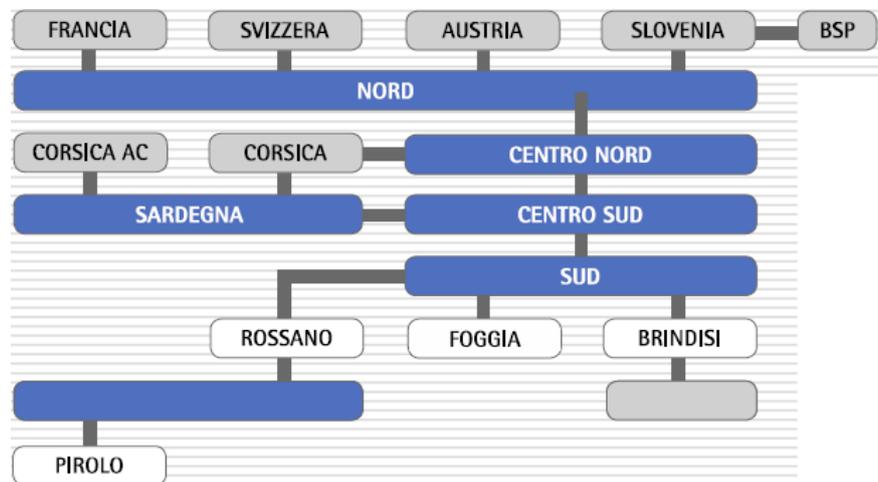
I clienti che usufruiscono del servizio di maggior tutela o del servizio di salvaguardia che intendano stipulare contratti di fornitura con venditori del mercato libero hanno il diritto di recedere dal contratto di fornitura in essere in qualsiasi momento con un preavviso di 1 mese

10.1.3. Le zone di mercato

Il sistema elettrico è suddiviso in porzioni di rete di trasmissione dette zone di mercato caratterizzate ciascuna da un prezzo zonale dell'energia.

Le **zone della Rete di Trasmissione Nazionale** sono:

- 6 zone geografiche:
 - Nord
 - Centro-Nord
 - Centro-Sud
 - Sud
 - Sardegna
 - Sicilia
- 8 zone virtuali estere:
 - Francia
 - Svizzera
 - Austria
 - Slovenia
 - BSP
 - Corsica
 - Corsica AC
 - Grecia



- 4 zone virtuali Nazionali che rappresentano poli di produzione limitata, cioè zone costituite da sole unità di produzione.

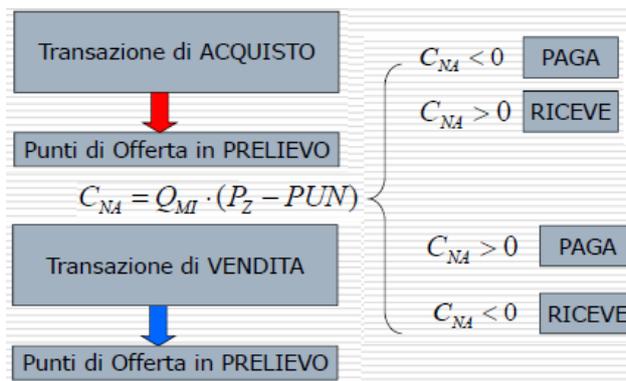
Ogni zona geografica o virtuale è un insieme di **punti di offerta**. Essi sono le unità minime di energia elettrica rispetto alle quali devono essere definiti i programmi orari di immissione e di prelievo:

- Nel caso dei programmi d'immissione, i punti di offerta in immissione coincidono di norma coi i singoli punti di immissione, cioè con le singole unità di produzione.
- Nel caso dei programmi di prelievo, invece, i punti di offerta in prelievo possono corrispondere sia ai singoli punti di prelievo, cioè a singole unità di consumo, sia ad aggregati di punti di prelievo.

Per ogni punto di offerta è individuato un **utente di dispacciamento**, che è responsabile verso Terna sia dell'esecuzione dei programmi d'immissione e di prelievo, sia dell'esecuzione degli ordini di bilanciamento.

Al fine di replicare sul MI l'effetto della applicazione del PUN ai punti di offerta in prelievo appartenenti alle zone geografiche, il GME applica il corrispettivo di non arbitraggio a tutte le offerte accettate e riferite a detti punti:

- Per ogni transazione di acquisto conclusa sul MI e riferita a un punto di offerta in prelievo appartenente ad una zona geografica, qualora sul precedente MGP il PUN sia stato maggiore (minore) del relativo prezzo zonale, l'operatore deve pagare (ricevere) un corrispettivo di non arbitraggio, pari alla differenza tra il PUN e il prezzo zonale, applicato ad ogni MWh oggetto della transazione di acquisto.
- Per ogni transazione di vendita conclusa sul MI e riferita a un punto di offerta in prelievo appartenente ad una zona geografica, qualora sul precedente MGP il PUN sia stato minore (maggiore) del relativo prezzo zonale, l'operatore deve pagare (ricevere) un corrispettivo di non arbitraggio, pari alla differenza tra il prezzo zonale e il PUN, applicato ad ogni MWh oggetto della transazione di vendita.



- Il **Mercato del Servizio di Dispacciamento (MSD)**, articolato in MSD ex ante e Mercato di Bilanciamento (MB), ha per oggetto l'approvvigionamento da parte di Terna delle risorse necessarie alla gestione e al controllo del sistema elettrico. Sul MSD Terna stipula i contratti di acquisto e vendita ai fini dell'approvvigionamento delle risorse per il servizio di dispacciamento.

Sul MSD Terna agisce come controparte centrale e le offerte possono essere riferite solo ai punti di offerta abilitati e presentate solo dai rispettivi utenti del dispacciamento. Per ogni offerta di acquisto accettata sul MSD riferita a punti di offerta in prelievo, il GME determina il corrispettivo di non arbitraggio che l'operatore è tenuto a pagare se negativo o a ricevere se positivo.

**PIATTAFORMA PER
LA CONSEGNA
FISICA DEI
CONTRATTI
FINANZIARI
CONCLUSI
SULL'IDEX - CDE**

GME ha stipulato un accordo di collaborazione con Borsa Italiana S.p.A., che gestisce il mercato dei derivati sull'energia – IDEX –, al fine di consentire, attraverso il mercato elettrico gestito dal GME, agli operatori partecipanti ad entrambi i mercati, di regolare mediante consegna fisica i contratti finanziari con sottostante elettrico conclusi sull'IDEX.

E' la piattaforma attraverso la quale gli operatori che hanno concluso contratti al di fuori del sistema delle offerte, cosiddetti contratti bilaterali, registrano le obbligazioni commerciali su orizzonti temporali di medio-lungo termine e dichiarano i relativi programmi di immissione e prelievo che si impegnano ad eseguire nell'ambito di detti contratti.

GME è il soggetto deputato alla gestione della PCE.

10.1.7. Il costo del servizio elettrico

Il costo del servizio elettrico è formato da diverse componenti, che corrispondono al costo dei servizi necessari per assicurare la fornitura:

- Costo del servizio di vendita T_V
- Costo del servizio di dispacciamento in prelievo C_{disp}
- Costo dei servizi di rete (distribuzione, trasporto e misura) C_{DTM}
- Oneri generali del sistema elettrico OS
- Imposte I

$$T = T_V + C_{disp} + C_{DTM} + OS + I$$

In attesa di arrivare alla completa liberalizzazione del mercato, esistono 3 diversi regimi di servizio:

- **Maggior tutela:** i clienti finali domestici possono recedere dal preesistente contratto di fornitura come clienti vincolati e scegliere un fornitore diverso dal proprio distributore. In mancanza di tale scelta i clienti finali domestici che non hanno scelto il libero mercato possono essere riforniti dall'impresa di distribuzione, anche attraverso apposite società di vendita. La funzione di approvvigionamento continua ad essere svolta dall'Acquirente Unico S.p.A. (regime di maggior tutela).
Le piccole imprese (meno di 50 dipendenti, fatturato annuo non superiore a 10 milioni di euro) connesse in bassa tensione sono automaticamente comprese nel regime di maggior tutela.
- **Salvaguardia:** agli altri clienti finali, diversi dalle famiglie e dalle piccole imprese, che non abbiano scelto il fornitore sul libero mercato, è assicurata la fornitura a condizioni e prezzi liberamente determinati dall'esercente del servizio medesimo previamente resi pubblici e non discriminatori.
- **Mercato libero:** tutti i clienti finali che scelgono un fornitore sul mercato.

Servizio di vendita per i clienti finali in maggior tutela

In base al TIV (Testo Integrato dell'Autorità per l'erogazione dei servizi di Vendita dell'energia elettrica di maggior tutela), la **TARIFFA DI VENDITA PER I CLIENTI DI MAGGIOR TUTELA** è:

$$T_V = (PE + PD + PPE + DISP_{BT}(E)) \cdot E_{PR} + PCV + DISP_{BT}(F)$$

- **Prezzo energia (PE):** copre i costi sostenuti per acquistare l'energia elettrica destinata ai clienti del servizio di maggior tutela;

- **Prezzo dispacciamento (PD):** copre i costi del servizio di dispacciamento, cioè il servizio che garantisce in ogni istante l'equilibrio tra l'energia immessa e quella prelevata dalle reti elettriche;
- **Corrispettivo PED:** $PE + PD$ è il corrispettivo espresso in $c\text{€}/kWh$ a copertura dei costi sostenuti dall'Acquirente Unico per l'acquisto e il dispacciamento dell'energia elettrica destinata ai clienti in maggior tutela. È pubblicato dall'Autorità prima dell'inizio di ciascun trimestre ed è differenziato per le utenze monorarie, multiorarie e biorarie.
- **Prezzo commercializzazione vendita (PCV):** copre i costi fissi di gestione commerciale dei clienti che vengono sostenuti mediamente dagli operatori del mercato libero;
- **Componente di dispacciamento $DISP_{BT}$:** restituisce ai clienti che hanno diritto al servizio di maggior tutela la differenza tra il gettito della componente "Prezzo commercializzazione vendita" e i costi di gestione commerciale sostenuti dai fornitori del servizio di maggior tutela;
- **Prezzo perequazione energia (PPE):** garantisce l'equilibrio tra i costi effettivi di acquisto e dispacciamento dell'energia elettrica destinata al servizio di maggior tutela e quanto pagato dai clienti a partire dal 1 gennaio 2008.
- **Energia prelevata E_{PR} :** espressa in [kWh] in un periodo (mese, anno)

TARIFFA DI VENDITA MONORARIA PER I CLIENTI DI MAGGIOR TUTELA:

$$T_V = (PE_M + PD_M + PPE + DISP_{BT}(E)) \cdot E_{PRf} + PCV + DISP_{BT}(F)$$

- PD_M : Prezzo dispacciamento monorario corretto per le perdite di rete;
- PE_M : Prezzo energia monorario per i clienti in maggior tutela con tariffa indifferenziata per fasce corretto per le perdite di rete

Servizi di dispacciamento sul mercato libero o in regime di salvaguardia

I costi del servizio di dispacciamento sono definiti dall' AEEG e da Terna S.p.A.

$$C_{disp}(LIB) = C_{disp}(LIB(E)) \cdot E_{PR}$$

$$C_{disp}(LIB(E)) = UPLIFT + WIND + MUST_RUN_ + C_F(TERNA) + C_p(rete) + CP + INT$$

- *UPLIFT*: corrispettivo per l'approvvigionamento delle risorse nel mercato per il servizio di dispacciamento.
- *WIND*: corrispettivo a copertura dei costi della modulazione della produzione eolica.
- *MUST_RUN*: corrispettivo per la copertura dei costi delle unità essenziali per la sicurezza del sistema.
- *C_F(TERNA)*: corrispettivo a copertura dei costi riconosciuti per il funzionamento di Terna.
- *C_p(rete)*: corrispettivo a copertura dei costi derivanti dalla differenza tra perdite effettive e perdite standard nelle reti.
- *CP*: corrispettivo a copertura dei costi per la remunerazione della disponibilità della capacità produttiva.
- *INT*: corrispettivo a copertura dei costi per la remunerazione del servizio di interrompibilità del carico.

10.1.8. Servizi di rete

Il Testo Integrato TIT stabilisce che i contratti di trasmissione, distribuzione e misura debbano corrispondere alle seguenti tipologie:

- a) *Clienti finali domestici in BT*. Ai clienti utenti domestici sono attualmente applicate 2 diverse tariffe, entrambe con struttura progressiva rispetto ai prelievi:
- Tariffa D1: i clienti domestici che utilizzano esclusivamente pompe di calore come sistema di riscaldamento della propria abitazione possono presentare una richiesta per usufruire di tale tariffa.
 - Tariffa D2: per impegni di potenza fino a 3 kW per l'alimentazione di applicazioni nella residenza anagrafica del cliente;

$$C_{TDM}(D_2) = \tau_1(D_2) + \tau_2(D_2(P)) \cdot P_i + \tau_3(D_2(E)) \cdot E_{PR}$$

- Tariffa D3: per abitazioni non di residenza in cui il livello di potenza impegnata sia superiore a 3 kW

$$C_{TDM}(D_3) = \tau_1(D_3) + \tau_2(D_3(P)) \cdot P_i + \tau_3(D_3(E)) \cdot E_{PR}$$

Le 3 tariffe di rete dell'energia elettrica applicabili ai clienti domestici hanno tutte una struttura costituita da 3 parti:

- Un corrispettivo fisso per punto di prelievo.
- Un corrispettivo unitario di potenza, applicato alla potenza contrattualmente impegnata.
- Un corrispettivo unitario per l'energia, applicato ai prelievi.

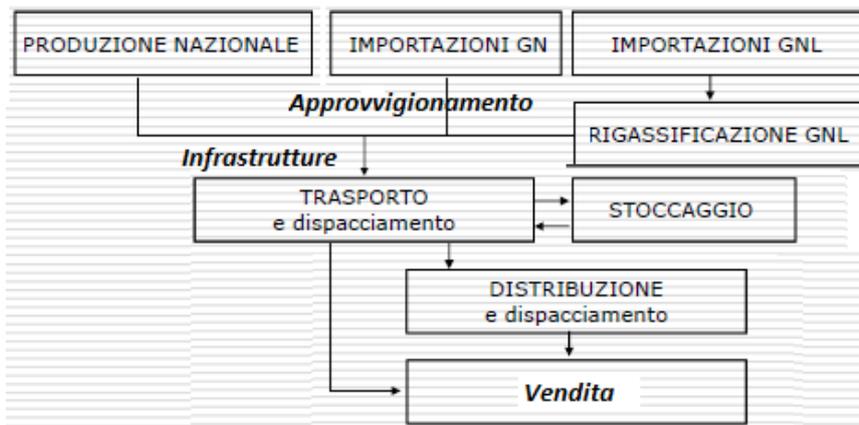
- | | |
|--|--|
| b) <u>BT illuminazione pubblica</u> | f) <u>MT per ricarica pubblica veicoli elettrici</u> |
| c) <u>Bassa tensione ricarica pubblica veicoli elettrici</u> | g) <u>MT diverse da e) e f)</u> |
| d) <u>BT diverse da a) b) e c)</u> | h) <u>AT</u> |
| e) <u>MT illuminazione pubblica</u> | i) <u>AAT < 380 kV</u> |
| | j) <u>AAT > 380 kV</u> |

Per i *clienti finali non domestici ND* le tariffe di trasmissione, distribuzione e misura TDM si possono aggregare in una quota fissa per ogni punto di prelievo, di una quota proporzionale alla potenza impegnata P_i e di una quota funzione dell'energia prelevata E_{PR} :

$$C_{TDM}(ND) = C_{TDM}(ND(F, P)) + C_{TDM}(ND(E)) \cdot E_{PR}$$

10.2. Gas naturale

La filiera del gas rappresenta l'intero ciclo produttivo che parte dalla fase di approvvigionamento, passa per il trasporto, via gasdotto o via nave, e lo stoccaggio, e termina con l'attività di vendita, all'ingrosso o al dettaglio.



1. **Approvvigionamento:** è la fase più a monte della filiera e comprende le attività volte al reperimento della materia prima necessarie per il soddisfacimento del fabbisogno energetico. A livello Europeo, le importazioni provengono per oltre l'80% via gasdotto attraverso contratti stipulati con le compagnie nazionali dei paesi di produzione. Tali contratti contengono vincoli di prelievo (clausole take or pay), sono di lunga durata e prevedono prezzi indicizzati a panieri di beni sostituibili (come ad esempio il petrolio). Ultimamente si sta incrementando la percentuale di GNL, con contratti di approvvigionamento più flessibili.
2. **Trasporto:** può essere effettuato:
 - Via gasdotto: il sistema interconnesso europeo di gasdotti si estende dal Mare del Nord e dal Baltico fino al Mediterraneo e dall'Europa Orientale e dalla Siberia fino all'Atlantico, consentendo di sfruttare le riserve provenienti dalle diverse aree di estrazione, di diversificare le vie di trasporto e di operare scambi a livello internazionale. Inoltre è in grado di garantire la fornitura del gas naturale perfino a fronte di problemi di approvvigionamento o punte di consumo particolarmente elevate. All'interno dei singoli paesi il gas naturale viene veicolato per mezzo delle reti di trasporto nazionali.
 - Via nave: il gas naturale viene liquefatto e trasportato attraverso le navi metaniere fino ai terminali di rigassificazione, dove, dopo essere stato riportato allo stato gassoso, viene immesso nella rete di trasporto. Il trasporto via nave viene usato per sfruttare riserve la cui distanza dai mercati rende particolarmente onerosa o tecnicamente difficoltosa la realizzazione di gasdotti, oppure per aver una maggiore diversificazione delle fonti di approvvigionamento.
3. **Stoccaggio:** consiste nel deposito di gas in strutture geologiche idonee a ricevere, trattenere e rilasciare il gas. Lo stoccaggio si compone di due fasi distinte correlate alla stagionalità dei consumi:
 - Fase di iniezione: il gas naturale proveniente dalla rete di trasporto viene immesso nei giacimenti di stoccaggio (da aprile ad ottobre).
 - Fase di erogazione: il gas naturale viene prelevato dal giacimento per essere immesso nel sistema e soddisfare la domanda (da novembre a marzo)
4. **Dispacciamento:** si intende la regolazione coordinata di impianti di stoccaggio, rete di trasporto e distribuzione, servizi accessori, finalizzata ad un corretto equilibrio fra domanda e offerta.
5. **Distribuzione:** è l'attività di trasporto di gas naturale attraverso reti di metanodotti locali a medie e basse pressioni per la consegna ai consumatori finali. L'attività di distribuzione è data in concessione dai comuni, con un solo distributore per ogni comune. Si distinguono:
 - Grande distribuzione o primaria: vendita a grandi industrie, centrali elettriche, aziende distributrici...
 - Distribuzione locale o secondaria: effettuata dalle aziende distributrici verso le famiglie, il settore del commercio e la piccola e media impresa.

Le attività di trasporto e dispacciamento, distribuzione e stoccaggio sono oggetto di separazione societaria da tutte le altre attività del settore gas. Gli operatori che garantiscono tali servizi sono obbligati ad assicurare l'accesso ai clienti/utenti che ne facciano richiesta in quanto si tratta di attività di interesse pubblico, purché:

1. Esista la capacità del sistema
2. Le opere necessarie siano tecnicamente ed economicamente realizzabili in base a criteri stabiliti dall'AEEG/MSE

10.2.3. I mercati del gas

La compravendita di gas naturale all'ingrosso può essere effettuata:

- Attraverso contratti bilaterali
- Attraverso transazioni sui mercati
- Attraverso le piattaforme gestite dal GME, quali P-GAS, M-GAS e PB-GAS.

Il GME gestisce attualmente:

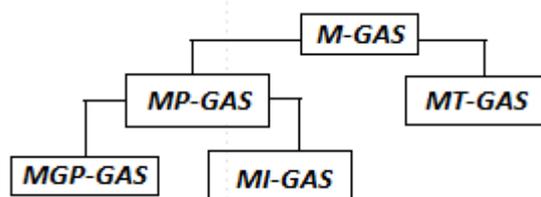
1. Una **piattaforma di negoziazione per l'offerta di gas naturale (P-GAS)** che prevede che, a seguito della combinazione delle offerte, i relativi contratti siano conclusi su base bilaterale. Il GME opera come broker dei contratti bilaterali. Per operare sulla P-GAS è necessario che gli operatori siano abilitati ad effettuare transazioni sul Punto Virtuale di Scambio (PSV). La P-GAS si articola nei comparti Import, Aliquote ed Ex d.lgs. 130/10.

Il **Punto di Scambio Virtuale (PSV)** è un hub virtuale in cui è possibile effettuare scambi e cessioni di gas immesso nella Rete Nazionale di Gasdotti. Istituito nel 2006, Il PSV è gestito da Snam Rete Gas, col principale obiettivo di fornire agli utenti un punto d'incontro tra domanda e offerta, in cui effettuare transazioni bilaterali di gas naturale su base giornaliera. Negli ultimi anni, il PSV si è notevolmente sviluppato in termini sia di volumi scambiati, sia di numero di contrattazioni effettuate. Tale crescita è avvenuta anche grazie alla standardizzazione dei contratti sottostanti le transazioni, tanto che esso svolge ancora il ruolo principale per gli scambi e le cessioni di gas. Infatti i volumi scambiati sul mercato spot sono ancora esigui.

2. Un **mercato del gas naturale (MGAS)**, nell'ambito del quale gli operatori possono acquistare e vendere quantitativi di gas a pronti o a termine; in tale contesto il GME assume la funzione di controparte centrale. Il M-GAS è un mercato fisico in negoziazione continua, dove gli operatori acquistano e vendono contratti aventi ad oggetto quantitativi di gas che, al termine del corrispondente periodo di negoziazione, verranno registrati al Punto di Scambio Virtuale (PSV) dal GME, in qualità di operatore qualificato del PSV, per conto degli operatori stessi.

MGAS si articola in:

- **Mercato del giorno prima del gas (MGP-GAS)**. Il MGP-GAS si svolge secondo le modalità di negoziazione continua. Sul MGP-GAS vengono selezionate offerte di acquisto e di vendita di gas relative al giorno-gas di calendario successivo a quello in cui termina la sessione.
- **Mercato infragiornaliero del gas (MI-GAS)**. Il MI-GAS si svolge secondo le modalità della negoziazione continua. Sul MI-GAS vengono selezionate offerte di acquisto e di vendita di gas relative al giorno-gas corrispondente a quello in cui termina la sessione.
- **Mercato a termine del gas (MT-GAS)**. Il MT-GAS si svolge secondo le modalità della negoziazione continua. Sul MT-GAS vengono organizzati tanti book di negoziazione, ognuno per ciascuna tipologia di prodotto negoziabile e riferiti a diversi periodi di consegna, dove sono selezionate offerte di acquisto e di vendita di gas. Le tipologie di prodotti negoziabili possono essere: annuale termico e annuale di calendario, semestrale, trimestrale, mensile, Balance of Month (BoM).



Componente relativa ai costi di approvvigionamento del gas nei mercati all'ingrosso $C_{mem,t}$:

- QT_{int} : valore a copertura dei costi di natura infrastrutturale sostenuti fino all'immissione del gas nella rete nazionale + i costi per il servizio di stoccaggio strategico
- QT_{PSV} : valore a copertura dei costi di trasporto dalla frontiera Italiana al punto di scambio virtuale.
- QT_{MCV} : valore a copertura degli elementi a maggiorazione del corrispettivo unitario variabile CV applicato nell'ambito del servizio di trasporto a monte del PSV
- $P_{FOR,t}$: valore a copertura dei costi di approvvigionamento del gas naturale nel trimestre t-esimo indicizzato alla quotazione Hub-Dutch TTF.

$$C_{mem,t} = QT_{int} + QT_{PSV} + QT_{MCV} + P_{FOR,t}$$

Tariffa obbligatoria per i servizi di distribuzione e misura:

La tariffa di distribuzione è fissata dall'Autorità per ogni anno solare, non più anno termico ed è differenziata in 6 ambiti tariffari ognuno comprendente un certo numero regioni italiane. La tariffa obbligatoria è data dalla somma delle seguenti componenti:

- τ_1 : composta dagli elementi $\tau_1(dis)$, $\tau_1(mis)$, $\tau_1(cot)$ espressi in euro per punto di riconsegna
- τ_3 : composta dalla quota destinata alla copertura dei costi operativi che è differenziata per scaglione di consumo.
- GS : a copertura del sistema di compensazione tariffaria per i clienti economicamente disagiati, non pagata dai domestici.
- RE : a copertura degli oneri che gravano sul fondo per misure ed interventi per il risparmio energetico e lo sviluppo delle fonti rinnovabili nel settore del gas naturale.
- RS : a copertura degli oneri connessi al miglioramento della qualità dei servizi gas.
- UG_1 : a copertura di eventuali squilibri dei sistemi di perequazione ed eventuali conguagli.
- UG_2 : a compensazione dei costi di commercializzazione della vendita al dettaglio.
- UG_3 : a copertura degli oneri connessi all'intervento di interruzione dell'alimentazione del punto di riconsegna.

$$DISTR = \tau_1 + \tau_3 + GS + RE + RS + UG_1 + UG_2 + UG_3$$

Quota servizio di trasporto:

- QTF_i : quota a copertura dei costi delle reti di trasporto dal PSV al PDR
- QTV_t : quota a copertura dei costi relativi al gas di autoconsumo, alle perdite di rete e al gas non contabilizzato: $QTV_t = \lambda \cdot C_{mem,t}$

$$QT_{i,t} = QTF_i + QTV_t$$

10.2.5. Prezzo del gas naturale in base ai corrispettivi

1. Se il prezzo del gas naturale è espresso con i corrispettivi $c€/Sm^3$, allora la misura può essere effettuata in 2 modi:
 - Soluzione approssimata: Coefficiente C di correzione dei volumi misurati. La fattura deve riportare m^3, C, Sm^3
 - Soluzione rigorosa: si ricorre al contatore del gas volumetrico + correttore di p + correttore di T $\rightarrow Sm^3$

Aaspetto critico: T_v è calcolata assumendo un certo valore convenzionale per il potere calorifico PCS , ma il potere calorifico varia in funzione della composizione effettiva del gas naturale ...

↓

a) all'inizio dell'anno solare $t+1$ il distributore calcola il potere calorifico superiore effettivo nell'anno solare t come media pesata del potere calorifico superiore effettivo del gas rispetto ai volumi consegnati, nei 12 mesi dell'anno solare t

$$PCS_{eff} = \frac{\sum_{i=1}^{12} PCS_{eff,i}^t \cdot V_i^t}{12}$$

b) se $\frac{PCS_{eff} - PCS}{PCS} > 5\%$ → il distributore emette fattura di conguaglio

10.2.6. Le imposte

Le imposte che gravano sul gas naturale sono le seguenti:

1. Accisa (€/Sm³), fissata dal Ministero dell'Economia e delle Finanze
2. Addizionale regionale (€/Sm³), nelle sole regioni a statuto ordinario
3. IVA (%), applicata all'importo complessivo (compresa l'accisa e l'eventuale addizionale regionale)

10.2.7. Il prezzo del gas naturale per i clienti del mercato libero

Il prezzo finale del gas naturale per i clienti del mercato libero è dato dalla somma di:

- Servizio di trasporto QT_{i,t}
- Servizio di distribuzione, che comprende l'attività di misura e relativa commercializzazione
- Oneri aggiuntivi QOA

Il prezzo è determinato con:

- Contratti bilaterali – piccoli clienti → offerta pre-confezionata dal fornitore
- Contratti bilaterali – grandi clienti → contrattazione diretta tra cliente e fornitore

I fattori che influenzano il prezzo sono:

- Consumo annuo
- Profilo di prelievo

Alcune tipologie di sconto sono:

- Sconto % o fisso rispetto al prezzo applicato ai clienti in regime di tutela: lo sconto può riguardare il corrispettivo C_{mem} e/o il corrispettivo QVD, o qualche loro componente
- Prezzo fisso
- Offerta senza costi fissi
- Bonus a fine anno

Il prezzo del gas naturale è fisso per tutto il periodo contrattuale o indicizzato rispetto ad un paniere predefinito di combustibili e con un dato time lag inclusivi di eventuali servizi post-vendita: consulenze, accesso ai dati di consumo tramite internet, ecc.

10.3. Certificati bianchi

I grandi distributori di gas ed elettricità (più di 50000 clienti finali) sono i soggetti obbligati al raggiungimento degli obiettivi nazionali di incremento dell'efficienza energetica. A favore delle aziende di distribuzione obbligate a sostenere parzialmente i costi per il raggiungimento degli obiettivi, sono previsti dei contributi tariffari, mentre sono previste delle sanzioni in caso di inadempienza.

Il miglioramento dell'efficienza energetica è realizzato presso gli utenti finali e viene certificato tramite l'emanazione da parte del GME (gestore dei mercati energetici) di **Titoli di Efficienza Energetica (TEE)**, detti anche "**certificati bianchi**". Le proposte per l'ottenimento dei titoli sono sottoposte ad un'istruttoria tecnico-amministrativa condotta da ENEA. Ogni TEE corrisponde ad 1 tep di energia primaria risparmiata a seguito di interventi di efficientamento, realizzati dai *soggetti obbligati* o da *soggetti volontari* che possono partecipare al meccanismo → gli obiettivi di risparmio energetico sono espressi in milioni di TEE anziché in milioni di tep.

SOGGETTI OBBLIGATI:

L'obiettivo che deve essere raggiunto dal singolo distributore in un dato anno è definito come:

$$\text{Obiettivo} = \text{obiettivo nazionale dell'anno} \cdot \frac{\text{quantità gas distribuito dall'impresa}}{\text{quantità gas distribuita sul territorio nazionale dalle imprese}}$$

Le quantità di gas sono riferite all'annualità 1 gennaio-31 dicembre di due anni prima.

Per raggiungere il proprio obiettivo, i distributori hanno diverse alternative cui poter ricorrere:

1. Realizzare essi stessi o tramite società controllate, presso gli utenti finali interventi in grado di generare titoli.
2. Lasciare che gli interventi siano realizzati da altri soggetti (SSE o SEM), ed acquisendone i relativi titoli riconosciuti tramite contrattazione bilaterale.
3. Acquisire i titoli in borsa, ossia sul mercato appositamente organizzato dal GME.

I SOGGETTI VOLONTARI SV:

Oltre ai soggetti obbligati, altri operatori possono accedere al meccanismo individuando, realizzando ed ottenendo titoli di efficienza energetica. Questi sono:

- Società di servizi energetici (SSE) e società controllate dai soggetti obbligati, le quali è previsto che a breve abbiano certificazione di cui alla norma UNI CEI 11352 (ESCO).
- Distributori di energia elettrica e gas con meno di 50.000 clienti finali
- Soggetti con energy manager (SEM).
- Soggetti con energy manager volontario (EMV)
- Soggetti con SGE ISO 50001 (SSGE)

L'unità di misura dell'energia risparmiata è il **tep**, che costituisce il "risparmio energetico" dell'operazione; esso si configura dunque come il risultato dell'intervento di miglioramento dell'efficienza energetica.

Il **risparmio lordo** è la differenza nei consumi di energia primaria prima e dopo la realizzazione di un intervento o di un progetto, misurata in tonnellate equivalenti di petrolio. Il risparmio è da valutarsi a parità di condizioni, ossia a parità di prestazione del sistema oggetto dell'intervento rispetto alla condizione precedente l'intervento stesso.

Con il Decreto Legislativo 4 luglio 2014, n.102, l'obiettivo nazionale di risparmio energetico consiste nella riduzione, entro l'anno 2020, di 20 Mtep di energia primaria conteggiati a partire dal 2010. Il meccanismo dei certificati bianchi dovrà garantire il conseguimento di un risparmio energetico al 31 dicembre del 2020 non inferiore al 60% dell'obiettivo di risparmio energetico nazionale.

10.3.4. Elementi di base della Linea Guida 09/11

Gli elementi di base della Linea Guida 09/11 sono:

- **Vita utile U:** è pari a:
 - 8 anni, per gli interventi per l'isolamento termico degli edifici, il controllo della radiazione entrante attraverso le superfici vetrate durante i mesi estivi, le applicazioni delle tecniche dell'architettura bioclimatica, del solare passivo e del raffrescamento passivo;
 - 5 anni, negli altri casi.
- **Vita tecnica T:** è il numero di anni successivi alla realizzazione dell'intervento durante i quali si assume che gli apparecchi o dispositivi installati funzionino e inducano effetti misurabili sui consumi di energia. Essa varia da zero (per gli standby) fino a 25 (per i doppi vetri e l'isolamento in edilizia), ed ha valori tipici di 10 e 15 anni. Per interventi a consuntivo, la vita tecnica varia da 5 a 30 anni. Il concetto di "vita tecnica" è importante poiché i TEE vengono riconosciuti per l'intera sua durata, seppur erogati nel corso della vita utile.
- **Data di prima attivazione:** è la data in cui si può considerare che l'intervento sia stato realizzato, in cui cioè sia stata ultimata l'installazione dei macchinari-impianti-apparecchiature coinvolti, e questi siano stati avviati e siano regolarmente funzionanti. Poiché la data di prima attivazione è fondamentale per definire la tempistica della proposta, di essa va fornita l'evidenza tramite l'invio di apposita documentazione associata all'avvio dell'iniziativa.
- **Data di avvio del progetto:** È la data in cui il progetto ha raggiunto la dimensione minima di risparmio energetico
- **τ :** È un coefficiente moltiplicatore del risparmio annuo (denominato nella LG coefficiente di durabilità), funzione della vita utile U, della vita tecnica T, e di un tasso di decadimento dei risparmi δ (assunto pari al 2% annuo). La sua definizione analitica è:

$$\tau = 1 + \frac{\sum_{i=U}^{T-1} (1 - \delta)^i}{U}$$

Supponendo per es. che un intervento faccia risparmiare 1 TEE costantemente ogni anno, si può costruire lo schema dei risparmi futuri. Supponendo che:

- Nei primi 5 anni il risparmio sia costante
- A partire dal 6° anno il decadimento prestazionale δ fa diminuire esponenzialmente i risparmi negli anni a seguire, fino a esaurimento della vita tecnica.

Il Risparmio netto integrale è la somma di tutti i risparmi ottenibili nella vita tecnica dell'intervento. Esso è suddivisibile in due componenti:

1. Il Risparmio Contestuale, che è la somma dei risparmi che si ottengono nei primi 5 anni.
2. Il Risparmio Anticipato, che è la somma dei risparmi che si ottengono negli anni successivi al quinto.

$$\Rightarrow \tau = \frac{\text{Risparmio Anticipato}}{\text{Risparmio Contestuale}}$$

- **Coefficiente di additionalità a:** Tiene in conto le possibili dinamiche di mercato che faranno diminuire negli anni futuri i risparmi a causa dell'evoluzione tecnologica, normativa e di mercato ed è pari o inferiore al 100%. È applicato nei metodi standardizzati ed analitici, e la sua entità compare direttamente nelle schede tecniche. Qualora il coefficiente non compaia esplicitamente in una scheda, viene assunto pari al 100%. Nei progetti a consuntivo occorre presentare una metodologia per determinarlo.

10.3.8. Grandi Progetti (DM 28 dicembre 2012)

Per gli interventi infrastrutturali, trasporti e processi industriali che comportino un risparmio di energia elettrica o di gas stimato annuo superiore a 35.000 tep e che abbiano una vita tecnica superiore a 20 anni, il proponente richiede al MSE l'attivazione della procedura di valutazione, ai fini dell'accesso al meccanismo dei certificati bianchi, presentando il progetto di intervento.

Il MSE, di concerto con il MA acquisito il parere MSE, MA, della regione e previa istruttoria tecnico-economica predisposta dal GSE, con il supporto di ENEA ed RSE, definisce con specifico atto entro 120 giorni le modalità di accesso al meccanismo, le modalità di misurazione dei risparmi prodotti e di quantificazione dei certificati, tenendo conto della vita tecnica dell'intervento.

In funzione del grado di innovazione tecnologica del progetto e dell'impatto sulla riduzione delle emissioni in atmosfera, valutati da ENEA o RSE, possono essere attribuite al progetto delle premialità, in termini di coefficienti moltiplicativi dei certificati rilasciabili, fino al 30% del valore; tale percentuale è progressivamente aumentabile, limitatamente ad interventi realizzati in aree metropolitane, fino al 40% per progetti che generano risparmi di energia compresi tra 35.000 e 70.000 tep annui, e fino al 50% per progetti che generano risparmi di energia superiori ai 70.000 tep annui. Per agevolare la realizzazione dell'investimento, è riconosciuta altresì al proponente la facoltà di optare per un regime che assicuri un valore costante del certificato per l'intera vita utile dell'intervento, pari al valore vigente alla data di approvazione del progetto; l'AEEG definisce le modalità operative di tale previsione, avuto riguardo alle eventuali fluttuazioni del valore di mercato del certificato.

10.3.9. Richiesta di Verifica e Certificazione dei risparmi

Affinchè un progetto ottenga la certificazione dei risparmi ottenuti e la successiva emissione di certificati bianchi, il soggetto titolare deve trasmettere al GSE una richiesta di verifica e di certificazione dei risparmi (RVC) insieme alla documentazione attestante i risparmi ottenuti.

La richiesta può produrre i seguenti esiti:

- Positivo
- Richiesta di integrazioni
- Pre-rigetto
- Rigetto
- Richiesta ritirata
- Irricevibile

A seconda del tipo di energia risparmiata si possono avere i seguenti tipi di **titoli riconosciuti**:

- I. Riduzione dei consumi di energia elettrica;
- II. Riduzione dei consumi di gas naturale
- II. -CAR Riduzione di risparmi di energia primaria
- III. Risparmi di forme di energia primaria diverse dall'elettricità e dal gas naturale non destinate all'impiego per autotrazione;
- IV. Risparmi di forme di energia primaria diverse dall'elettricità e dal gas naturale, realizzati nel settore dei trasporti.
- V. Risparmi di forme di energia primaria diverse dall'elettricità e dal gas naturale, realizzati nel settore dei trasporti e valutati attraverso modalità diverse da quelle previste per i titoli di tipo IV.
- IN Premialità innovazione tecnologica
- E Premialità riduzione delle emissioni in atmosfera

11 IMPIANTI COGENERATIVI

Gli impianti cogenerativi sono delle macchine termiche, a gas o a vapore, che producono sia energia elettrica che calore. Il calore prodotto viene solitamente trasportato per mezzo di un vettore energetico, per esempio, acqua calda o vapore. L'esigenza di ottenere sia energia elettrica sia energia termica in maniera autonoma e con un elevato risparmio energetico, ha suggerito l'adozione di impianti di cogenerazione in molte applicazioni civili e industriali. Tale tipo di impianto motore permette, quindi, di produrre l'energia elettrica necessaria al fabbisogno interno nonché, con l'ausilio di particolari apparecchiature, ottenere vapore o aria calda, a seconda dei casi, per far fronte alle esigenze dei vari processi di lavorazione.

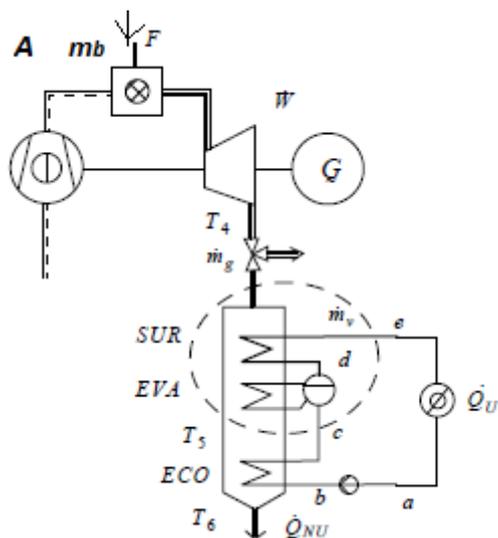
Vengono classificati in base alla macchina termica di origine:

- Turbina a gas,
- Motore a combustione interna o esterna,
- Turbina a vapore

11.1. Impianto cogenerativo con turbina a gas

In questi impianti si sfrutta l'elevata temperatura e quindi l'elevato contenuto energetico dei gas combusti scaricati dalla turbina mediante un Generatore di Vapore a Recupero GVR. Con temperature di scarico tipiche di circa 400°-500°C si può produrre sia acqua calda che vapore d'acqua surriscaldato (perché a temperatura > 100°C) per ogni esigenza dell'utenza termica.

Nel punto A entra la massa di combustibile \dot{m}_b . \dot{F} rappresenta la spesa necessaria per poter effettuare il processo: $\dot{F} = \dot{m}_b H_i \rightarrow$ potenza termica introdotta con il combustibile.



\dot{W} è la potenza utile della turbina $\dot{W} = P_u$.

Tra turbina e GVR è presente una valvola di bypass dei fumi al camino fa sì che i gas combusti in parte escano dal camino e in parte vengono mandati nei tre scambiatori in sequenza. La valvola di bypass modula in questo modo il calore recuperato e questa regolazione è dissipativa.

\dot{m}_g è la massa in uscita dalla turbina che viene regolata dalla valvola di bypass e che corrisponde ad \dot{m}_b espanso. \dot{m}_g entra poi nel GVR.

Nel GVR sono presenti tre scambiatori in sequenza per portare l'acqua alle condizioni richieste.:

- l'economizzatore ECO, in cui entra l'acqua
- l'evaporatore EVA, da cui esce il vapore
- il surriscaldatore SUR, in cui entra \dot{m}_g e trasforma il vapore proveniente dall'EVA in vapore surriscaldato \dot{m}_v che viene poi utilizzato dall'utenza termica U.

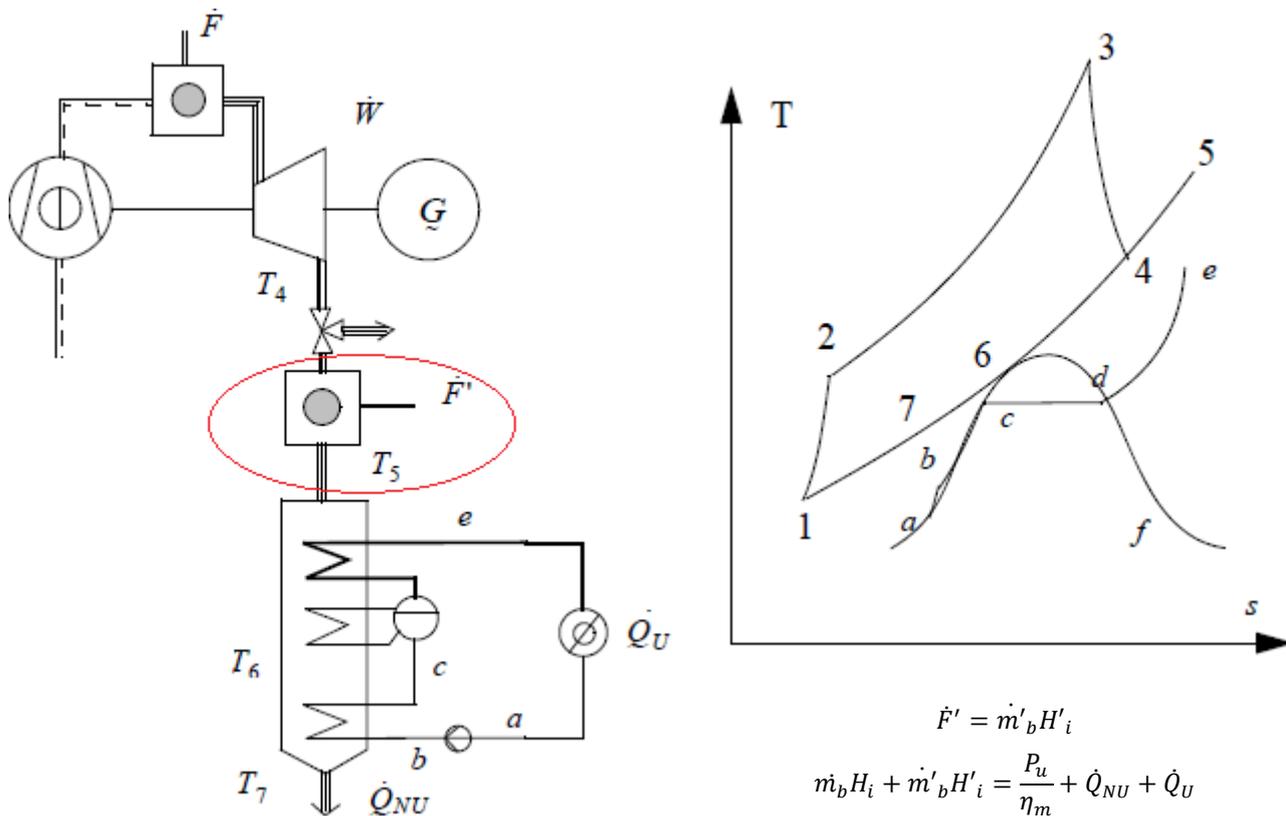
In uscita dal GVR vi è la potenza non utilizzata NU.

POSTCOMBUSTIONE

Normalmente gli impianti di più piccola potenza sono anche quelli che hanno rendimenti più bassi e l'indice di risparmio energetico risulta contenuto (circa 0.2).

In questi impianti non è possibile variare la potenza elettrica e la potenza termica in maniera indipendente, perché se si regola la potenza elettrica, questa trascina con se anche la potenza termica (sistema di regolazione monoparametrico).

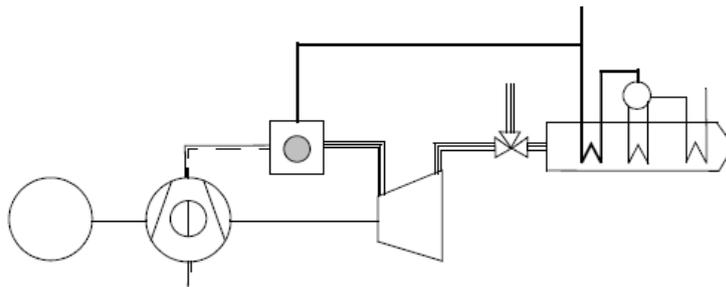
La valvola di by-pass posta sullo scarico può comunque consentire di ridurre, dissipando, la potenza termica rispetto a quella elettrica. Maggiore flessibilità si acquista interponendo un postcombustore tra la turbina e il GVR. In questa maniera è possibile aumentare il rapporto di cogenerazione dell'impianto, grazie anche al miglioramento dell'efficacia dello scambio termico:



11.2. Impianti STIG

Sono essenzialmente degli impianti motori a gas ma da questi si differenziano per l'introduzione di vapore d'acqua, prodotto dal generatore di vapore a recupero, nel combustore della turbina a gas.

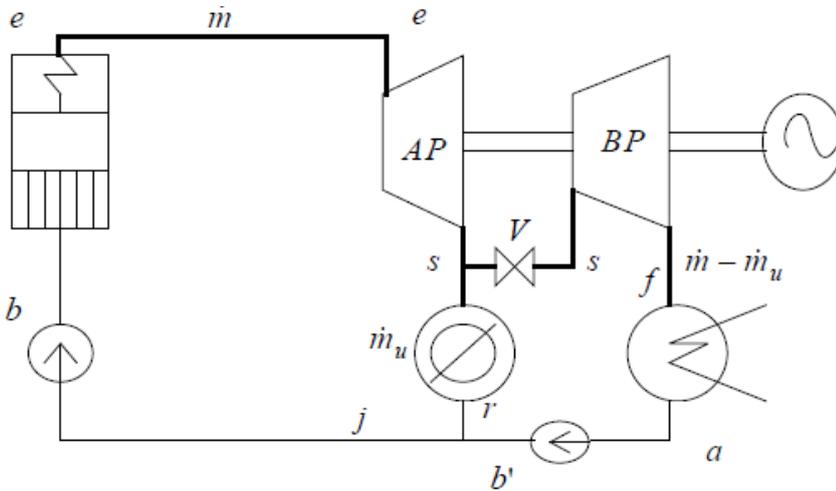
I benefici che si ottengono nei cicli STIG, ovvero aumento sia della potenza che del rendimento, sono dovuti all'incremento della portata di gas, miscelato con il vapore, che si espande in turbina mantenendo sostanzialmente immutata la portata di aria compressa.



2. IMPIANTI A ESTRAZIONE O A RECUPERO PARZIALE

L'espansione è divisa in due corpi: una turbina di alta pressione AP ed una di bassa pressione BP. Il vapore che esce dalla AP può continuare ad espandersi nella BP o andare all'utenza termica:

- Se si chiude la valvola V, la BP è esclusa e si ottiene l'impianto a contropressione, visto prima;
- Se la valvola V è tutta aperta viene esclusa l'utenza, la portata confluisce tutta alla BP e si ha un impianto a condensazione.



Tra queste due situazioni estreme ve ne sono infinite intermedie.

L'estrazione, quindi, fa sì che si possa modulare la potenza utile: se si estrae il minimo, si ottiene la potenza massima, man mano che si estrae la potenza si riduce.

L'utenza termica riceve il vapore alla pressione di scarico della AP e lo restituisce a tale pressione, la cosiddetta pressione di scarico di estrazione p_s .

Con tali impianti è possibile rendere in buona misura indipendenti le produzioni di energia elettrica e

termica in risposta alle specifiche esigenze.

CALCOLO DELLE PRESTAZIONI

Considerando il nodo r, b', j dove arrivano portate a diverse temperature e a diverse entalpie, l'equazione del primo principio è:

$$\dot{m}_u h_r + (\dot{m} - \dot{m}_u) h'_b = \dot{m} h_j$$

$$P_u = \eta_m [\dot{m}(h_e - h_s) + (\dot{m} - \dot{m}_u)(h_s - h_f) - \dot{m}(h_b - h_j) - (\dot{m} - \dot{m}_u)(h'_b - h_a)] \quad \text{Bisogna tener conto che la portata è variabile}$$

$$\dot{Q}_u = \dot{m}_u (h_s - h_r)$$

L'IU dell'impianto a ricupero parziale assume valori intermedi tra quello dell'impianto a ricupero totale e quello dell'impianto a condensazione (η_g).

12 COGENERAZIONE AD ALTO RENDIMENTO

Per cogenerazione si intende la produzione combinata, e quindi contemporanea, di energia meccanica/elettrica e calore.

La cogenerazione permette di:

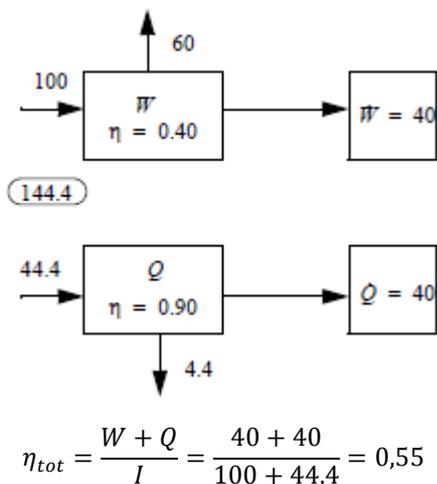
- aumentare il risparmio energetico, perché riduce il consumo delle materie prime energetiche,
- di salvaguardare l'ambiente, perché riduce le emissioni inquinanti,
- di ridurre il costo delle forniture energetiche.

Normalmente le esigenze di energia elettrica e calore vengono soddisfatte in maniera separata. L'energia elettrica viene acquistata dalla rete di distribuzione. Il calore, che, diversamente dall'energia elettrica, non può essere trasportato per lunghe distanze viene, invece, prodotto localmente.

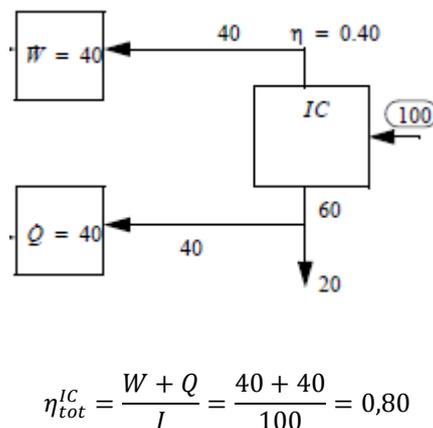
Nella soluzione cogenerativa, invece, un impianto, che necessariamente deve essere ubicato nelle vicinanze dell'utilizzatore termico, provvede in tutto o in parte alle richieste delle utenze, termica ed elettrica.

Esempio:

Se si producono separatamente potenza elettrica e calore:



Se, invece, si effettua la produzione combinata di potenza elettrica e calore:



Si ha un risparmio di energia primaria pari a:

$$\Rightarrow \frac{144,4 - 100}{144,4} = 30,7\%$$

Nell'eseguire l'analisi energetica degli impianti cogenerativi si può far riferimento a grandezze di tipo istantaneo o grandezze di tipo integrale.

Le **grandezze istantanee**, cioè le potenze, consentono di:

- Generare bilanci di tipo integrale
- Determinare il rendimento di determinati componenti dell'impianto
- Disporre di grandezze utilizzabili immediatamente nell'ambito del collaudo degli impianti

Le **grandezze integrali**, cioè le potenze integrate opportunamente nel tempo, consentono di:

- Fare bilanci di tipo economico in un certo periodo
- Eseguire previsioni di risparmio energetico
- Eseguire consuntivi di risparmio energetico