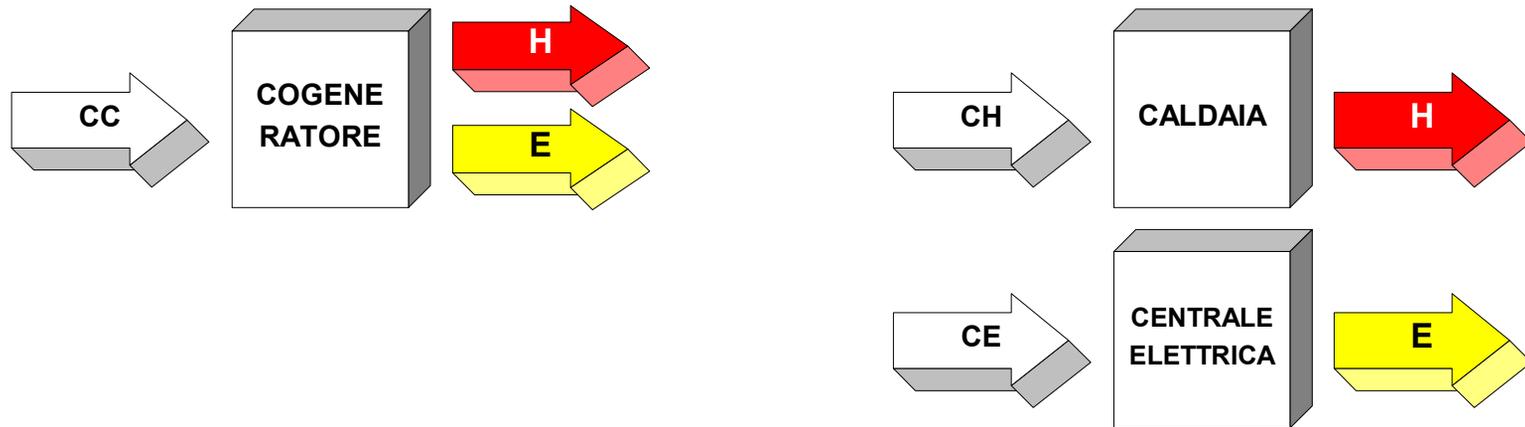


Per **COGENERAZIONE** si intende la produzione *combinata* di energia meccanica/elettrica e calore.

Dal punto di vista concettuale, produrre contemporaneamente energia elettrica e termica è più conveniente che produrle separatamente, con due impianti distinti, perchè, a parità di energie utili prodotte (**H** ed **E**), si ha un minor consumo di combustibile ( $C_C < C_E + C_H$ ).



La macchina che, fisicamente, converte il combustibile in energia utile viene chiamata **motore primo**. I cogeneratori si classificano in base al tipo di motore primo adottato. A loro volta ogni motore primo, può essere realizzato in base a varie soluzioni impiantistiche, ovvero:

- turbine a vapore
  - impianti a controcompressione
  - impianti a condensazione e spillamento
- turbine a gas
- motori alternativi a combustione interna
  - a ciclo Otto
  - a ciclo Diesel

Ciascuna tipologia di impianto è caratterizzata da un suo specifico campo di applicazione, all'interno del quale si realizzano i massimi rendimenti termodinamici e/o la massima convenienza economica.

## VANTAGGI E LIMITI DELLA COGENERAZIONE

### VANTAGGI

- **economico**: con la cogenerazione si sfrutta meglio l'energia contenuta nel combustibile ovvero, a parità di energia utile prodotta, si consuma meno combustibile.
- **ambientale**: il minor consumo di combustibili implica una minor quantità di emissioni nocive nell'ambiente e, per conseguenza, una diminuzione dei costi sociali dell'inquinamento.
- **salvaguardia delle risorse**: la cogenerazione consente un utilizzo più efficiente delle risorse energetiche tradizionali (petrolio, carbone, gas naturale), riducendone gli sprechi.
- **finanziario**: la cogenerazione è considerata una fonte di energia assimilabile alle fonti alternative (sole, vento, geotermia) e gode quindi di tutti gli incentivi e facilitazioni previste dalla legge e dal Piano Energetico Nazionale.

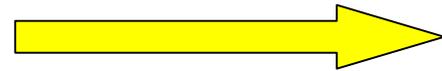
### LIMITI

- il limite principale della cogenerazione riguarda soprattutto la corrispondenza tra produzione e domanda sia sul lato elettrico che su quello termico: non serve a molto ottenere alti rendimenti complessivi se poi non si possono razionalmente utilizzare le energie prodotte dall'operazione.
- le utenze assorbono l'energia elettrica ed il calore con leggi sostanzialmente indipendenti e, considerando che l'elettricità non è praticamente accumulabile ed il calore lo è solo per brevi periodi, la cogenerazione è proponibile e conveniente quando le domande di energia elettrica e termica sono contemporanee.
- sotto il profilo logistico, affinché si realizzi una convenienza economica per l'impianto, le utenze termiche ed elettriche devono trovarsi nelle vicinanze del sistema di generazione energetica, in particolare per quanto riguarda la rete di distribuzione del calore.
- la diffusione dei sistemi cogenerativi è stata finora ostacolata soprattutto dagli alti costi iniziali di impianto imputabili alla maggiore complessità di tali sistemi, se confrontati coi costi dei sistemi tradizionali. Da questo punto di vista la complessità dell'impianto è tanto più insostenibile quanto minore è la potenzialità dell'impianto stesso.

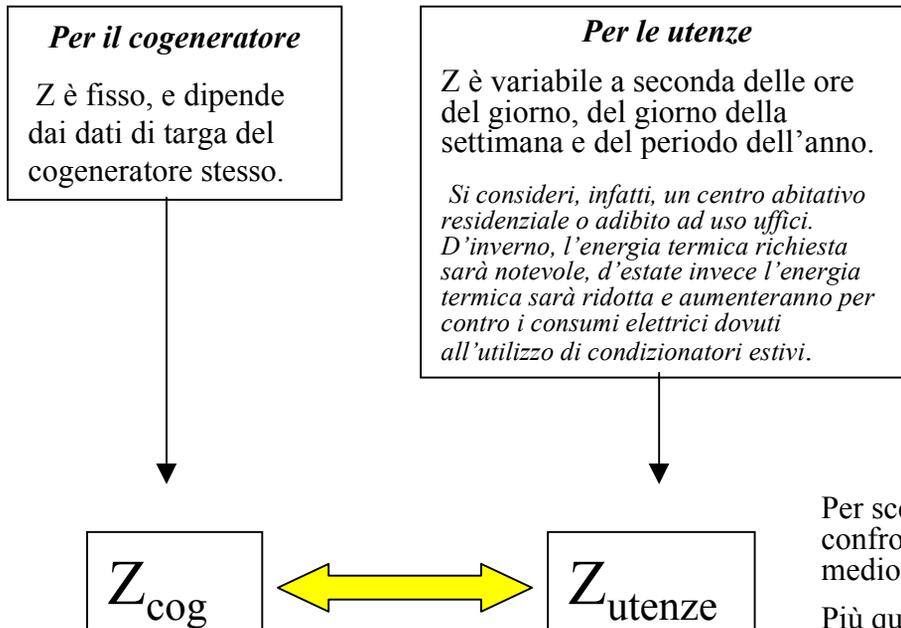
La scelta del motore primo più adatto al proprio caso dipende da molti fattori. I più importanti sono:

- A) l'entità delle potenze in gioco
- B) il rapporto tra potenza elettrica e potenza termica richieste dalle utenze
- C) le temperature di utilizzo ed il tipo di fluido caldo richiesti dalle utenze termiche

Per poter confrontare le prestazioni dei vari tipi di cogeneratori, si definisce un parametro, **Z INDICE ELETTRICO**, definito come il rapporto tra la potenza elettrica e la potenza termica.



$$Z = \frac{P_E}{P_t}$$



Per scegliere il tipo ottimale di cogeneratore, bisogna confrontare lo Z caratteristico di ogni macchina con quello medio, proprio dell'utenza che si vuole servire.

Più questi due valori si avvicineranno, migliori saranno i rendimenti di produzione energetica dell'impianto e, di conseguenza, i risultati economici.

## CAMPI DI APPLICAZIONI DEI VARI TIPI DI COGENERATORI

### TURBINE A VAPORE

#### VANTAGGI

- possibilità di ottenere valori abbastanza alti del rendimento termico globale, fornendo nel contempo calore di recupero ad alta temperatura. Dato che queste macchine utilizzano il vapore proveniente da un opportuno generatore, esse permettono l'adozione di qualsiasi combustibile, particolarmente quelli non pregiati.

- potenzialità medio-alte, comprese tra 1 e 250 MWe di potenza elettrica ed oltre.

- indice elettrico  $Z=3-14$

*( $Z=14$  significa che la potenza elettrica prodotta dalla macchina è 14 volte quella termica)*

#### SVANTAGGI

- alti costi iniziali di investimento

- complessità di impianto (--> tempi lunghi di consegna)

- limitata capacità di adattarsi a condizioni di marcia diverse da quelle di progetto

- presenza continuativa di personale specializzato

### TURBINE A GAS

#### VANTAGGI

- larga indipendenza della potenza termica disponibile dalla meccanica prodotta, il che si traduce in una maggiore flessibilità di esercizio

- semplicità costruttiva e tempi di realizzazione e consegna relativamente brevi

- larga indipendenza della potenza termica disponibile dalla meccanica prodotta --> maggior flessibilità di esercizio

- potenze elettriche tra 5 e 100 MWe

- indice elettrico  $Z=0,2-4$

#### SVANTAGGI

- necessità di utilizzare combustibili pregiati (gas, oli leggeri) per evitare fenomeni di sporcamento e corrosione delle palette della turbina

### MOTORI ALTERNATIVI

#### VANTAGGI

- elevati rendimenti anche nei regimi di funzionamento parziale

- ampia gamma di combustibili utilizzabili: sia liquidi (nafte pesanti) che gassosi (metano, GPL), compresi gas poveri, gas d'altoforno, da biomasse, di distillazione del carbone

- spinta modularità di realizzazione che agevola la manutenzione, riducendo i rischi di interruzioni complete del servizio, garantendo nel contempo flessibilità di installazione e di esercizio

- campo di applicazione molto vasto, potenze elettriche dai 15 kWe ai 10 MWe

- indice elettrico  $Z=0,4-2,2$

#### SVANTAGGI

- scarsa capacità di soddisfare utenze termiche richiedenti calore ad alta temperatura (oltre i 140 °C)

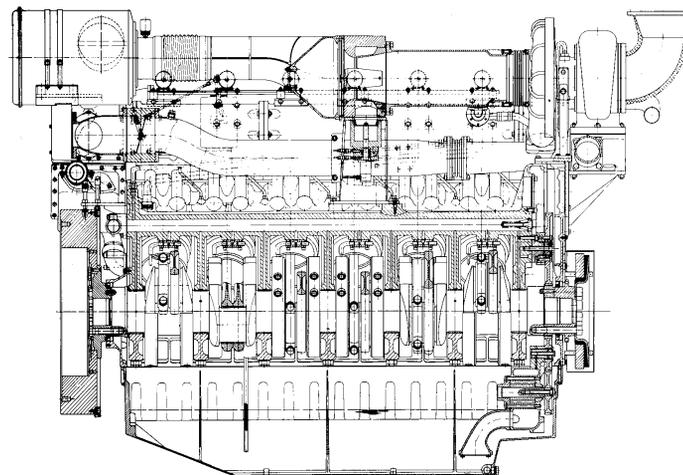
- significative emissioni di NOx, da limitare con appositi dispositivi secondo la normativa in vigore

- aumento dell'incidenza dei costi di manutenzione (particolarmente per l'olio di lubrificazione) la cui quota percentuale può andare dal 2 al 4% dei costi di investimento

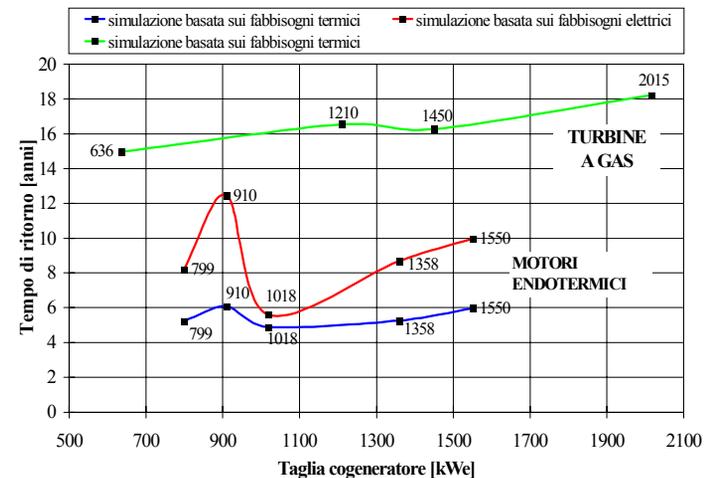
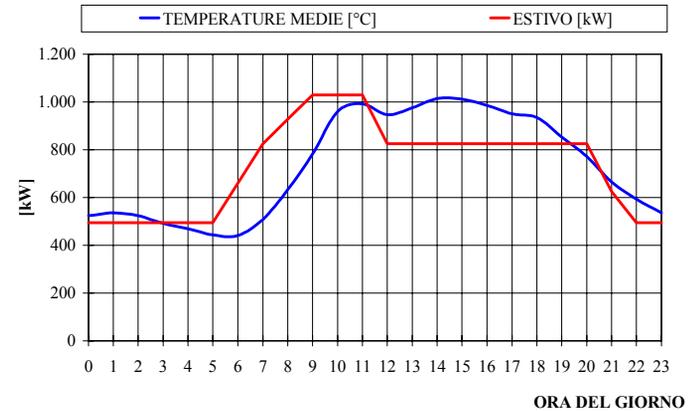
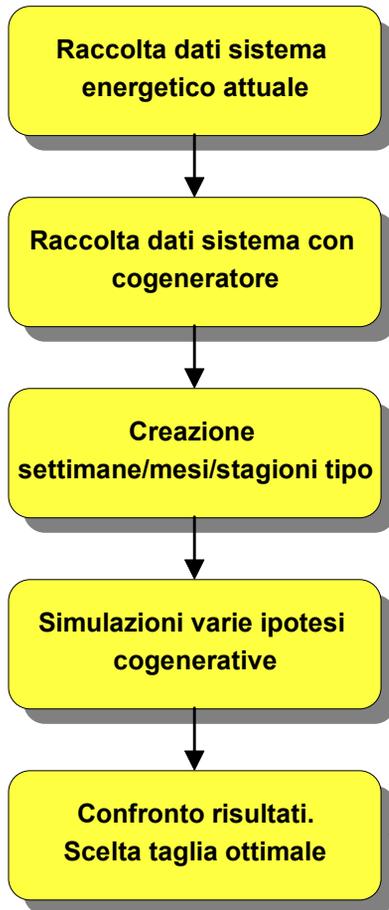
Nella pratica, nella quasi totalità dei casi di nostro interesse, l'attenzione si concentrerà sui **motori alternativi**. Le turbine a vapore sono utilizzate solo nelle grandi centrali termoelettriche ENEL, le turbine a gas hanno costi ancora troppo alti e producono potenze troppo elevate per i fabbisogni dei Clienti con cui avremo a che fare.

## Pregi del motore alternativo a combustione interna

- adatto alle applicazioni di piccola e media potenza (< 20 MWe)
- maggiori rendimenti
- flessibilità di esercizio
- minor costo complessivo d'impianto
- modularità
- ideale per il teleriscaldamento



## STUDIO DI FATTIBILITA' PER UN IMPIANTO DI COGENERAZIONE - 1



## STUDIO DI FATTIBILITA' PER UN IMPIANTO DI COGENERAZIONE - 2

La convenienza tecnico-economica nella realizzazione di un impianto di cogenerazione è un problema altamente complesso a causa dell'elevato numero di variabili in gioco. Lo studio di fattibilità di un impianto di cogenerazione richiede la conoscenza e la valutazione di molti parametri e grandezze, non sempre facilmente determinabili, specialmente nel tempo limitato che usualmente si ha a disposizione per la redazione dello studio.

Infatti, per poter valutare con sufficiente affidabilità la fattibilità di un progetto di cogenerazione, bisogna valutare aspetti che spaziano da quelli tecnici e termodinamici a quelli logistici a quelli economici e tariffari.

Di seguito si propone un elenco delle principali informazioni di cui si deve disporre per intraprendere un tale studio.

### • sistema energetico attuale

- caratteristiche delle attuali utenze energetiche (tipi di transfer utilizzati, temperature richieste, necessità degli utenti)
- fabbisogni termici attuali, possibilmente disaggregati a livello giornaliero o almeno mensile
- fabbisogni elettrici attuali, possibilmente disaggregati a livello giornaliero o almeno mensile
- ultime bollette elettriche e del combustibile utilizzato per almeno un anno di gestione del sistema (utili anche per valutare i costi energetici attuali), nel caso del termico i dati dovrebbero essere disaggregati tra le varie destinazioni d'uso (riscaldamento, acqua calda sanitaria, raffrescamento estivo, ecc.)
- caratteristiche dell'attuale sistema di generazione termica (tipo e n. di caldaie, potenzialità, rendimenti, costi di gestione e manutenzione)
- contratti di fornitura praticati sia per il combustibile sia per l'energia elettrica (scaglioni di consumo, tipo di utilizzazione e tutto quanto necessario per determinare l'attuale costo sostenuto per la fornitura energetica)

### •sistema energetico con cogeneratore

- è necessario conoscere le varie tariffe praticate dagli enti fornitori di energia, le eventuali defiscalizzazioni ed agevolazioni proponibili, i prezzi di cessione praticati dall'Acquirente Unico nel caso di autoproduzione elettrica, ecc.
- dati di targa, costi di installazione e di gestione di una rosa di cogeneratori che copra, come potenzialità, le richieste energetiche delle utenze, al fine di testare varie configurazioni tecnicamente possibili fino a trovare quella economicamente più conveniente
- dati di targa della/e caldaie di integrazione da affiancare al gruppo cogenerativo
- quantificazione delle possibili destinazioni d'uso delle energie termica ed elettrica prodotte dal cogeneratore.

## STUDIO DI FATTIBILITA' PER UN IMPIANTO DI COGENERAZIONE - 3

Raccolti tali dati si passa alla fase di elaborazione.

### • creazione delle settimane/mesi/stagioni tipo

•si tratta di estrapolare, sulla base dei dati noti, delle previsioni sugli andamenti delle richieste energetiche delle utenze (sia termiche che elettriche), cioè di modellizzare il comportamento del sistema energetico che si vuole asservire al cogeneratore. Tali dati possono descrivere le richieste delle utenze a livello mensile (kWh richiesti per ogni mese dell'anno) o, più dettagliamente, a livello settimanale o giornaliero (per ogni ora del giorno e per ogni giorno della settimana quanta energia mi richiederanno gli utenti?). In questo modo si risponde alla domanda: quali sono le richieste che il mio cogeneratore dovrà soddisfare?

### •simulazione di varie ipotesi di impianti cogenerativi

•consiste nell'immaginare di installare un cogeneratore, di un determinato tipo e taglia, e di farlo funzionare per un dato periodo di tempo (possibilmente almeno per un intero anno solare) al servizio delle utenze precedentemente fissate. Durante il periodo di funzionamento bisognerà calcolare i vari costi di gestione, sia in entrata che in uscita, ai quali il sistema andrà incontro (costi di combustibile del cogeneratore, ricavi dalla vendita dell'energia elettrica e termica prodotta in esubero, acquisto di energia elettrica dall'ENEL quando quella autoprodotta non basta, e così via)

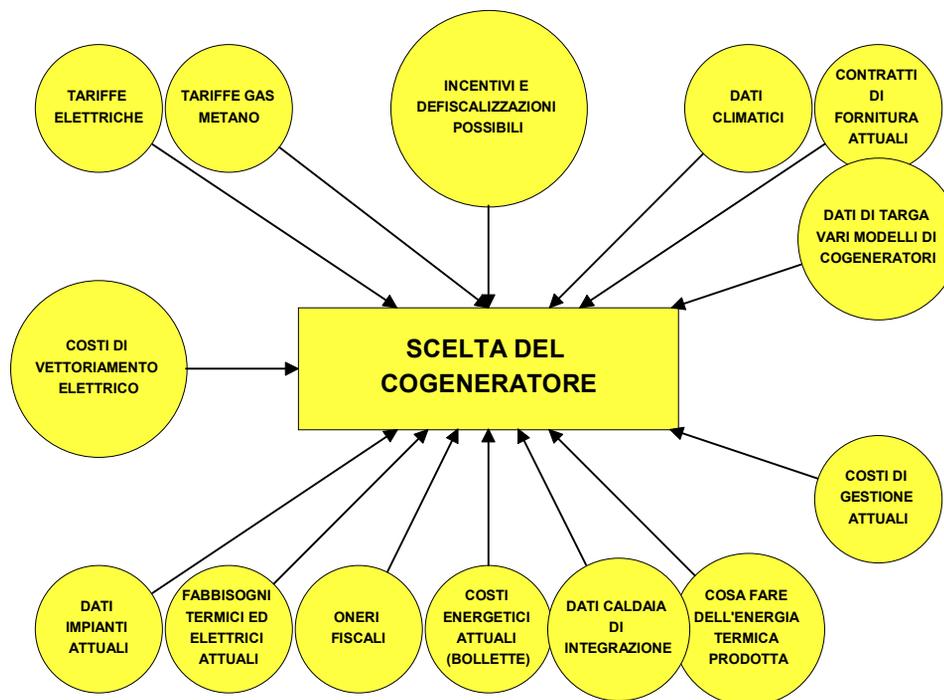
•parallelamente bisogna calcolare gli stessi costi ma nell'ipotesi di generare l'energia termica con una caldaia tradizionale e di prelevare tutta l'energia elettrica dall'ENEL. Insomma quantificare i costi/ricavi che si avrebbero nel caso di un impianto tradizionale.

•dal confronto tra i costi/ricavi calcolati nei due casi si può dedurre l'eventuale risparmio ottenibile nella configurazione col cogeneratore rispetto ad una soluzione tradizionale (che potrebbe essere la soluzione attualmente esistente). Da qui si ricava, poi, il tempo di ritorno dell'investimento.

•tale operazione deve essere ripetuta con varie taglie di cogeneratori via via crescenti, fino ad individuare quella in corrispondenza alla quale i risparmi ottenibili sono massimi. Attenzione: in corrispondenza al massimo risparmio ottenibile non è detto che si ottenga il minimo periodo di ritorno perchè quest'ultimo dipende dal costo di installazione del cogeneratore il quale non cresce linearmente con la sua taglia (Se un cogeneratore da 100 MW costa 1000 non è vero che uno da 200 MW costa 2000!!). Molti studi di fattibilità scelgono la potenzialità del cogeneratore in maniera empirica, sulla base delle massime potenze richieste dalle utenze. SBAGLIATO! Generalmente, il cogeneratore ottimale è quello leggermente sottodimensionato, il che gli permette di lavorare sempre a pieno carico con qualche piccolo aiuto dall'esterno. Per individuare con la necessaria esattezza questa potenzialità è necessario ripetere i calcoli suddetti per varie taglie progressivamente crescenti (esempio: prima 100 kW, poi 150, poi 200..... e così via fino a 1000 kW) e mettere poi a confronto i risultati ottenuti

## ELEMENTI DI VALUTAZIONE DA TENERE PRESENTI NELLA SCELTA DI UN IMPIANTO COGENERATIVO

- **Non sempre il massimo risparmio energetico coincide con la massima convenienza economica.** A causa dell'estrema articolazione e complessità dei sistemi di tariffazione dell'energia vigenti in Italia, accade a volte che risulti economicamente più conveniente buttare via parte del calore prodotto dal cogeneratore piuttosto che cercare di collocarlo tutto o far funzionare l'impianto meno ore all'anno
- Il tallone d'achille di ogni impianto di cogenerazione è sempre e comunque **cosa fare dell'energia termica prodotta**, soprattutto nel periodo estivo. Non è conveniente fermare l'impianto d'estate. Generalmente vale la regola che: **un impianto di cogenerazione rientra tanto più velocemente quanto più ore all'anno viene mantenuto in funzione.** Questo perchè il costo di installazione iniziale è in proporzione più elevato di un generatore termico tradizionale e per ammortizzarlo bisogna far funzionare l'impianto il più possibile.
- La convenienza economica di un progetto di cogenerazione è fortemente influenzata dalle condizioni contrattuali elettriche praticate. In particolare gran peso ha **la possibilità di cedere all'ENEL l'energia elettrica prodotta in esubero** a prezzi vantaggiosi (stabiliti dal CIP 6/92). Attualmente pare che l'ENEL sia piuttosto contraria ad acquistare l'energia elettrica autoprodotta, ma la situazione è molto confusa.



## I POTENZIALI CLIENTI

La regola principale è: *le migliori utenze sono quelle in cui la richiesta di energia elettrica ed energia termica sono contemporanee.*

In ordine di importanza, i clienti più adatti e promettenti sono:

### 1. Ospedali

I complessi ospedalieri funzionano 365 giorni all'anno (i malati ci sono sempre!). Sono dei grossi consumatori di energia elettrica (basti pensare a tutte le apparecchiature mediche, sale operatorie, ecc.) e termica (riscaldamento, vapore per le sterilizzatrici) e permettono di far funzionare i cogeneratori senza interruzioni consentendo rapidi tempi di ritorno degli investimenti.

### 2. Centri commerciali

Sono dei buoni candidati per l'installazione di cogeneratori purchè si trovi un'adeguata collocazione al calore prodotto nel periodo estivo. Spesso si utilizzano macchine frigorifere ad assorbimento (speciali macchine che usano il calore prodotto per generare freddo) e dunque si hanno rilevanti fabbisogni di calore anche nel periodo estivo.

### 3. Industrie

Tutte quelle industrie che necessitano di calore per i loro cicli produttivi. L'energia elettrica, infatti, non rappresenta un problema, è sempre molto richiesta. Bisogna, in questo caso, verificare che ci siano dei fabbisogni termici per la produzione (es. produzione di vapore per l'azionamento di presse, presenza di macchine asciugatrici, di forni di essiccazione, ecc.)

### 4. Centri turistici

Grossi villaggi turistici, grandi centri alberghieri magari abbinati a piscine, centri termali, ecc.

### 5. Poli universitari

Sono dei buoni utenti purchè, come al solito, si sappia cosa fare del calore prodotto in estate.

## TAGLIE DEI COGENERATORI

Per avere un'idea delle potenze in gioco, ci si può rifare ai seguenti dati. Si tenga però presente che si tratta di valori molto di larga massima, che possono subire anche notevoli variazioni a seconda delle utenze e delle apparecchiature installate. (I valori fanno sempre riferimento alla **potenza elettrica nominale** del cogeneratore):

- per un ospedale con 1400 posti letti si può prevedere un cogeneratore da circa 1,5 MW
- se si hanno a disposizione le massime potenze richieste dalle utenze ( $P_{max}$ ), il cogeneratore può essere, orientativamente, dimensionato sui 2/3 di tali potenze:  $P_{cog} = 2/3 * P_{max}$

## COSTI DI INSTALLAZIONE DEI COGENERATORI

Per valutare grossolanamente il costo di investimento che si deve affrontare per realizzare un impianto di cogenerazione basato su motore alternativo, si può fare riferimento ai seguenti dati (sempre riferiti alla potenza elettrica nominale):

fino a 400 kWe: 1.800.000 L/kWe

da 800 kWe in su: 1.500.000 L/kWe

Tali importi sono comprensivi delle installazioni e delle apparecchiature ausiliarie di interfaccia e regolazione necessarie al funzionamento del gruppo. Non comprendono eventuali opere edili o le reti di distribuzione o di teleriscaldamento.

## AGEVOLAZIONI FISCALI ED INCENTIVI ALLA COGENERAZIONE

La cogenerazione, pur basandosi su combustibili tradizionali, viene considerata fonte assimilabile alle fonti rinnovabili e, come tale gode di tutti gli incentivi di legge previsti per tali fonti di energia.

- Le agevolazioni previste dalla legge 10/91 si possono così riassumere:
  - agli impianti con potenza fino a 10 MW termici o 3 MW elettrici vengono concessi contributi fino al 30% della spesa ammissibile preventivata; tali contributi vengono erogati dalle Regioni o dalle Province di Trento e Bolzano
  - per impianti con potenza superiore a 10 MW termici o 3 MW elettrici i contributi sono concessi tramite decreto del Ministero dell'Industria
  - sono previsti contributi in conto capitale fino ad un massimo del 40% della spesa totale ammessa al contributo preventivata e documentata
- l'energia elettrica autoprodotta gode di agevolazioni per quanto riguarda l'imposta erariale e le sue addizionali.
- i provvedimenti **CIP 5.1.1990, n.34** e **29.4.92, n.6** hanno modificato i prezzi di cessione dell'energia elettrica prodotta in cogenerazione in senso favorevole agli autoproduttori.
- il metano destinato alla produzione di energia elettrica, nella misura di 0,258 m<sup>3</sup> per ogni kWh prodotto, non è assoggettato all'imposta di consumo.
- La Circolare 145/D del 17/05/95 del Ministero delle Finanze stabilisce che anche il metano che alimenta le caldaie di integrazione ai gruppi cogenerativi, gode, ai fini fiscali, dell'aliquota ridotta prevista per usi industriali, anche se l'impianto alimenta delle utenze civili

<b>FONTI RINNOVABILI:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sole;</li> <li>• vento;</li> <li>• energia idraulica;</li> <li>• risorse geotermiche;</li> <li>• maree e moti ondosi;</li> <li>• trasformazione di rifiuti organici ed inorganici o di prodotti vegetali.</li> </ul>
<b>FONTI ASSIMILATE:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cogenerazione;</li> <li>• calore di risulta;</li> <li>• fumi di scarico;</li> <li>• altre forme di energia recuperabile in processi e in impianti;</li> <li>• scarti di lavorazione e/o di processi;</li> <li>• fonti fossili prodotte da giacimenti minori isolati.</li> </ul>
<b>FONTI CONVENZIONALI:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• combustibili fossili commerciali;</li> <li>• altre fonti che non rientrano nelle classi precedenti.</li> </ul>