

CAPITOLO 8

COGENERAZIONE

COGENERAZIONE

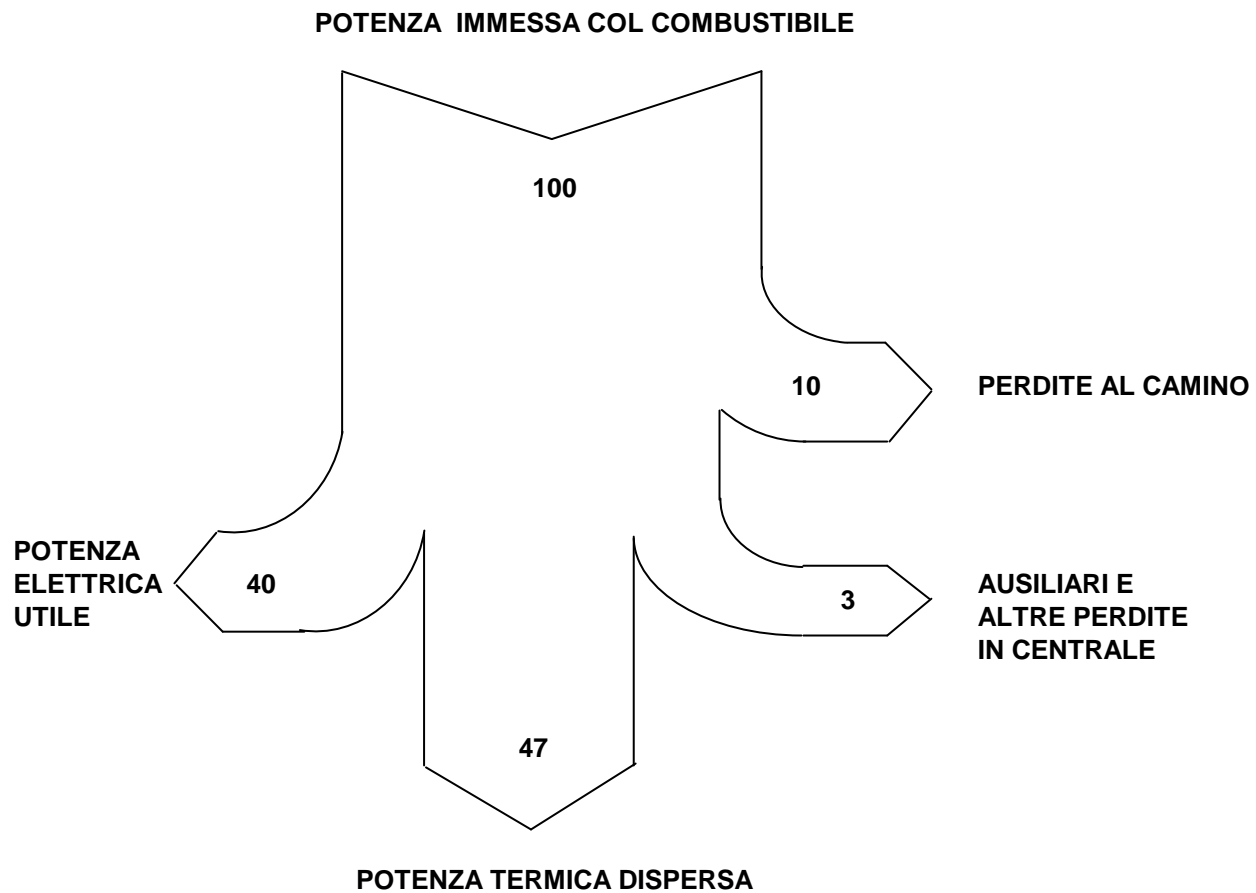
PRODUZIONE CONTEMPORANEA DI ENERGIA ELETTRICA E CALORE

UNA CENTRALE TERMOELETTRICA CHE PRODUCE CONTEMPORANEAMENTE ENERGIA ELETTRICA E CALORE VIENE DEFINITA "CENTRALE DI COGENERAZIONE" O "COGENERATIVA"

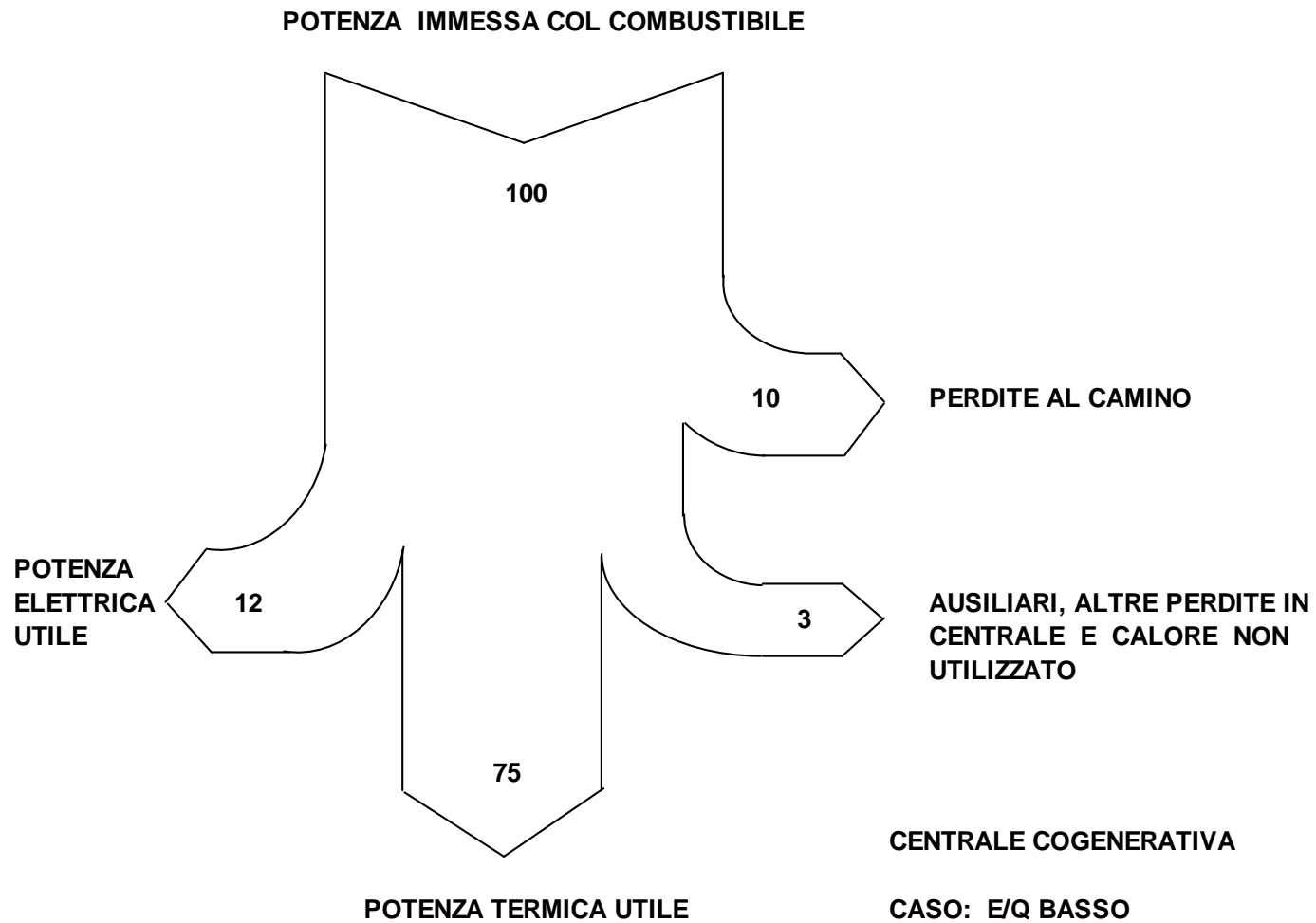
LA COGENERAZIONE E' POSSIBILE CON CENTRALI TERMOELETTRICHE BASATE SUI SEGUENTI MOTORI PRIMI:

- TURBINA A VAPORE
- TURBINA A GAS
- MOTORI ALTERNATIVI A COMBUSTIONE INTERNA
- CICLI COMBINATI TURBINA A GAS + TURBINA A VAPORE

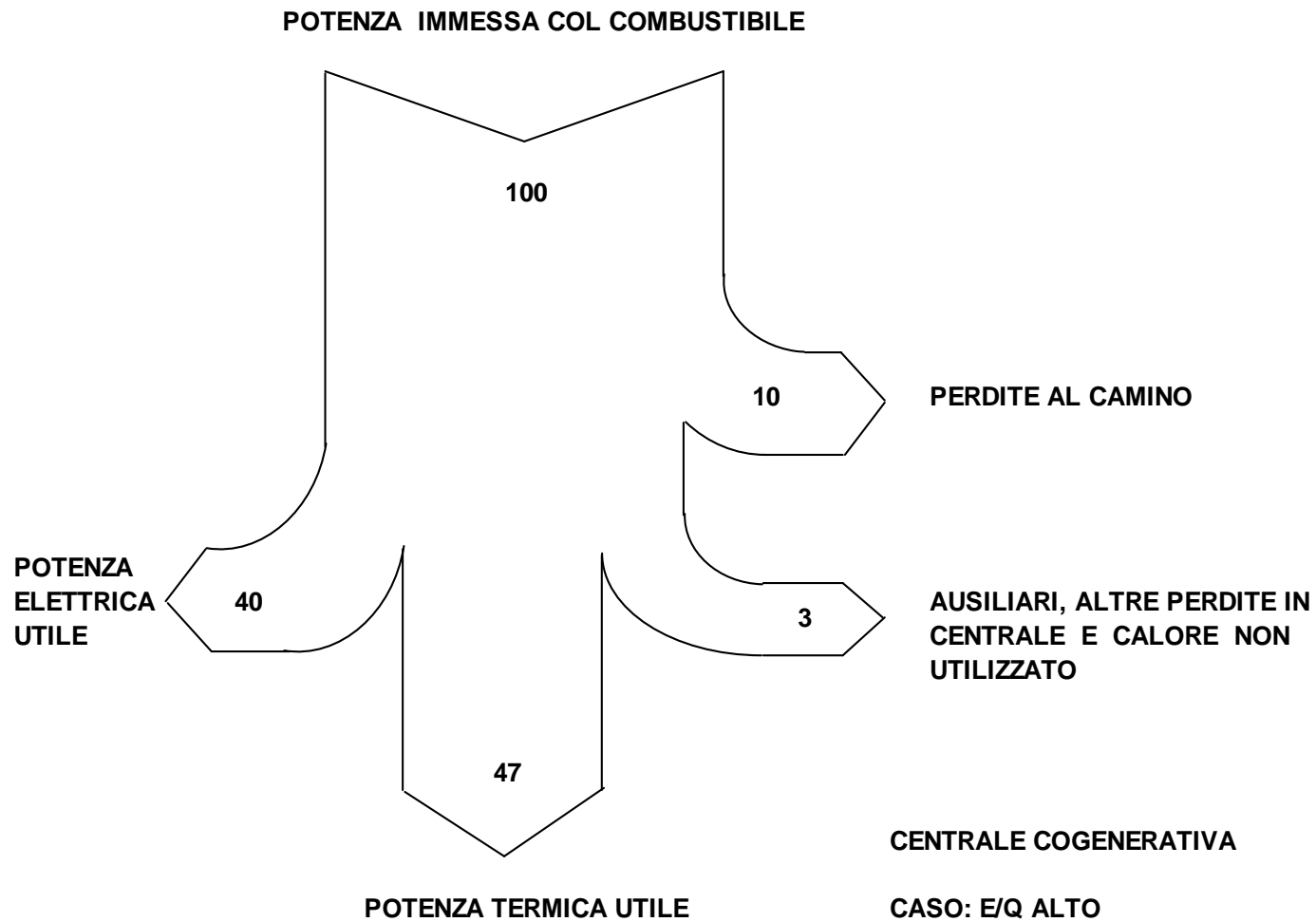
SCOPO DELLA COGENERAZIONE E' OTTENERE RENDIMENTI COMPLESSIVI DI UTILIZZAZIONE DEL COMBUSTIBILE PIU' ELEVATI DI QUANTO NON SIA CONSENTITO CON LA GENERAZIONE ELETTRICA PURA



**DIAGRAMMA-FIUME (SANKEY) DELL'ENERGIA
PER UNA CENTRALE TERMOELETTRICA CONVENZIONALE**



**DIAGRAMMA-FIUME (SANKEY) DELL'ENERGIA PER UNA CENTRALE COGENERATIVA
CASO 1: E/Q BASSO**



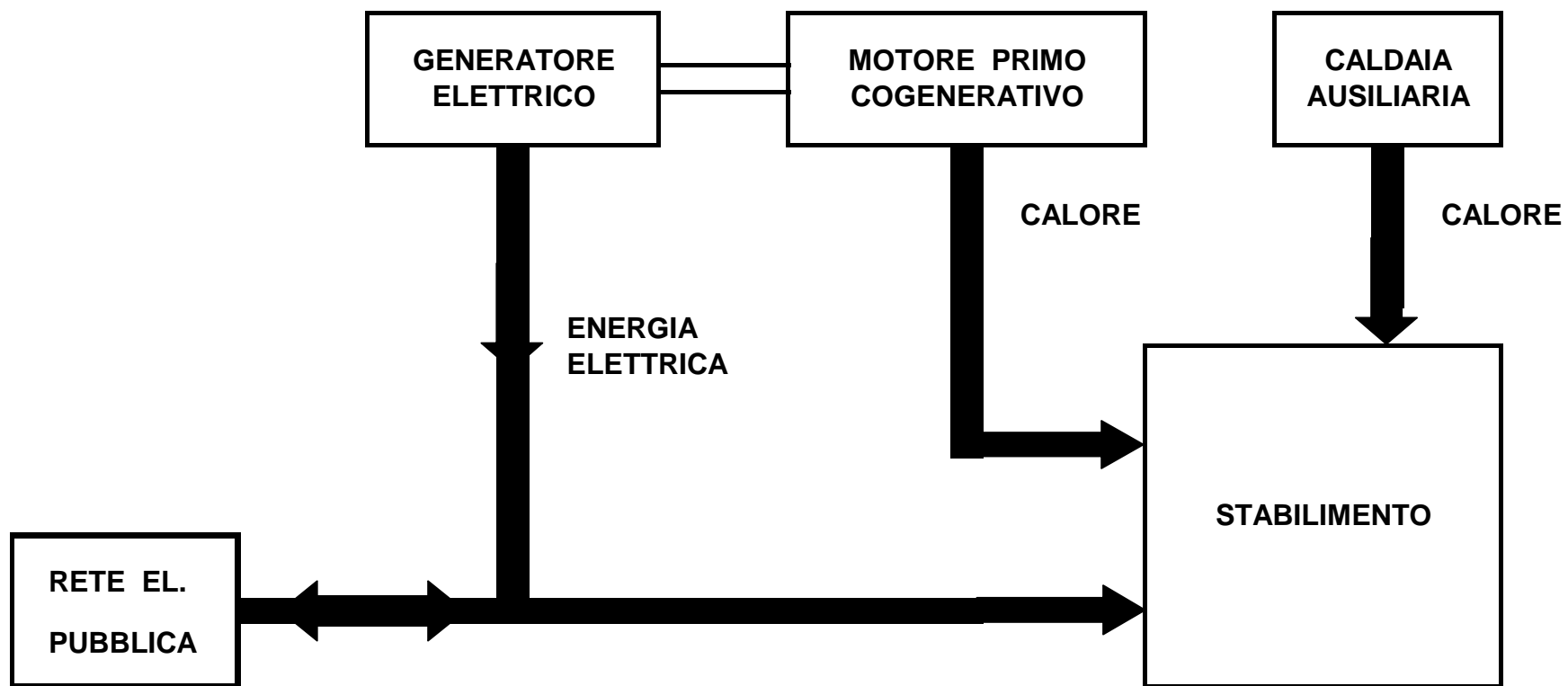
**DIAGRAMMA-FIUME (SANKEY) DELL'ENERGIA PER UNA CENTRALE COGENERATIVA
CASO 2: E/Q ALTO**

SCHEMA DI PRINCIPIO DI UN IMPIANTO DI COGENERAZIONE

IL SISTEMA ELETTRICO CONNESSO ALL'IMPIANTO DI COGENERAZIONE E' COLLEGATO IN PARALLELO CON LA RETE PUBBLICA (ENEL, AZIENDE MUNICIPALIZZATE) E L'ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA PUO' ESSERE SCAMBIATA NEI DUE SENSI CON QUEST'ULTIMA, SVINCOLANDO L'ANDAMENTO DELLA PRODUZIONE ELETTRICA DELL'IMPIANTO DALL'ANDAMENTO DEI FABBISOGNI DELL'UTENZA

IL SISTEMA TERMICO DELL'IMPIANTO DI COGENERAZIONE E' SEMPRE COMPLETATO DA UNA PIU' CALDAIE DI TIPO CONVENZIONALE, CHE SVOLGONO FUNZIONE DI INTEGRAZIONE (QUANDO L'ASSORBIMENTO DELL'UTENZA SUPERA LA POTENZA TERMICA PRODUCIBILE IN COGENERAZIONE) O RISERVA RISPETTO AL SISTEMA COGENERATIVO

SCHEMA DI PRINCIPIO DI UN IMPIANTO DI COGENERAZIONE



SCELTA DELL'IMPIANTO DI COGENERAZIONE IN BASE ALLE CARATTERISTICHE DELL'UTENZA

OGNI IMPIANTO DI COGENERAZIONE, IN FUNZIONE DEL TIPO DI MOTORE PRIMO E DELLE SOLUZIONI IMPIANTISTICHE ADOTTATE, E' CARATTERIZZATO DA UN BEN DETERMINATO RAPPORTO E/Q

- E = ENERGIA ELETTRICA PRODUCIBILE
- Q = CALORE RECUPERABILE

ANCHE L'UTENZA DELL'IMPIANTO E' CARATTERIZZATA DA UN PROPRIO VALORE DEL RAPPORTO E/Q

- E = ENERGIA ELETTRICA ASSORBITA
- Q = CALORE CONSUMATO

L'IMPIANTO DI COGENERAZIONE DEVE ESSERE PROGETTATO IN MODO CHE IL SUO E/Q SI AVVICINI IL PIU' POSSIBILE AL RAPPORTO E/Q DELL'UTENZA A REGIME E, COMUNQUE, E/Q DELL'IMPIANTO DEVE SEMPRE ESSERE MAGGIORE DI QUELLO DELL'UTENZA

SCELTA DELL'IMPIANTO DI COGENERAZIONE IN BASE ALLE CARATTERISTICHE DELL'UTENZA

NELLE GRANDI UTENZE, L'ENERGIA ELETTRICA E' NORMALMENTE VALORIZZATA A PREZZI PIU' ALTI RISPETTO AL CALORE

SI CERCA QUINDI DI OTTIMIZZARE IL DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO IN FUNZIONE DEGLI ASSORBIMENTI ELETTRICI DELL'UTENZA, E SOLO SECONDARIAMENTE IN BASE AI FABBISOGNI TERMICI DELL'UTENZA (SI DEVE EVITARE DI AVERE UN ECCESSIVO SPRECO DI CALORE COGENERATO E NON UTILIZZABILE)

GESTIONE DELL'IMPIANTO DI COGENERAZIONE IN BASE ALLE CURVE DI CARICO DELL'UTENZA

L'ENERGIA ELETTRICA VIENE GENERALMENTE AUTOPRODOTTA PER AUTOCONSUMO, SUL LUOGO STESSO DI PRODUZIONE O IN LUOGHI REMOTI (VETTORIAMENTO)

E' PERO' POSSIBILE, MA MENO REMUNERATIVA, ANCHE LA CESSIONE (IN TUTTO O IN PARTE) DELL'ENERGIA ELETTRICA ALLA RETE PUBBLICA

NEL CASO DI AUTOCONSUMO, LA POSSIBILITA' DI SCAMBIARE ENERGIA ELETTRICA CON LA RETE NEI DUE VERSI CONSENTE, ENTRO CERTI LIMITI, DI SVINCOLARE L'ANDAMENTO TEMPORALE DELLA PRODUZIONE DI ENERGIA DA QUELLO DEL CONSUMO

GESTIONE DELL'IMPIANTO DI COGENERAZIONE IN BASE ALLE CURVE DI CARICO DELL'UTENZA

L'UTENZA POTRA' AVERE VARIAZIONI ANCHE SIGNIFICATIVE DEL PROPRIO RAPPORTO E/Q IN FUNZIONE DI MOLTI FATTORI (ORA DEL GIORNO, GIORNO DELLA SETTIMANA, STAGIONE DELL'ANNO, SVILUPPO DELLA PRODUZIONE, ECC.)

VANNO PREVISTE E GESTITE LE SEGUENTI CONDIZIONI OPERATIVE PER LA CENTRALE DI PRODUZIONE:

- ESUBERO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA
- DEFICIT DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA
- ESUBERO DI PRODUZIONE DI CALORE
- DEFICIT DI PRODUZIONE DI CALORE.

GESTIONE OPERATIVA DI UN IMPIANTO DI COGENERAZIONE ENERGIA ELETTRICA

ESUBERO DI PRODUZIONE ELETTRICA

L'ESUBERO VIENE RIVERSATO SULLA RETE ELETTRICA PUBBLICA –
ALLO STATO ATTUALE, PUO' AVERE DUE UTILIZZI:

VETTORIAMENTO VERSO UN'ALTRA UTENZA CHE APPARTIENE AL
PROPRIETARIO DELL'IMPIANTO

VENDITA AD UN ALTRO SOGGETTO (TRAMITE APPOSITO
CONTRATTO)

DEFICIT DI PRODUZIONE ELETTRICA

L'ENERGIA ELETTRICA MANCANTE PER L'UTENZA VIENE
APPROVVIGIONATA DALLA RETE, MEDIANTE APPOSITO CONTRATTO
DA STIPULARE CON UN PRODUTTORE / DISTRIBUTORE

GESTIONE OPERATIVA DI UN IMPIANTO DI COGENERAZIONE CALORE

ESUBERO DI PRODUZIONE DI CALORE

NORMALMENTE, IL CALORE IN ESUBERO PRODOTTO DALL'IMPIANTO DI COGENERAZIONE VIENE EVACUATO ALL'AMBIENTE ESTERNO SE E' DISPONIBILE UN SISTEMA DI ACCUMULO DI CALORE (CASO MOLTO RARO) E NEI LIMITI DELLA CAPACITA' DI QUESTO, L'ESUBERO DI CALORE PUO' ESSERE STOCCATO PER UN SUCCESSIVO UTILIZZO NEI MOMENTI DI PUNTA DEL CARICO TERMICO

DEFICIT DI PRODUZIONE DI CALORE

IL DEFICIT DI ENERGIA TERMICA VIENE SODDISFATTO MEDIANTE L'IMPIEGO DI CALDAIE SEMPLICI DI INTEGRAZIONE INSTALLATE PRESSO L'UTENZA

GESTIONE OPERATIVA DI UN IMPIANTO DI COGENERAZIONE

QUANTO DESCRITTO MOSTRA CHE L'ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA TROVA SEMPRE COMPLETO UTILIZZO E, QUINDI, LE SITUAZIONI IN CUI E/Q DELL'IMPIANTO SUPERA QUELLO DELL'UTENZA NON COMPORTANO SPRECHI ENERGETICI

SE INVECE E/Q DELL'IMPIANTO E' INFERIORE A QUELLO DELL'UTENZA, SI PUO' AVERE ESUBERO DI CALORE, CHE NORMALMENTE VIENE EVACUATO, CON SPRECO ENERGETICO

PER QUESTO, NELLA SCELTA DEL TIPO DI IMPIANTO SI CERCA DI EVITARE QUESTO SECONDO CASO

MODALITA' DI GESTIONE DI UN IMPIANTO DI COGENERAZIONE

CARICO ELETTRICO COMANDA

VIENE PREFISSATA LA POTENZA ELETTRICA CHE DEVE ESSERE PRODOTTA DALL'IMPIANTO, SECONDO UNO DI QUESTI CRITERI:

- SEGUIRE IL CARICO ELETTRICO DELL'UTENZA
- FUNZIONARE A MASSIMO CARICO E VENDERE ALLA RETE L'ESUBERO L' ENERGIA TERMICA COGENERATA E' UNA CONSEGUENZA DEL CARICO ELETTRICO, IN FUNZIONE DEL RAPPORTO E/Q DELL'IMPIANTO

POTREBBERO VERIFICARSI CASI DI ESUBERO DI CALORE E SUA EVACUAZIONE

CARICO TERMICO COMANDA

VIENE PREFISSATA LA POTENZA TERMICA DA COGENERARE, SULLA BASE DELLE ESIGENZE ISTANTANEE DELL'UTENZA

LA POTENZA ELETTRICA SEGUE, IN FUNZIONE DEL RAPPORTO E/Q DELL'IMPIANTO

GLI SBILANCIAMENTI RISPETTO AI FABBISOGNI ELETTRICI DELL'UTENZA VENGONO COMPENSATI DALLA RETE

VALUTAZIONE DELLA CONVENIENZA AD INSTALLARE UN'IMPIANTO DI COGENERAZIONE

SI DEVONO ESEGUIRE I SEGUENTI PASSI:

- SCELTA DEL TIPO DI MOTORE PRIMO PIU' IDONEO
- DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO E VALUTAZIONE DEL COSTO D'INVESTIMENTO
- SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO DEL SISTEMA SULLA BASE DELLE CURVE DI DURATA DEI CARICHI ELETTRICI E TERMICI E DETERMINAZIONE DELLE ENERGIE ANNUE PRODUCIBILI E CONSUMATE DALL'IMPIANTO
- DETERMINAZIONE DEI FLUSSI DI CASSA ANNUI, IN BASE ALLE ENERGIE IN GIOCO ED AI RISPETTIVI PREZZI DI VALORIZZAZIONE
- VALUTAZIONE DI CONVENIENZA, MEDIANTE CONFRONTO FRA IL COSTO D'INVESTIMENTO ED IL MARGINE OPERATIVO LORDO

VALORIZZAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA PRODOTTA DA UN'IMPIANTO DI COGENERAZIONE

SI EFFETTUA SEMPRE IN BASE AL CRITERIO DEL COSTO EVITATO:

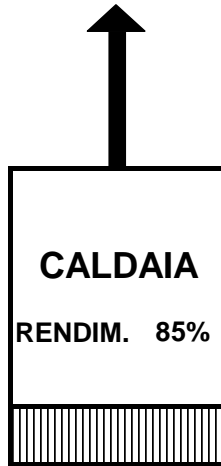
- CALCOLO DEL CALORE DA IMMETTERE IN CALDAIA (IN BASE AL RENDIMENTO DI CALDAIA) PER OTTENERE 1 kWh DI ENERGIA TERMICA NETTA
- CALCOLO DEL QUANTITATIVO DI COMBUSTIBILE DA IMMETTERE IN CALDAIA (IN BASE AL SUO POTERE CALORIFICO) PER OTTENERE IL CALORE SOPRA CALCOLATO
- CALCOLO DEL COSTO DI QUESTO QUANTITATIVO DI COMBUSTIBILE, IN BASE AL SUO PREZZO UNITARIO

QUESTO E' IL VALORE DEL SINGOLO kWh DI ENERGIA TERMICA CHE LA COGENERAZIONE PRODUCE E FORNISCE ALL'UTENZA

BILANCIO ECONOMICO DEL FUNZIONAMENTO DI UNA CALDAIA

TARIFE DEL GAS USO CIVILE

ENERGIA TERMICA



1 kWh = 0,0735 Euro

IL PREZZO DEL GAS E' SEMPRE GRAVATO DALL'IVA

LA TARIFFA USO CIVILE QUI CONSIDERATA INCLUDE ANCHE L'IVA, PERCHE' RESTA A CARICO DELL'UTENTE

1,176 kWh = 0,1225 Sm³ = 0,0735 Euro

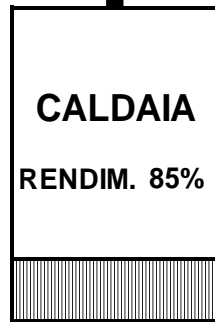
GAS	PREZZO UNITARIO	0,60 Euro / Sm ³
	POTERE CALORIFICO	9,60 kWh / Sm ³
	CONSUMO CALORE: $1 / 85\% =$	1,176 kWh
	CONSUMO GAS : $1,176 / 9,6 =$	0,123 Sm ³

**BILANCIO ECONOMICO DEL FUNZIONAMENTO DI UNA CALDAIA
TARIFE DEL GAS USO INDUSTRIALE**

ENERGIA TERMICA

1 kWh = 0,0368 Euro

**IL PREZZO DEL GAS E' SEMPRE
GRAVATO DALL'IVA**



**LA TARIFFA USO INDUSTRIALE QUI
CONSIDERATA E' DEPURATA
DALL'IVA, PERCHE' L'UTENTE
PUO' RECUPERARLA
FISCALMENTE**

1,176 kWh = 0,1225 Sm3 = 0,0368 Euro

GAS

PREZZO UNITARIO	0,30 Euro / Sm3
POTERE CALORIFICO	9,60 kWh / Sm3
CONSUMO CALORE: 1 / 85% =	1,176 kWh
CONSUMO GAS : 1,176 / 9,6 =	0,123 Sm3

VALORIZZAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA PRODOTTA DA CALDAIE

IL PREZZO DI VALORIZZAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA PER LE UTENZE CIVILI E' MOLTO SUPERIORE A QUELLO PER LE UTENZE INDUSTRIALI, SIA PER IL DIVERSO PREZZO DEL GAS, SIA PER LA POSSIBILITA', DA PARTE DELLE UTENZE INDUSTRIALI, DI SCARICARE L'IVA GRAVANTE SUL COSTO DEL COMBUSTIBILE

NORMALMENTE PERO' LA CENTRALE DI COGENERAZIONE (QUALUNQUE SIA L'USO FINALE DEL CALORE) SI CONFIGURA COME UN'UTENZA INDUSTRIALE, PER CUI IL VALORE DEL CALORE COGENERATO, VALUTATO COL CRITERIO DEL COSTO EVITATO, E' QUELLO CALCOLATO PER UTENZE INDUSTRIALI

VALORIZZAZIONE DELL'ENERGIA TOTALE PRODOTTA DA UN'IMPIANTO DI COGENERAZIONE

L'IMPIANTO PRODUCE 3 FORME DI ENERGIA CHE VENGONO VALORIZZATE:

- ENERGIA ELETTRICA FORNITA ALL'UTENZA, VALORIZZATA IN BASE AL PREZZO A CUI L'UTENZA ACQUISTEREBBE ENERGIA DALLA RETE (DIVERSO PER FASCIA ORARIA)
- EVENTUALE ENERGIA ELETTRICA FORNITA ALLA RETE, VALORIZZATA IN BASE AL PREZZO (MINORE DI QUELLO SOPRA CITATO) CONCORDATO PER LA CESSIONE (DIVERSO PER FASCIA ORARIA)
- ENERGIA TERMICA FORNITA ALL'UTENZA, VALORIZZATA IN BASE AL PREZZO DEFINITO PRECEDENTEMENTE COL COSTO EVITATO.

TUTTA L'ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA VIENE VALORIZZATA, MENTRE PER L'ENERGIA TERMICA SI VALORIZZA SOLO LA QUOTA (DI CIO' CHE LA COGENERAZIONE PRODUCE) CHE VIENE EFFETTIVAMENTE ASSORBITA DALL'UTENZA

COSTO DI ESERCIZIO DI UN'IMPIANTO DI COGENERAZIONE

SI CALCOLA IL COSTO NECESSARIO PER PRODURRE UN SINGOLO kWh DI ENERGIA ELETTRICA. SI SOMMANO DUE VOCI:

- **COSTO DEL COMBUSTIBILE:**
 - CALCOLO DEL CALORE DA IMMETTERE NELL'IMPIANTO (IN BASE AL RENDIMENTO ELETTRICO) PER OTTENERE 1 kWh DI ENERGIA ELETTRICA
 - CALCOLO DEL QUANTITATIVO DI COMBUSTIBILE DA IMMETTERE (IN BASE AL SUO POTERE CALORIFICO) PER OTTENERE IL CALORE SOPRA CALCOLATO
 - CALCOLO DEL COSTO DI QUESTO QUANTITATIVO DI COMBUSTIBILE, IN BASE AL SUO PREZZO UNITARIO
- **COSTO DELLE MANUTENZIONI:** NORMALMENTE ESISTONO PARAMETRI CHE CONSENTONO DI STIMARE L'INCIDENZA DEL COSTO ANNUO SULL'ENERGIA PRODOTTA, OTTENENDO L'INCIDENZA IN EURO/kWh

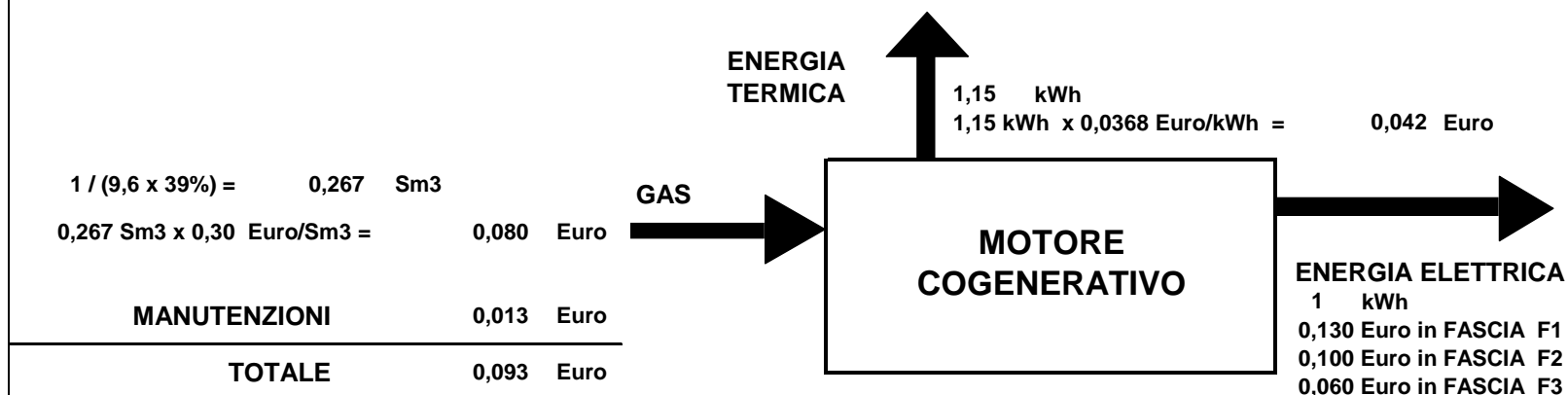
LA SOMMA DELLE DUE VOCI DA' IL COSTO DA SOPPORTARE PER PRODURRE UN SINGOLO kWh DI ENERGIA ELETTRICA

BILANCIO ECONOMICO DI ESERCIZIO DI UN'IMPIANTO DI COGENERAZIONE

SI CALCOLA IL MARGINE OPERATIVO LORDO, COME DIFFERENZA FRA I RICAVI E I COSTI ISTANTANEI. CON RIFERIMENTO AD UN SINGOLO kWh ELETTRICO PRODOTTO:

- ENERGIA ELETTRICA: VALUTARE LA QUOTA PARTE FORNITA ALL'UTENZA E QUELLA ALLA RETE
- ENERGIA TERMICA: VALUTARE QUANTA ENERGIA TERMICA SI PUO' PRODURRE, A FRONTE DI 1 kWh ELETTRICO (DIPENDE DAL RAPPORTO E/Q DELL'IMPIANTO) E POI CONSIDERARE SOLO LA QUOTA PARTE REALMENTE ASSORBITA DALL'UTENZA (UNA PARTE POTREBBE RIMANERE INUTILIZZATA)
- COSTO DI ESERCIZIO: PROCEDERE COME SOPRA DESCRITTO E CALCOLARE IL COSTO PER PRODURRE 1 kWh DI ENERGIA ELETTRICA

ESEMPIO DI BILANCIO ECONOMICO DI UN GRUPPO DI COGENERAZIONE IN FUNZIONE A CARICO 100%



VALUTAZIONE ECONOMICA QUANDO IL MOTORE PRODUCE 1 kWh				
Fascia oraria	Costo gas + manut. Euro	Valore En.elettrica Euro	Valore En.termica Euro (*)	Limite oscillazione valore energia prodotta
F1	0,093	0,130	0,042	0,130 - 0,172 (a)
F2	0,093	0,100	0,042	0,100 - 0,142 (a)
F3	0,093	0,060	0,042	0,060 - 0,102 (b)

(*) - quando utilizzata interamente

In base ai rendimenti, quando il motore produce 1 kWh elettrico, restano determinanti anche gli altri flussi energetici. Le ipotesi per il confronto sono:

- in tutte le condizioni il motore funziona sempre a carico 100%
- tutta l'energia elettrica prodotta è assorbita dall'utenza, a prezzo diverso a seconda della fascia oraria
- lo schema a blocchi mostra il calore cogenerato disponibile a carico 100%.
- l'utenza utilizzerà il calore, in tutto o in parte, a seconda delle proprie esigenze istantanee
- la tabella mostra il range di oscillazione del ricavato da energia elettrica + calore, fra i due limiti:
 - minimo = nessun utilizzo del calore disponibile
 - massimo = utilizzo totale del calore disponibile

- (a) Nelle fasce F1 e F2 conviene funzionare a carico 100% indipendentemente dall'utilizzo o meno dell'energia termica cogenerata perché il valore del kWh dell'energia elettrica è superiore al costo del gas+manutenzioni
- (b) Nella fascia F3 il funzionamento del motore cogenerativo risulta conveniente solo se l'energia termica cogenerata viene utilizzata quasi integralmente, cioè il suo ricavato deve essere almeno 0,033 Euro su un massimo possibile di 0,042. Comunque anche il guadagno con utilizzo completo risulta molto limitato

BILANCIO ECONOMICO DI ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI COGENERAZIONE

E' PARTICOLARMENTE IMPORTANTE LA VARIABILITA' DEL PREZZO DI VALORIZZAZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA, A SECONDA DI:

- FASCIA ORARIA
- SE L'ENERGIA STESSA E' UTILIZZATA DIRETTAMENTE DALL'UTENZA, OPPURE E' CEDUTA ALLA RETE (IN QUESTO CASO, IL PREZZO E' PIU' BASSO)

SE UNA QUOTA DI ENERGIA VIENE CEDUTA, IL RAGIONAMENTO PRECEDENTE DEVE ESSERE RIPETUTO, PRIMA PER LA QUOTA DIRETTAMENTE UTILIZZATA, POI PER QUELLA CEDUTA

COGENERAZIONE: TIPOLOGIE DI MOTORI PRIMI

TURBINE A VAPORE

TURBINE A GAS

CICLO COMBINATO (TG + TV)

MOTORI ALTERNATIVI (CICLO DIESEL O OTTO)

TUTTE QUESTE TIPOLOGIE POSSONO ESSERE UTILIZZATE PER IMPIANTI DI COGENERAZIONE SIA PER USO INDUSTRIALE CHE PER TELERISCALDAMENTO E SONO POSSIBILI:

- IMPIANTI COMPLETAMENTE COGENERATIVI
- IMPIANTI MISTI

COGENERAZIONE: TURBINE A VAPORE IMPIANTI COMPLETAMENTE COGENERATIVI

IMPIANTI A CONTROPRESSIONE: UTILIZZANO DIRETTAMENTE IL VAPORE PRELEVATO ALL'USCITA DELLA TURBINA (AD UNA PRESSIONE DELL'ORDINE DI QUALCHE BAR) PER COPRIRE I FABBISOGNI DI UTENZE INDUSTRIALI

IMPIANTI A CONDENSATORE CALDO: UTILIZZANO IL VAPORE (PRELEVATO DALLA TURBINA AD UNA PRESSIONE DELL'ORDINE DI 1 BAR ASS. O POCO PIÙ) PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA O SURRISCALDATA DESTINATA A PARTICOLARI UTENZE (PER ESEMPIO, RETI DI TELERISCALDAMENTO)

I DUE SISTEMI POSSONO ANCHE ESSERE PRESENTI CONTEMPORANEAMENTE (PERCHE' CI SONO UTENZE DI VAPORE E UTENZE DI ACQUA CALDA)

COGENERAZIONE: TURBINE A VAPORE IMPIANTI MISTI

OLTRE AI DUE SISTEMI COGENERATIVI (SPILLAMENTO DI VAPORE E CONDENSATORE CALDO PER PRODURRE ACQUA CALDA) E' ANCHE POSSIBILE INSERIRE UN CONDENSATORE FREDDO (CIOE' UN CONDENSATORE DI UNA NORMALE CENTRALE ELETTRICA, A CIRCA 30°C), PER PRODURRE PIU' ENERGIA ELETTRICA RISPETTO A QUELLA CHE SI OTTERREBBE IN BASE AL RAPPORTO E/Q DELL'UTENZA (IL CONDENSATORE FREDDO FA AUMENTARE E/Q DELLA CENTRALE)

COGENERAZIONE: TURBINE A VAPORE REGOLAZIONE

SISTEMI COMPLETAMENTE COGENERATIVI

POSSONO ESSERE REGOLATI SOLO CON MODALITA' "CARICO TERMICO COMANDA" (NELLA TURBINA PASSA SOLO IL VALORE RICHIESTO DALLE UTENZE E/O DAL CONDENSATORE CALDO)

SISTEMI MISTI (CON CONDENSATORE FREDDO)

AL CONDENSATORE FREDDO PUO' ESSERE INVIATO L'ECESSO DI VAPORE (RISPETTO AL FABBISOGNO DELLE UTENZE) PRODUCIBILE DAL GENERATORE DI VAPORE ALLA PROPRIA MASSIMA POTENZIALITÀ
SI PUO' QUINDI AVERE UNA REGOLAZIONE MISTA, VARIANDO LA PRODUZIONE ELETTRICA SEPARATAMENTE DA QUELLA TERMICA
PIU' E' BASSO IL CARICO TERMICO, PIU' E' ALTO L'ECESSO DI VAPORE SUDDETTO, ED AUMENTA LA POSSIBILITA' DI DIFFERENZIARE I DUE TIPI DI PRODUZIONE

COGENERAZIONE: TURBINE A GAS

SI EFFETTUA RECUPERANDO IL CALORE CHE I GAS DI SCARICO DALLA TURBINA POSSEGGONO PER EFFETTO DELLA TEMPERATURA MOLTO ELEVATA, PER RISCALDARE FLUIDI DA IMPIEGARE IN ALTRI IMPIANTI

LA TEMPERATURA MOLTO ELEVATA DEI GAS DI SCARICO CONSENTE IL LORO IMPIEGO IN COGENERAZIONE ANCHE PER UTENZE CHE RICHIEDONO CALORE A TEMPERATURA ELEVATA (SI PUO' PRODURRE OLIO DIATERMICO, VAPORE, ACQUA SURRISCALDATA O CALDA)

IL PRELIEVO TERMICO NON INFLUENZA LA PRODUZIONE ELETTRICA, PER CUI LA REGOLAZIONE E' ABBASTANZA INDIPENDENTE (NEI LIMITI DEL FATTO CHE, RIDUCENDO IL CARICO ELETTRICO, SI RIDUCE ANCHE LA DISPONIBILITA' TERMICA)

COGENERAZIONE: MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA

POSSONO ESSERE UTILIZZATI:

- MOTORI A CICLO OTTO (ALIMENTATI A GAS NATURALE)
- MOTORI A CICLO DIESEL (ALIMENTATI A GASOLIO O OLIO COMBUSTIBILE).

I MOTORI A CICLO OTTO SONO SPESSO PREFERITI PER IL MINOR COSTO SPECIFICO DEL GAS NATURALE E SONO DISPONIBILI PER TAGLIE DI IMPIANTO SOLO MEDIO-PICCOLE (POTENZA ELETTRICA FINO A CIRCA 15 MW)

PER TAGLIE SUPERIORI SI UTILIZZANO MOTORI A CICLO DIESEL, CHE NEGLI ULTIMI ANNI HANNO TROVATO UN NUOVO TIPO DI IMPIEGO, PER LA POSSIBILITA' DI USARE COME COMBUSTIBILE L'OLIO VEGETALE (FONTE RINNOVABILE)

COGENERAZIONE: MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA

IL CALORE SI RECUPERA IN DUE MODI:

- DALL'ACQUA DEL SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO, PER PRODURRE ACQUA CALDA, AD UNA TEMPERATURA MASSIMA DI CIRCA 85°C
- DAI GAS DI SCARICO, CHE HANNO UNA TEMPERATURA MOLTO ELEVATA, PER CUI È POSSIBILE PRODURRE FLUIDI AD ELEVATO LIVELLO TERMICO (IN GENERE, VAPORE). SE L'UNICO FLUIDO RICHIESTO È ACQUA CALDA, CON UN UNICO CIRCUITO SI RECUPERA IL CALORE, IN SERIE, PRIMA DAL SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO E POI DAI GAS DI SCARICO

IL RECUPERO DI CALORE NON INFLUENZA LA PRODUZIONE ELETTRICA E QUINDI LA REGOLAZIONE E' SIMILE A QUELLA DELLE TURBINE A GAS

COGENERAZIONE

IMPLICAZIONI SULLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

NEL CASO DI IMPIANTI CON TURBINA A GAS E CON MOTORI ALTERNATIVI A COMBUSTIONE INTERNA, IL RECUPERO E L'UTILIZZO DEL CALORE DI SCARICO NON INCIDE ASSOLUTAMENTE SULLA PRODUZIONE ELETTRICA, PERCHE' AVVIENE AL DI FUORI DEL CICLO TERMODINAMICO, SENZA ALTERARLO IN NESSUNA PARTE

NEL CASO DI TURBINA A VAPORE IL RECUPERO DI CALORE COMPORTA UNA RIDUZIONE DELLA PRODUZIONE ELETTRICA A PARITA' DI ENERGIA TERMICA ENTRANTE NEL CICLO (RIDUZIONE DEL RENDIMENTO ELETTRICO), PERCHE' IL VAPORE VIENE ESTRATTO DALLA TURBINA A PRESSIONE PIU' ELEVATA RISPETTO AD UN CICLO NON COGENERATIVO

TALE RIDUZIONE E' TANTO MAGGIORE, QUANTO MAGGIORE E' LA TEMPERATURA A CUI E' RICHIESTO IL CALORE DA PARTE DELL'UTENZA

COGENERAZIONE

CONFRONTO DI PRESTAZIONI FRA VARI MOTORI PRIMI

SIMBOLOGIA

E = ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA

Q_r = CALORE RECUPERATO

Q_e = CALORE ENTRANTE NEL CICLO

η_{ee} = E/Q_e = RENDIMENTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA

η_{th} = Q_r/Q_e = RENDIMENTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA TERMICA

$$\eta = \eta_{ee} + \eta_{th} = \frac{E + Q_r}{Q_e}$$

COGENERAZIONE

CONFRONTO DI PRESTAZIONI FRA VARI MOTORI PRIMI

MOTORE PRIMO	CICLO NON COGEN. $\eta_{ee} = \eta_{tot}$	CICLO COGENERATIVO			
		η_{ee}	η_{th}	η_{tot}	E/Q
TURBINA A VAPORE	0,30÷0,43	0,12÷0,30	0,40÷0,70	0,70÷0,85	0,20÷0,60
TURBINA A GAS	0,25÷0,42	0,25÷0,42	0,40÷0,60	0,70÷0,85	0,40÷1,00
MOTORI ALTERNATIVI	0,33÷0,45	0,33÷0,45	0,40÷0,50	0,75÷0,85	0,65÷1,00
TURBINA A GAS + TURBINA A VAPORE (CICLO COMBINATO)	0,43÷0,55	0,35÷0,50	0,20÷0,40	0,65÷0,85	0,80÷1,50

TAGLIE DEGLI IMPIANTI DI COGENERAZIONE

DIPENDONO ESSENZIALMENTE DALLE TAGLIE DEI MOTORI PRIMI COMMERCIALMENTE DISPONIBILI. DI SEGUITO I VALORI LIMITE DI QUELLI REALMENTE IMPIEGABILI:

- TURBINA A VAPORE: 1 ÷ 600 MWe
- TURBINA A GAS: 0,5 ÷ 250 MWe
- MOTORE A CICLO OTTO: 0,1 ÷ 15 MWe
- MOTORE A CICLO DIESEL: 0,5 ÷ 50 MWe
- CICLO COMBINATO GAS-VAPORE: 10 ÷ 400 MWe

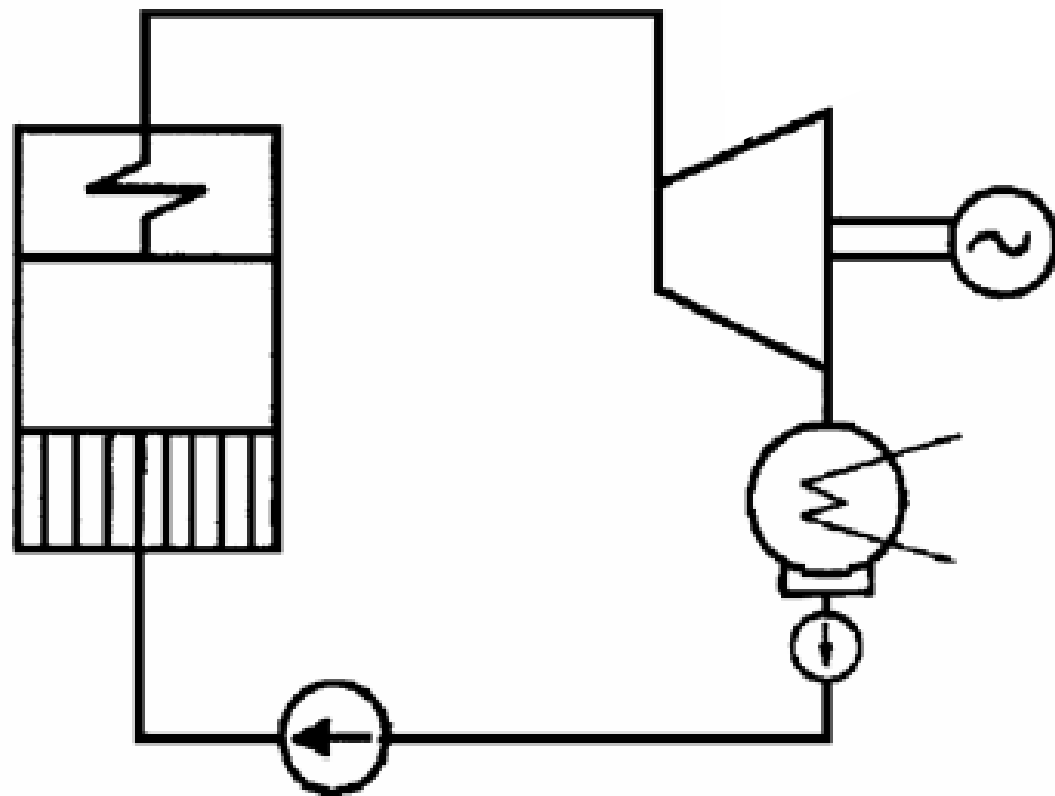
UTILIZZI TIPICI DI COGENERAZIONE

A) SISTEMI DI TELERISCALDAMENTO

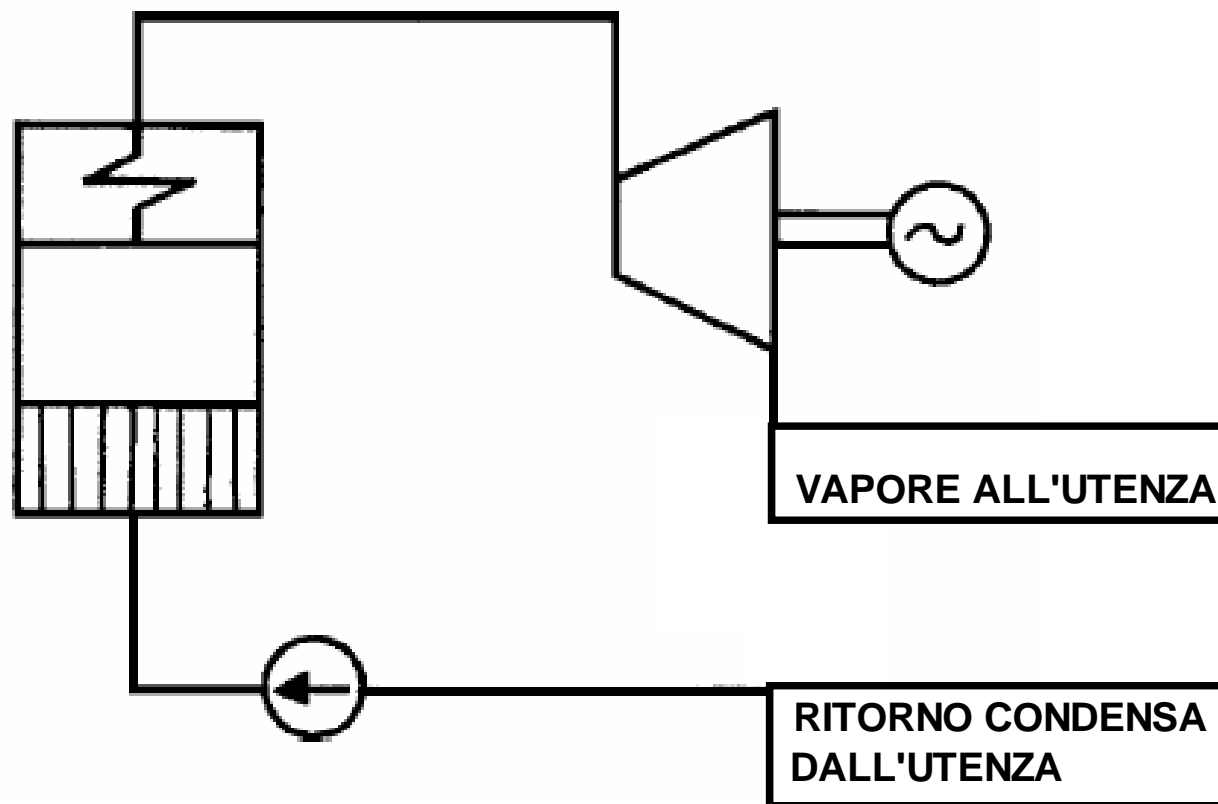
B) UTILIZZI INDUSTRIALI:

- INDUSTRIA CARTARIA;
- INDUSTRIA TESSILE;
- INDUSTRIA PETROLCHIMICA;
- INDUSTRIA ALIMENTARE;
- ALTRI SETTORI INDUSTRIALI CARATTERIZZATI DA RILEVANTI CONSUMI TERMICI DI PROCESSO (SPECIE SE A BASSA TEMPERATURA).

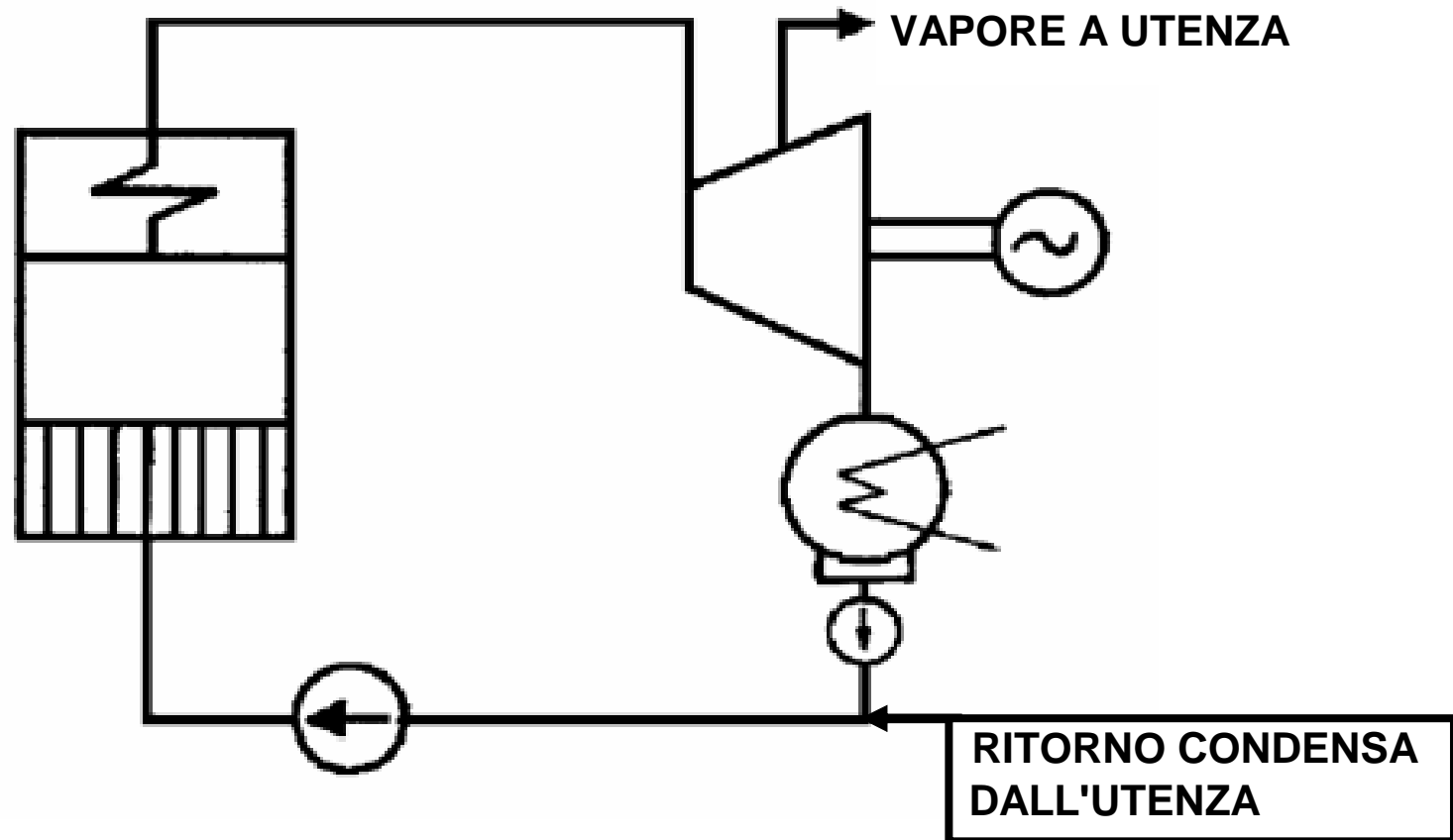
TURBINA A VAPORE A CONDENSATORE CALDO



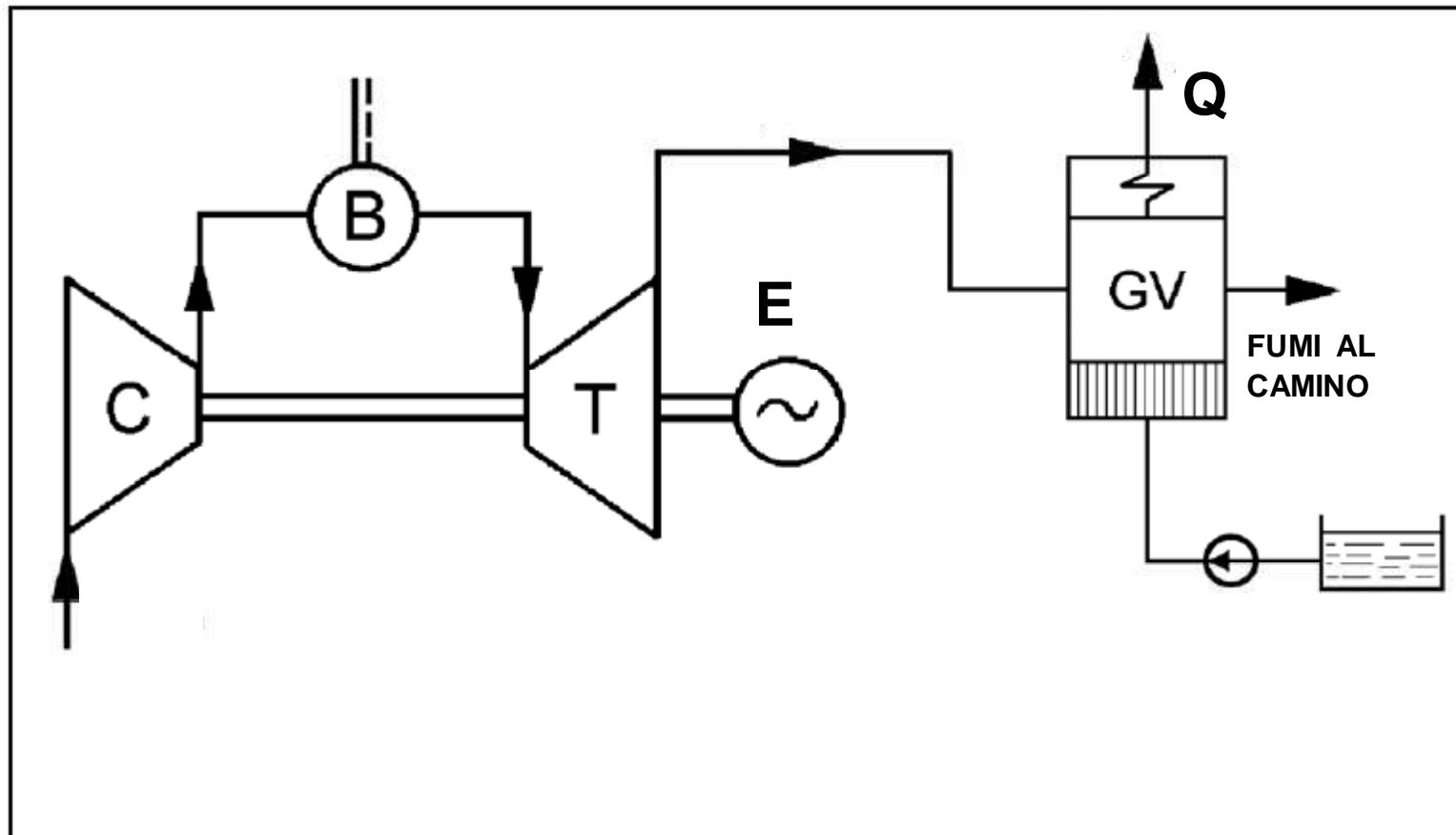
TURBINA A VAPORE A CONTROPRESSIONE PURA



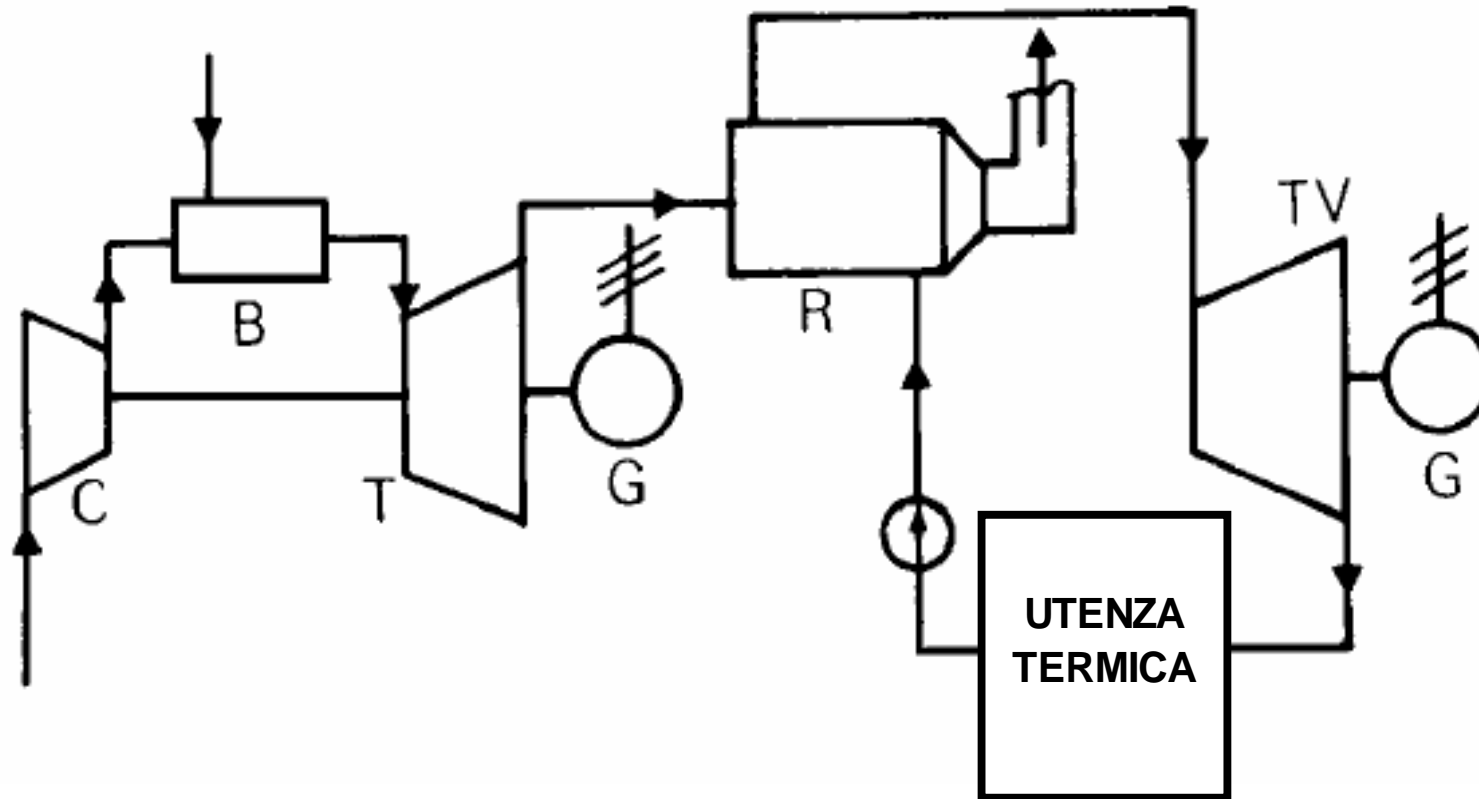
TURBINA A VAPORE CON SPILLAMENTO E CONDENSATORE (CALDO O FREDDO)

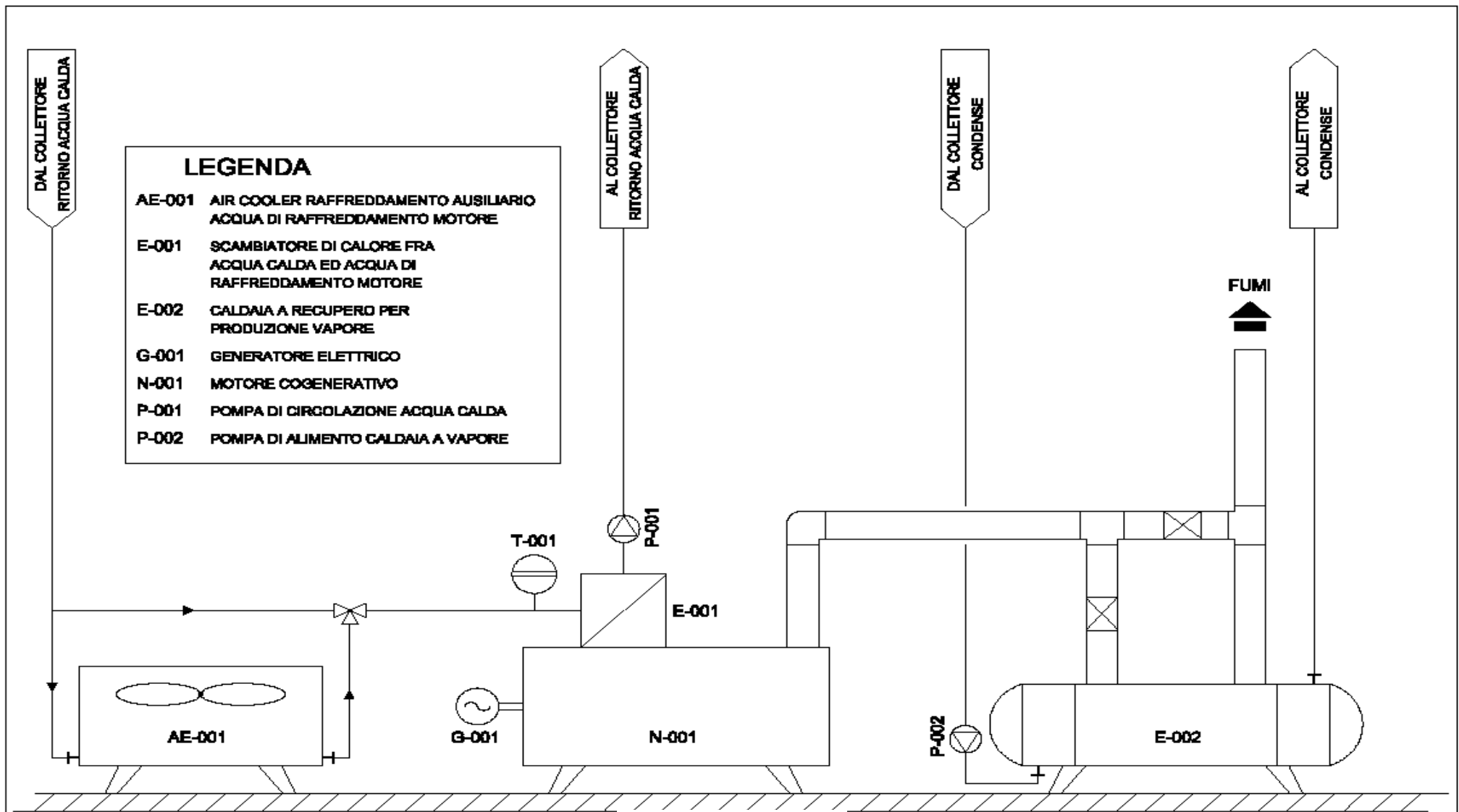


TURBINA A GAS CON COGENERAZIONE PURA MEDIANTE PRODUZIONE DI VAPORE



CICLO COMBINATO GAS-VAPORE CON COGENERAZIONE





**SCHEMA CONCETTUALE DI UN MOTORE ALTERNATIVO COGENERATIVO,
CON PRODUZIONE DI ACQUA CALDA E VAPORE**

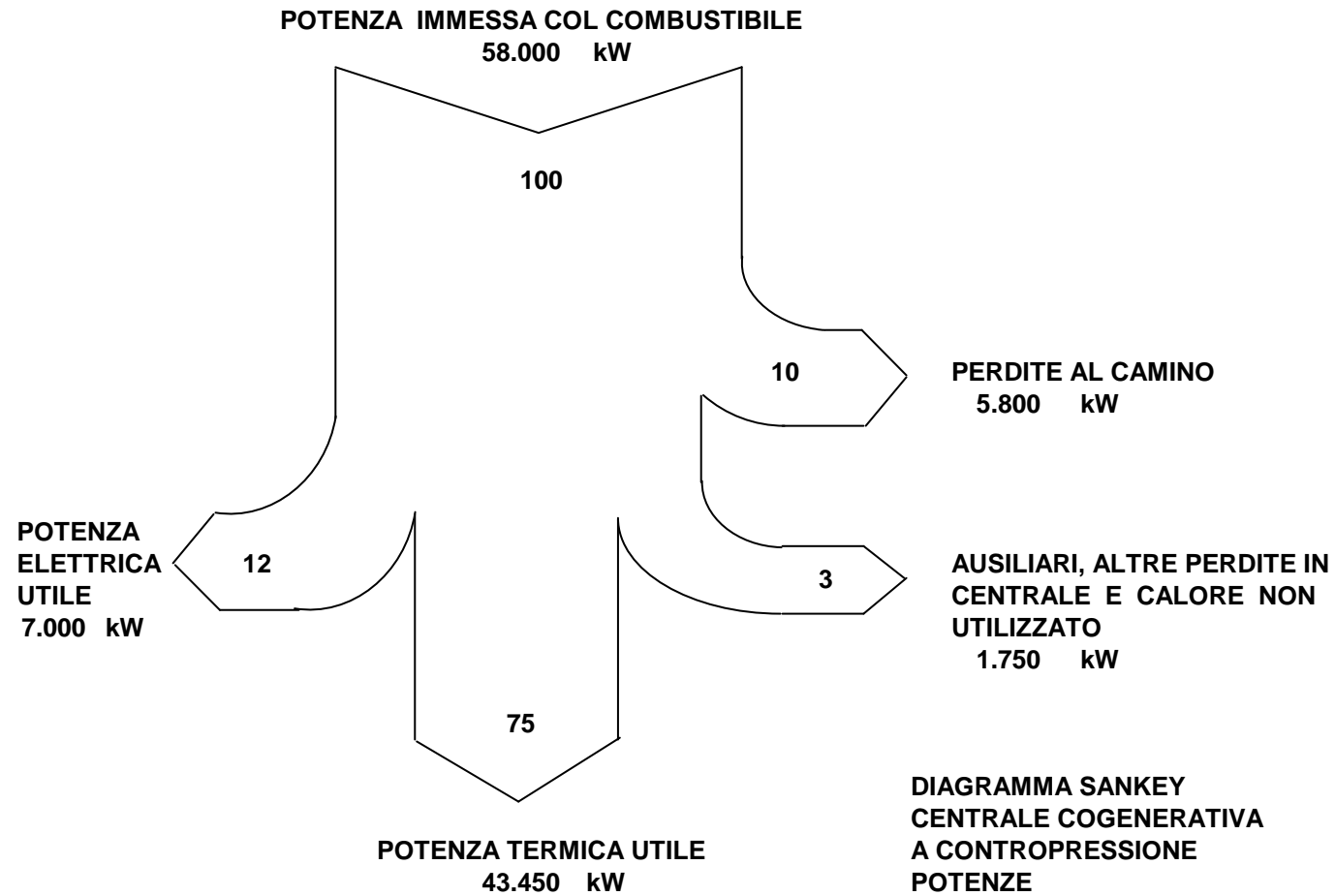


DIAGRAMMA-FIUME (SANKEY) DELL'ENERGIA PER UNA CENTRALE COGENERATIVA A CONTROPRESSIONE - POTENZE

