

CENTRALI A CICLO COMBINATO CON TURBINA A GAS COME FUNZIONANO?



NETWORKING ENERGIES

Un'azienda **axpo**

INDICE

	In sintesi	05
1.	Come funziona una centrale a ciclo combinato con turbina a gas?	06
1.1	Presentazione grafica di una centrale a ciclo combinato con turbina a gas	07
1.2	La turbina a gas: il cuore della centrale	08
1.3	Il ciclo del vapore acqueo: molto più di semplice aria calda	09
1.4	Il sistema ad alta tensione	11
1.5	Il posto di comando: controllo e sicurezza	11
2.	Quali sono i vantaggi di una centrale a ciclo combinato con turbina a gas? ...	12
2.1	La questione dell'efficienza	12
2.2	La questione dei costi	13
2.3	La moderna tecnologia di combustione: un vantaggio concreto	13
3.	I progetti di EGL in Italia (fogli allegati)	15



1

In sintesi

Una centrale a ciclo combinato con turbina a gas, detta anche centrale con turbina a gas e a vapore, coniuga in modo ideale i punti di forza di due processi termici: la generazione di corrente elettrica mediante una turbina a gas abbinata a una turbina a vapore. Per indicare questo tipo di centrale, in inglese viene comunemente impiegato l'acronimo **CCGT** (Combined Cycle Gas Turbine power plant).

Circa due terzi dell'intera energia elettrica di una centrale sono prodotti dalla turbina a gas. Analogamente a quanto avviene nei reattori di un aereo, anche nella centrale viene bruciata una miscela composta da aria e combustibile. I gas caldi generati dalla combustione alimentano la turbina e indirettamente anche il generatore che vi è collegato.

La restante energia elettrica della centrale, ovvero circa un terzo, è prodotta dalla turbina a vapore, che sfrutta i fumi caldi provenienti dalla turbina a gas. Nella caldaia per il recupero del calore perso, i fumi cedono la propria energia termica all'acqua circolante: l'acqua sotto pressione evapora, provocando un innalzamento della temperatura presente all'interno dell'impianto. Il vapore alimenta la turbina a vapore e conseguentemente anche il generatore che vi è collegato.

Le centrali a ciclo combinato con turbina a gas sono all'avanguardia dal profilo tecnologico e vengono impiegate in tutto il mondo. Rispetto ad altri tipi di centrali elettriche, esse presentano un alto rendimento: i moderni impianti EGL in Italia raggiungono un rendimento di circa 56 % circa; ciò significa che l'energia somministrata sotto forma di combustibile viene trasformata in elettricità in maniera tecnicamente ottimale.

I costi d'investimento sono relativamente esigui poiché i componenti principali sono in larga misura standardizzati. La turbina a gas consente di scegliere una struttura compatta per la centrale e di ridurre al minimo i tempi di costruzione. Questi ultimi si aggirano infatti attorno ai due anni e mezzo.

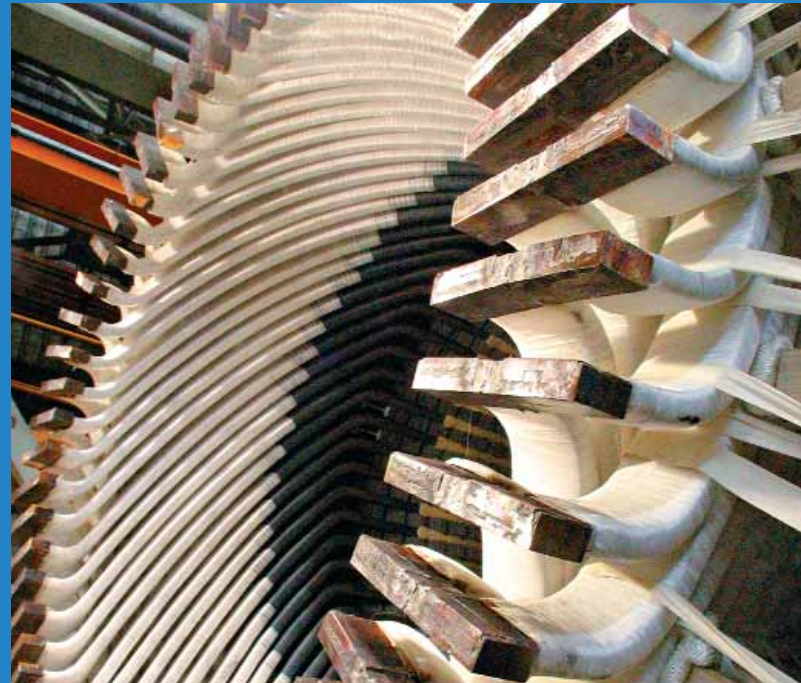
Spesso gli impianti a ciclo combinato con turbina a gas presentano una struttura modulare composta da diverse sezioni, ognuna delle quali è una centrale a tutti gli effetti, in grado di funzionare autonomamente. Le centrali elettriche EGL sono standardizzate e constano ciascuna di due sezioni che assieme producono circa 760 megawatt. Una centrale di questo tipo potrebbe soddisfare il 10 % del fabbisogno annuale di energia della Svizzera.

Grazie alla moderna tecnica di combustione è possibile monitorare e ridurre al minimo l'emissione di fumi nocivi. Rispetto a tutti gli altri impianti termici tradizionali, come ad esempio le centrali a carbone, le centrali a ciclo combinato con turbina a gas sono quelle che emettono il minor quantitativo di diossido di carbonio e ossido d'azoto durante il riscaldamento con gas naturale.

1. COME FUNZIONA UNA CENTRALE A CICLO COMBINATO CON TURBINA A GAS?



1



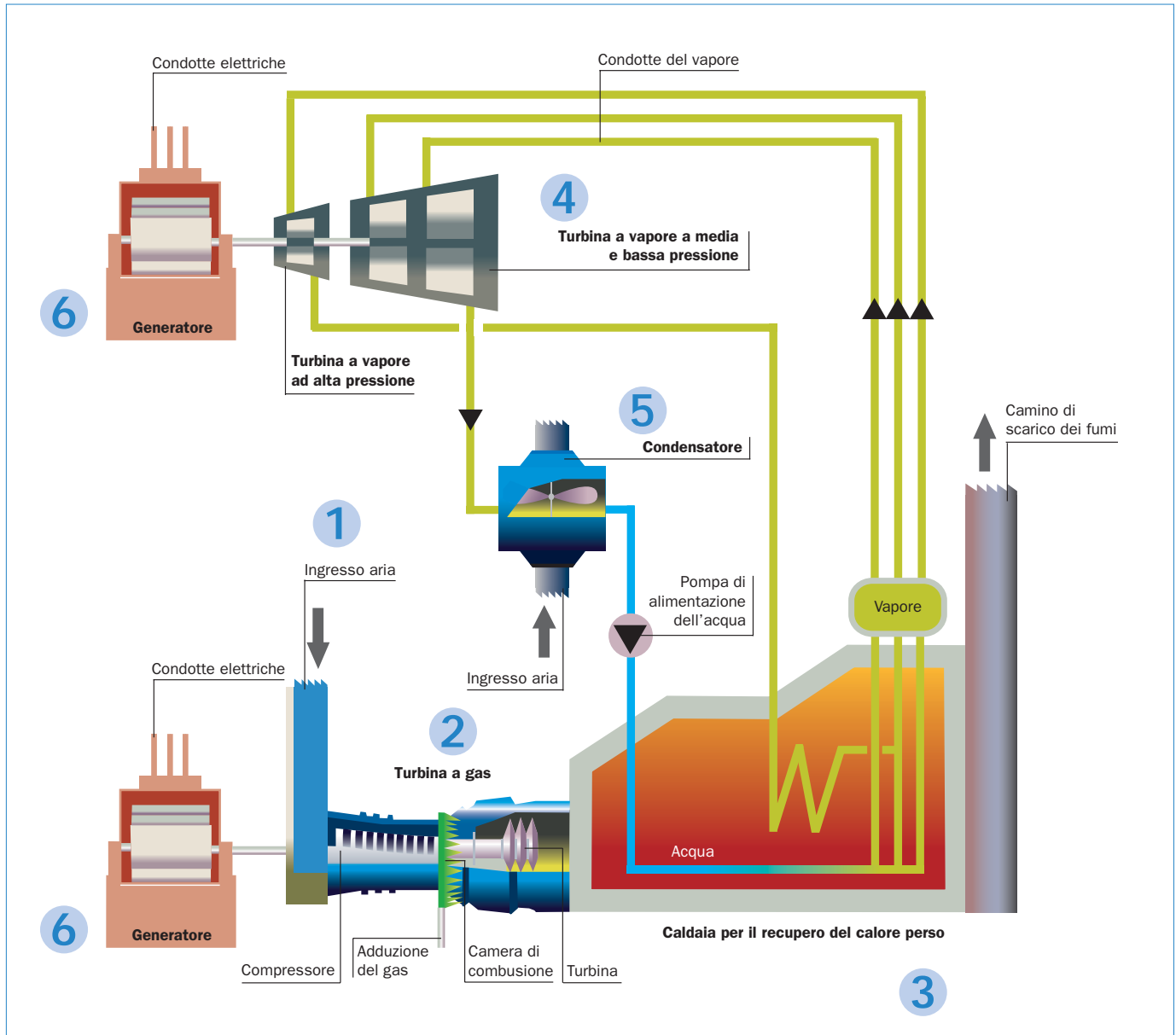
2

La centrale a ciclo combinato con turbina a gas coniuga in modo ideale due processi termici in modo tale che ne risulta una produzione di energia elettrica tecnicamente ottimale. Circa due terzi dell'elettricità sono prodotti dalla turbina a gas e l'altro terzo dalla turbina a vapore che vi è collegata. I gas combustibili espansi (nella turbina a gas) ed il vapore (nella turbina a vapore) producono un movimento rotatorio meccanico che i generatori trasformano successivamente in energia elettrica.

Le centrali EGL sono concepite come impianti pluralbero. Ciò significa che ognuna delle turbine è accoppiata a un proprio generatore a differenza dell'impianto monoalbero, nel quale entrambe le turbine alimentano lo stesso generatore. Le centrali EGL in Italia sono composte ciascuna di due sezioni e dispongono ognuna di quattro macchine motrici (due turbine a gas e due turbine a vapore) e di quattro generatori.

1. COME FUNZIONA UNA CENTRALE A CICLO COMBINATO CON TURBINA A GAS?

1.1 Presentazione grafica di una centrale a ciclo combinato con turbina a gas

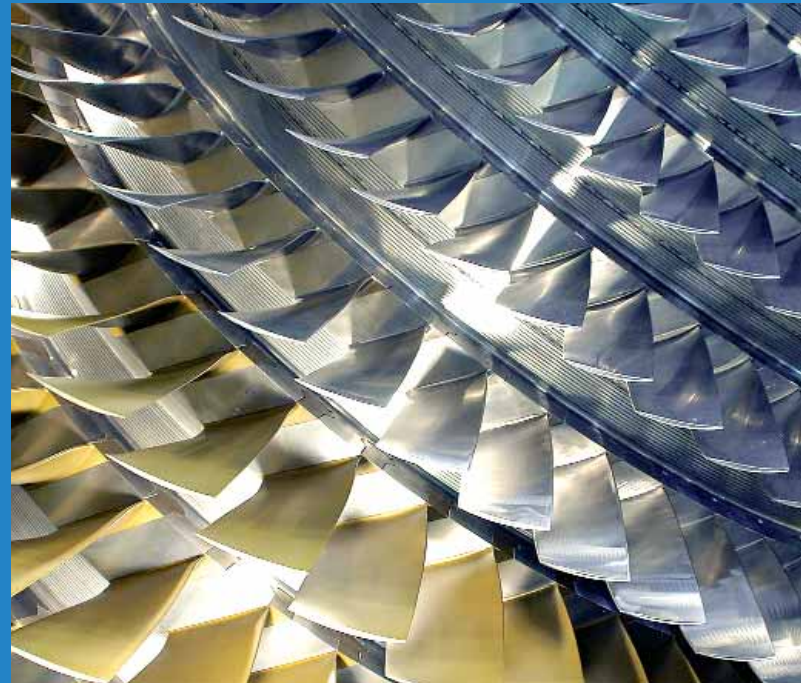


1. L'aria proveniente dall'ambiente è aspirata attraverso un filtro e compressa nel compressore. **2. Turbina a gas:** l'aria compressa è miscelata con gas naturale. Ha quindi luogo una combustione durante la quale si formano dei gas caldi sotto pressione. La turbina alimenta il generatore e il compressore. **3. Caldaia per il recupero del calore perso:** con i fumi caldi provenienti dalla turbina a gas è fatta evaporare l'acqua. **4. Turbina a vapore:** il vapore fa girare la turbina. L'energia meccanica prodotta è trasmessa al generatore. **5. Condensatore:** qui il vapore di scarico della turbina a vapore viene ritrasformato in acqua attraverso un processo di raffreddamento dell'aria. **6. Generatori:** qui l'energia meccanica prodotta dalle turbine è convertita in corrente elettrica.

1. COME FUNZIONA UNA CENTRALE A CICLO COMBINATO CON TURBINA A GAS?



1



2

1.2 La turbina a gas: il cuore della centrale

La turbina a gas rappresenta il primo livello nel processo di produzione di elettricità. Attraverso un filtro, il compressore della turbina a gas aspira aria dall'ambiente (punto 1 nell'illustrazione) e la comprime (punto 2 nell'illustrazione), ovvero la sottopone a una maggiore pressione e la convoglia nella camera di combustione. Qui il combustibile confluisce sotto forma di gas naturale e viene bruciato. Durante questo processo si formano dei gas caldi che, portati pressoché alla pressione ambiente nella turbina, si espandono. L'energia così liberata viene convertita in un movimento rotatorio meccanico. Analogamente alla reazione che si osserva nei palloncini gonfiati quando l'aria fuoriesce, anche in questo caso la compensazione della pressione (espansione) provoca un movimento. Il movimento rotatorio meccanico alimenta il compressore e il generatore. Quest'ultimo trasforma l'energia così prodotta in corrente elettrica.

Quando lasciano la turbina sotto forma di fumi, i gas caldi hanno una temperatura di circa 600°C. Successivamente tale energia termica è ceduta all'acqua nella caldaia per il recupero del calore perso. Qui inizia il secondo livello del processo di produzione di elettricità: il ciclo del vapore acqueo. L'acqua sotto pressione viene quindi riscaldata e fatta evaporare.

La turbina a gas è considerata il cuore della centrale. Non solo produce due terzi dell'energia elettrica, ma da

1. COME FUNZIONA UNA CENTRALE A CICLO COMBINATO CON TURBINA A GAS?

anche il nome alla centrale. Come combustibile potrebbe essere impiegato anche il gasolio. Tuttavia, gli impianti EGL in Italia non sono predisposti per questo carburante. Rispetto al gasolio, il gas naturale produce minori emissioni di fumi. Inoltre, i costi di manutenzione delle turbine alimentate con gas naturale sono generalmente inferiori. La revisione generale con sostituzione dei componenti più sollecitati si rende necessaria in media soltanto ogni tre anni. In occasione di simili revisioni è vantaggioso per una centrale disporre di più sezioni, in tal modo una parte dell'impianto può produrre elettricità anche quando l'altra è sottoposta a revisione ed è quindi fuori servizio per un determinato periodo di tempo.

In tutte le centrali EGL vengono impiegate turbine a gas del tipo V94.3A2 costruite dalla ditta italiana Ansaldo su licenza di Siemens. La turbina pesa circa 300 tonnellate e sviluppa una potenza elettrica nominale di 260 megawatt. A titolo di paragone, per produrre la stessa potenza ci vorrebbero circa 3.500 VW Golf.

1.3 Il ciclo del vapore acqueo: molto più di semplice aria calda

Un terzo della potenza elettrica complessiva proviene dalla [turbina a vapore \(punto 4 nell'illustrazione\)](#). Il circuito del vapore acqueo sfrutta l'energia termica dei fumi di scarico che andrebbe altrimenti dispersa durante

il processo che si svolge all'interno della turbina a gas. Con questo calore viene generato vapore acqueo che, attraverso una turbina a vapore, produce elettricità. Il ciclo del vapore acqueo è chiuso, ovvero l'acqua che viene riscaldata, fatta evaporare e infine viene riconvertita in acqua nel condensatore è sempre la stessa.

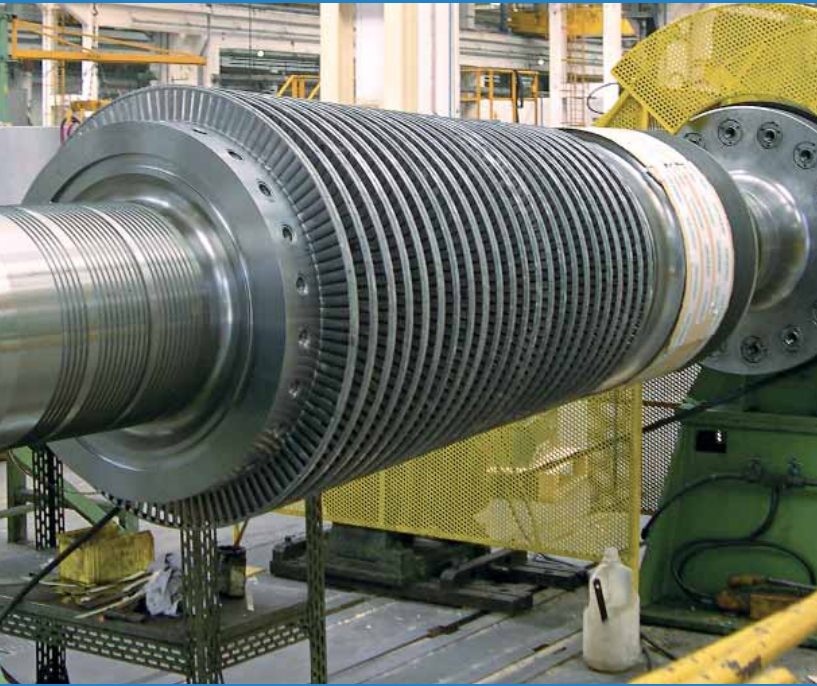
La [caldaia per il recupero del calore perso \(punto 3 nell'illustrazione\)](#) è una struttura grande e complessa composta da serbatoi di raccolta e fasci tubieri. Comprende tre settori in ognuno dei quali è presente una pressione diversa: una alta, una media e una bassa. La suddivisione in questi tre livelli di pressione consente uno sfruttamento ottimale dell'energia insita nei gas di scarico.

In tutte le centrali EGL, la caldaia ha un'altezza di 45 metri e una larghezza di 17 metri.

La [turbina a vapore \(punto 4 nell'illustrazione\)](#) è suddivisa, come la caldaia, in tre livelli: alta, media e bassa pressione. Il rispettivo settore della caldaia a vapore fornisce alla turbina il giusto tipo di vapore che viene quindi espanso nella turbina attraverso il passaggio a un livello di pressione inferiore. La turbina trasforma questa energia del vapore in un movimento rotatorio meccanico che è trasmesso al generatore, il quale la converte in corrente elettrica.

Le turbine a vapore di tutte le centrali elettriche EGL in Italia sono costruite dalla ditta Ansaldo su licenza di BBC (ABB).

1. COME FUNZIONA UNA CENTRALE A CICLO COMBINATO CON TURBINA A GAS?



1



2

- 1 – Rotore della turbina a vapore ad alta pressione
- 2 – Ventilatori del condensatore

1. COME FUNZIONA UNA CENTRALE A CICLO COMBINATO CON TURBINA A GAS?

La potenza nominale del generatore ammonta a 132 megawatt. Se anche in questo caso si effettua un confronto con le VW Golf, ne occorrerebbero 1.800 per produrre la stessa potenza.

Il **condensatore (punto 5 nell'illustrazione)** è, in virtù delle sue dimensioni, l'elemento più imponente della centrale. Il vapore lascia la turbina sottovuoto, vale a dire in depressione. Attraverso condotte del diametro di alcuni metri, esso viene convogliato nel condensatore con raffreddamento ad aria. Qui grandi ventilatori apportano aria ambiente che raffredda il vapore fino a ritrasformarlo in acqua attraverso un processo di condensazione. La pompa di alimentazione dell'acqua riporta questo condensato alla caldaia, dove il ciclo ricomincia da capo.

1.4 Il sistema ad alta tensione

La corrente alternata prodotta nell'impianto non può essere immagazzinata. Alle centrali occorre pertanto un sistema elettrico per la distribuzione della corrente ai consumatori. I trasformatori delle centrali convertono la corrente prodotta in modo tale che possa essere fatta confluire direttamente nella rete ad altissima tensione. Se il collegamento con tale rete viene interrotto, l'impianto viene automaticamente messo in sicurezza. Non

appena la rete elettrica è nuovamente disponibile e sussiste la necessità di corrente, la centrale si collega nuovamente alla rete e fornisce la potenza richiesta.

1.5 Il posto di comando: controllo e sicurezza

Il sistema di comando, ubicato nel locale di controllo primario dell'impianto, regola e controlla tutti i processi e le procedure nella centrale. Registra tutte le procedure e i dati importanti relativi ai processi e funge da strumento ausiliario in caso di interventi da parte del personale. Può inoltre effettuare autonomamente raffronti tra i valori effettivi e quelli previsti e reagire di conseguenza. Anche i costanti feedback forniti dai numerosi sensori installati nella centrale generano reazioni automatiche.

Di norma tutti i processi – dalla messa in funzione sino all'arresto dell'impianto – si svolgono in maniera completamente automatica. All'occorrenza il personale competente può intervenire in modo mirato e apportare dei miglioramenti.

Il sistema raccoglie e memorizza numerosi dati operativi importanti per lo svolgimento di analisi specifiche. La registrazione dei dati storici consente inoltre di stabilire con precisione le scadenze degli interventi di manutenzione e delle ispezioni.

2. QUALI SONO I VANTAGGI DI UNA CENTRALE A CICLO COMBINATO CON TURBINA A GAS?



1



2

2.1 La questione dell'efficienza

La **disponibilità** di un impianto è d'importanza fondamentale per la sua redditività: in che misura la centrale è operativa tenendo conto dei periodi di inattività previsti ed imprevisti? Se sottoposte a una manutenzione accurata, le centrali a ciclo combinato con turbina a gas possono raggiungere livelli di disponibilità molto elevati, superiori al 95%. In altri termini, esse sono collegate alla rete in media circa 345 giorni all'anno.

Le centrali a ciclo combinato con turbina a gas si distinguono da altri tipi di centrali per il loro elevato **rendimento**. Esse trasformano in elettricità l'energia somministrata sotto forma di gas naturale riducendo le perdite al minimo tecnico. Queste ultime non possono essere completamente evitate poiché gli attriti e la trasmissione termica comportano sempre una dispersione di energia. La turbina a gas presenta un rendimento pari al 35% circa. Il ciclo del vapore acqueo che vi è accoppiato incrementa considerevolmente il rendimento dell'intero impianto dato che sfrutta l'energia termica dei fumi della turbina a gas per produrre vapore e conseguentemente elettricità.

In tal modo gli impianti EGL in Italia raggiungono ottimi valori che si aggirano attorno al 56%. Di norma le centrali a carbone presentano valori inferiori del 10-15%. Il circuito di raffreddamento ad aria comporta un rendimento dell'impianto leggermente più basso rispetto a quello ad acqua, ma offre un'indipendenza maggiore nella gestione dell'impianto e salvaguarda le risorse idriche naturali.

La redditività non dipende tuttavia soltanto dalle caratteristiche dell'impianto. Anche l'**ubicazione** e la gestione professionale dello stesso rivestono un ruolo decisivo. Nella scelta dell'ubicazione è importante considerare la distanza rispetto alla linea ad altissima tensione (380 chilometri). Le distanze brevi consentono di contenere le perdite di trasmissione. È inoltre indispensabile che le capa-

Le linee verso i consumatori siano sufficienti. La connessione alla rete ad altissima tensione è importante quanto l'allacciamento alla rete di approvvigionamento del gas naturale. Le centrali elettriche sono pertanto posizionate in modo ottimale quando sono vicine sia alla rete ad altissima tensione che alla condotta di gas naturale.

Per poter garantire l'esercizio affidabile di una centrale è indispensabile disporre di **personale** esperto e adeguatamente formato. EGL attribuisce molta importanza a questo aspetto: assume i propri collaboratori con attenta selezione e garantisce loro un perfezionamento professionale costante finalizzato ai loro compiti specifici. I dipendenti EGL responsabili delle attività sul luogo dell'impianto assicurano la disponibilità dello stesso. Mentre le decisioni relative all'operatività della centrale e al volume di produzione sono prese dagli specialisti nella sede principale di EGL.

2.2 La questione dei costi

I costi d'investimento di un impianto a ciclo combinato con turbina a gas sono inferiori a quelli di centrali a carbone e di altri impianti termici convenzionali. Essi si attestano attorno a 0,6 milioni di euro per megawatt di potenza installata, mentre, ad esempio, quelli delle centrali a carbone ammontano al doppio. Ciò è dovuto al fatto che i componenti principali delle centrali a ciclo combinato con turbina a gas sono ampiamente standardizzati, per cui la costruzione può essere completata in soli due anni e mezzo circa. A seconda del tipo di impianto è addirittura possibile mettere in funzione in un primo momento soltanto la turbina a gas e proseguire nel contempo con i lavori di costruzione del ciclo del vapore acqueo. Questa soluzione consente all'investitore di ricavare utili dalla vendita di elettricità in tempi più brevi e di ottenere quindi

un rendimento migliore. Una centrale a ciclo combinato con turbina a gas ha una durata di vita di 25–30 anni, paragonabile quindi a quella di altri tipi di centrali.

I costi di produzione dell'elettricità, calcolati in euro per megawattora, dipendono in maniera sostanziale dai costi del combustibile. Con gli attuali prezzi del gas naturale (autunno 2006), il costo del combustibile può arrivare a incidere sui costi di produzione nella misura del 70%. In virtù di questa forte dipendenza è consigliabile impiegare le centrali a ciclo combinato con turbina a gas come centrali modulabili, ovvero centrali che sfruttano la propria flessibilità e sono operative soltanto quando i prezzi sul mercato dell'elettricità diventano economicamente interessanti.

Le dimensioni scelte per le sezioni di tutte le centrali EGL, ovvero 380 megawatt, permettono di conseguire interessanti economie di scala sui costi di produzione. Le unità più piccole richiedono maggiori costi d'investimento specifici e producono pertanto un minor profitto.

2.3 La moderna tecnologia di combustione: un vantaggio concreto

Le centrali a ciclo combinato con turbina a gas emettono gas e effetto serra. Rispetto a tutti gli altri impianti a produzione termica fossile che vertono su processi di combustione, gli impianti a gas naturale emettono il minor quantitativo di diossido di carbonio e di ossidi d'azoto (NOx). Le emissioni prodotte dalle centrali a carbone, ad esempio, sono pari al doppio. Il gas naturale è considerato un combustibile relativamente pulito. Il costante monitoraggio del processo di combustione consente inoltre di controllare e ridurre al minimo le emissioni.

