



Confederazione Nazionale
dell'Artigianato e della Piccola
e Media Impresa
CNA Regionale dell'Emilia Romagna

Risparmio energetico e uso delle risorse

2ª Edizione



Convegno Regionale

*“La microgenerazione
come fattore di efficienza energetica”*

Venerdì 6 Ottobre 2006

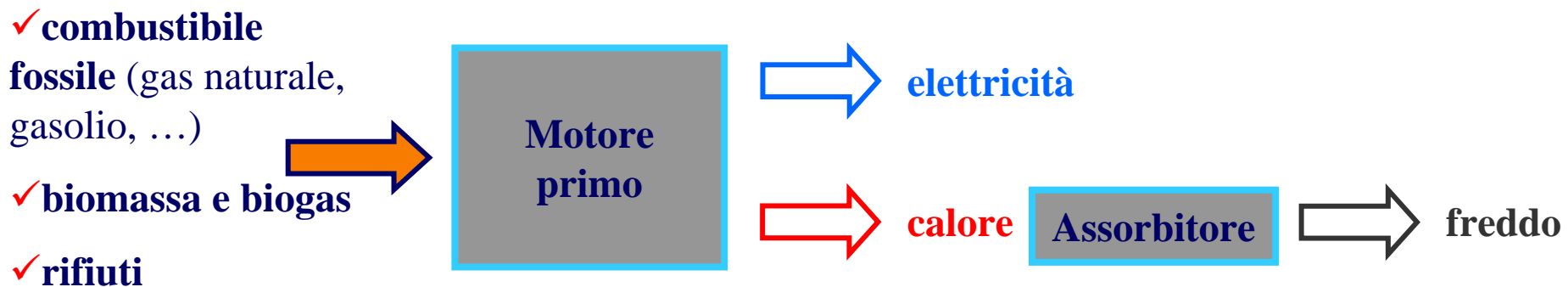


*Le tecnologie
disponibili per la
microgenerazione
in Italia*

**Antonio Peretto
Università di Bologna**

La micro-cogenerazione: produzione combinata di elettricità e calore

Un micro-cogeneratore è un sistema che utilizza un combustibile rinnovabile o fossile per la produzione combinata di energia elettrica e termica, con taglia elettrica inferiore a 1 MW





Le tecnologie disponibili

- ✓ Motori a combustione interna alternativi
- ✓ Microturbine e turbine a gas
- ✓ Cicli combinati
- ✓ Turbine a vapore
- ✓ Motori Stirling
- ✓ Celle a combustibile (PAFC e PEM)
- ✓ Altri sistemi (Organic Rankine Cycle, Sistemi TPV, ...)



Motori a Combustione Interna alternativi (MCI)

VANTAGGI

- ✓ taglie da 1 kWe a circa 5 MWe
- ✓ tecnologia matura impiegata in diversi campi
- ✓ elevata affidabilità
- ✓ migliori rendimenti di conversione
- ✓ costi di investimento contenuti
- ✓ elevata flessibilità di esercizio

SVANTAGGI

- ✓ elevati costi di manutenzione
- ✓ rumorosità e vibrazioni
- ✓ elevati valori di emissioni (NO_x e CO)

MCI per uso industriale/civile

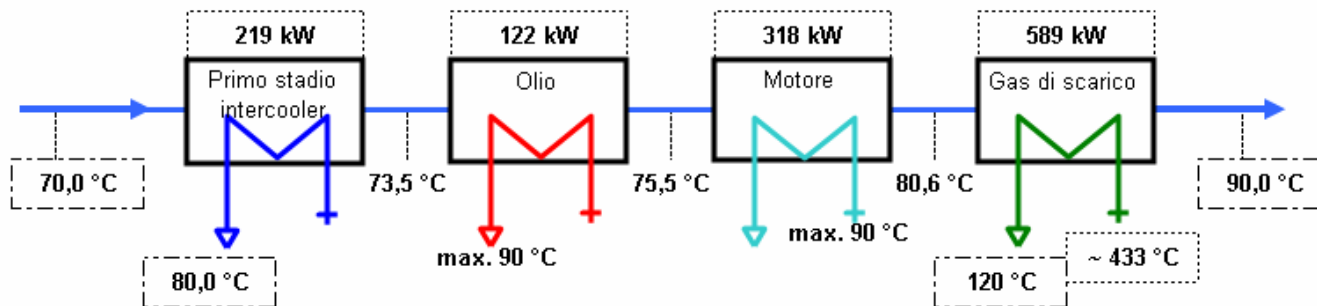
- ✓ **“motori a gas naturale”** a ciclo Otto ($r = 10$, normali o “lean burn” o a carica stratificata) o a ciclo Diesel (depotenziati e con aggiunta di una candela), $\eta_e = 25 - 38 \%$,
- ✓ **“dual fuel”** (ciclo Diesel alimentati a gas + 10 % di gasolio)
- ✓ **Sovralimentati** con turbocompressore radiale + intercooler (sopra i 150 kWe)
- ✓ **Ciclo Otto a gas naturale** (< 5 kWe, $\eta_e = 20-25 \%$, a giri variabili con elettronica di potenza)

Schema cogenerativo con MCI

Circuito acqua calda

Potenze termiche recuperabili = 1.248 kW (+/- 8%)

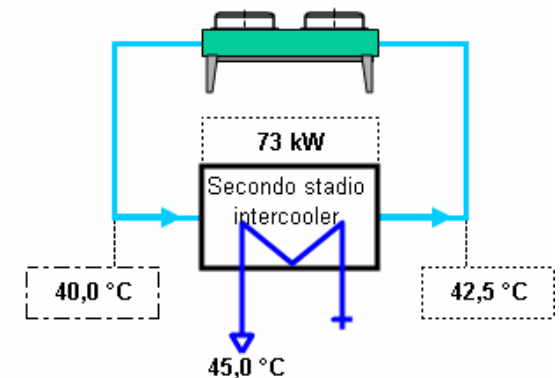
Portata nominale = 53,7 m³/h



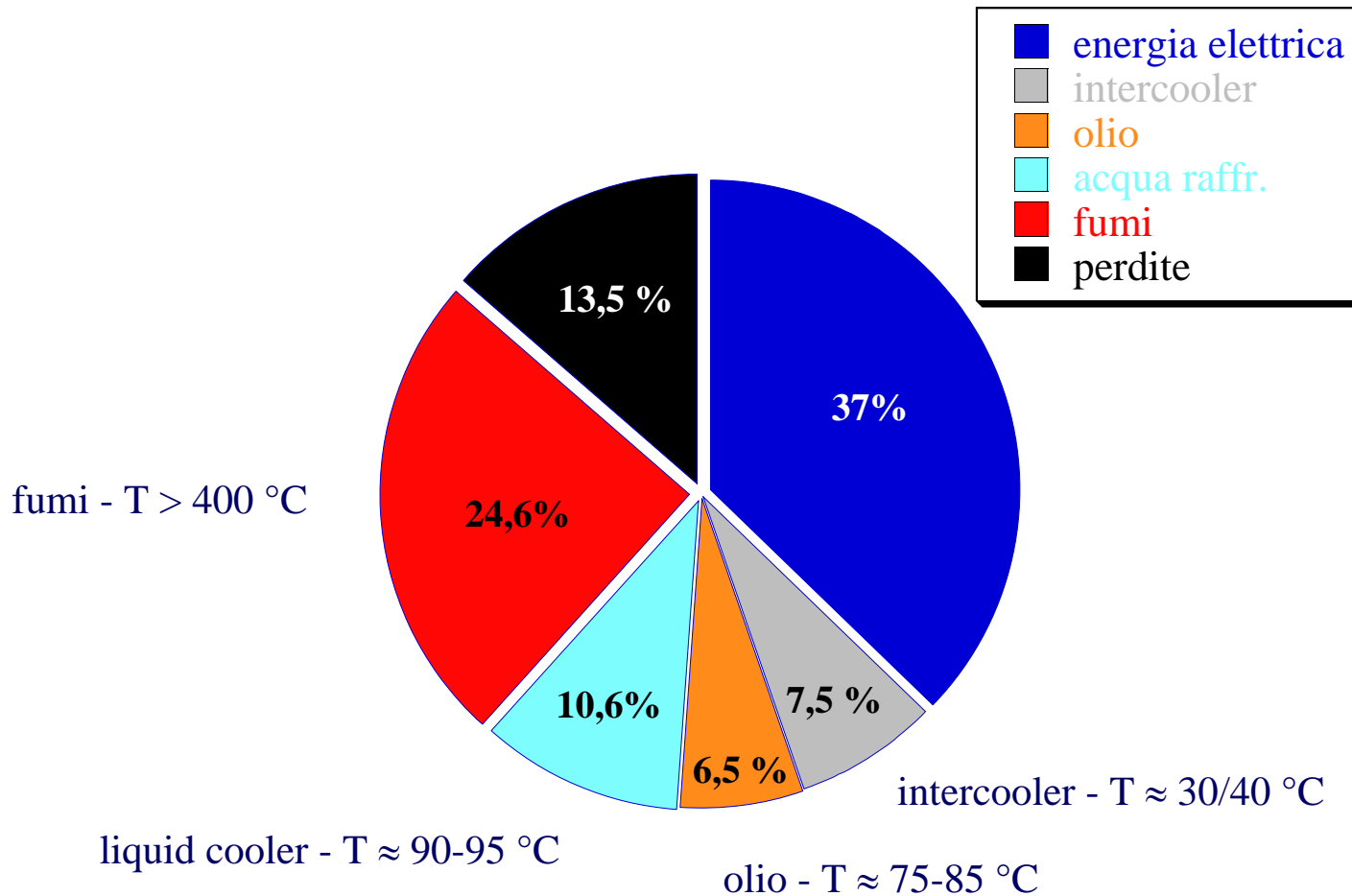
Circuito a bassa temperatura

Potenza termica da dissipare = 73 kW (+/- 8%)

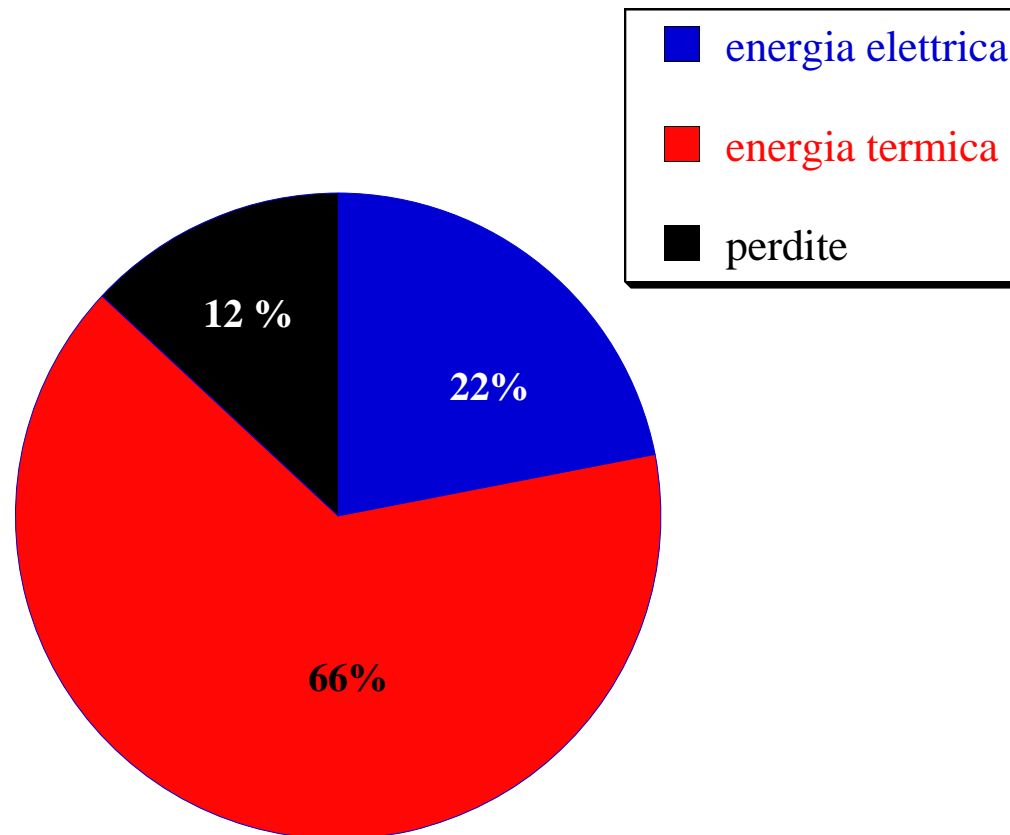
Portata acqua di raffreddamento = 25,0 m³/h



Bilancio energetico di un MCI da 1 MWe

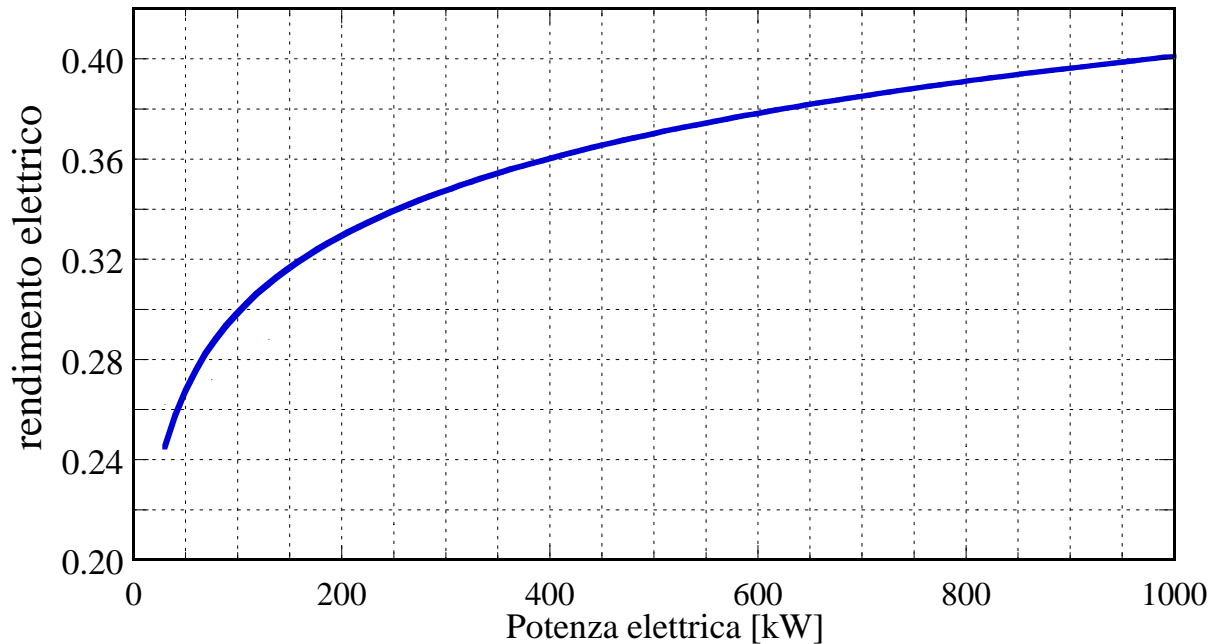


Bilancio energetico di un MCI da 2 kWe

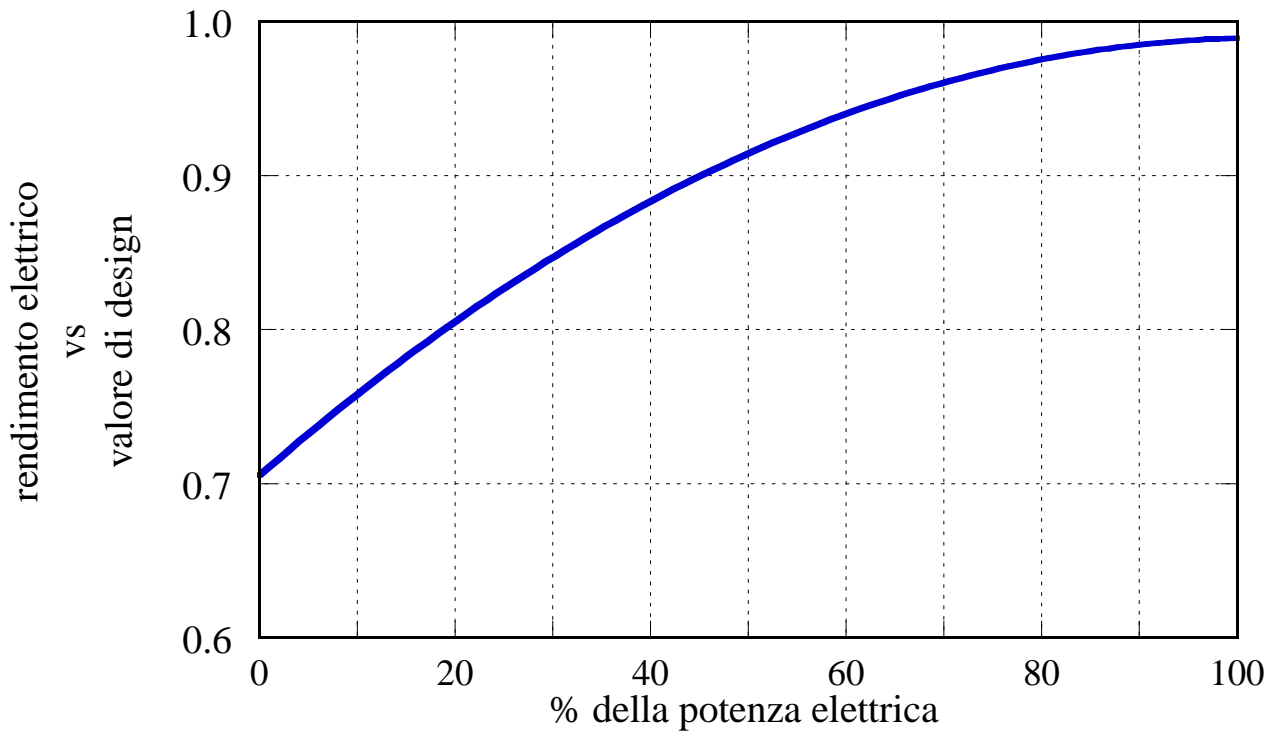




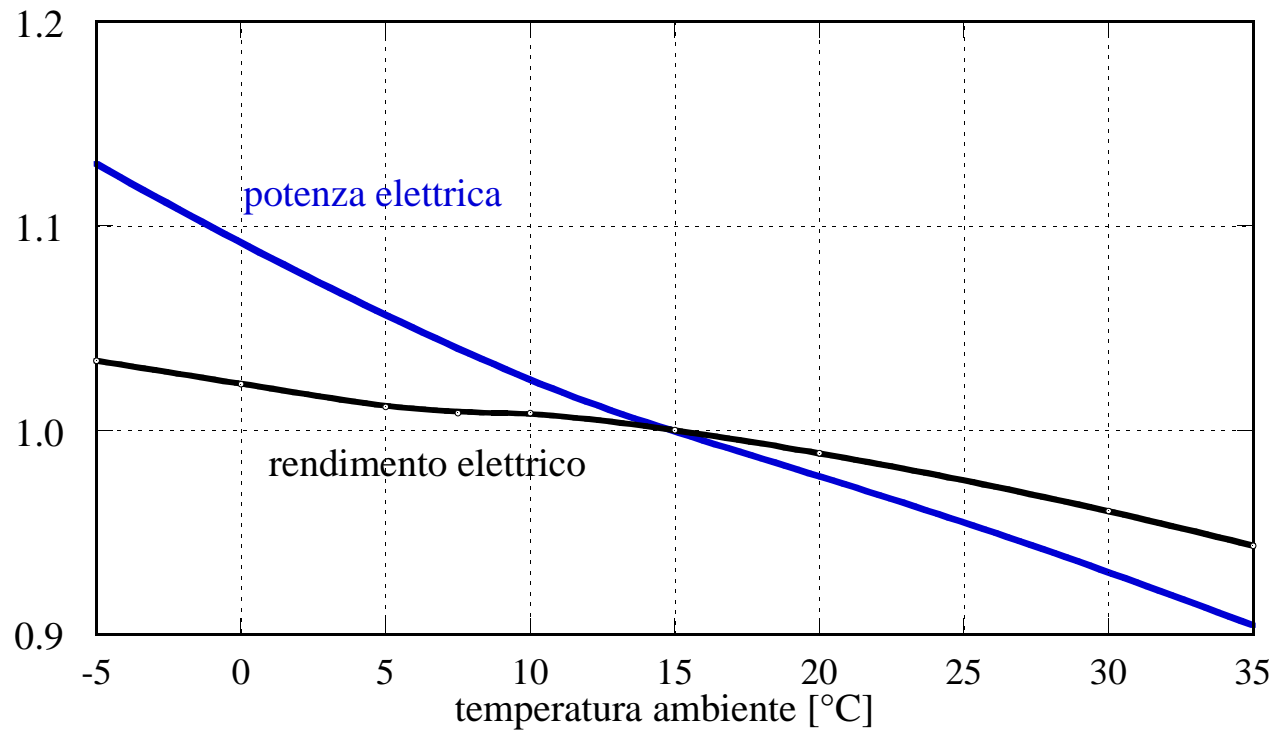
Le prestazioni dei MCI: effetto taglia sul rendimento elettrico



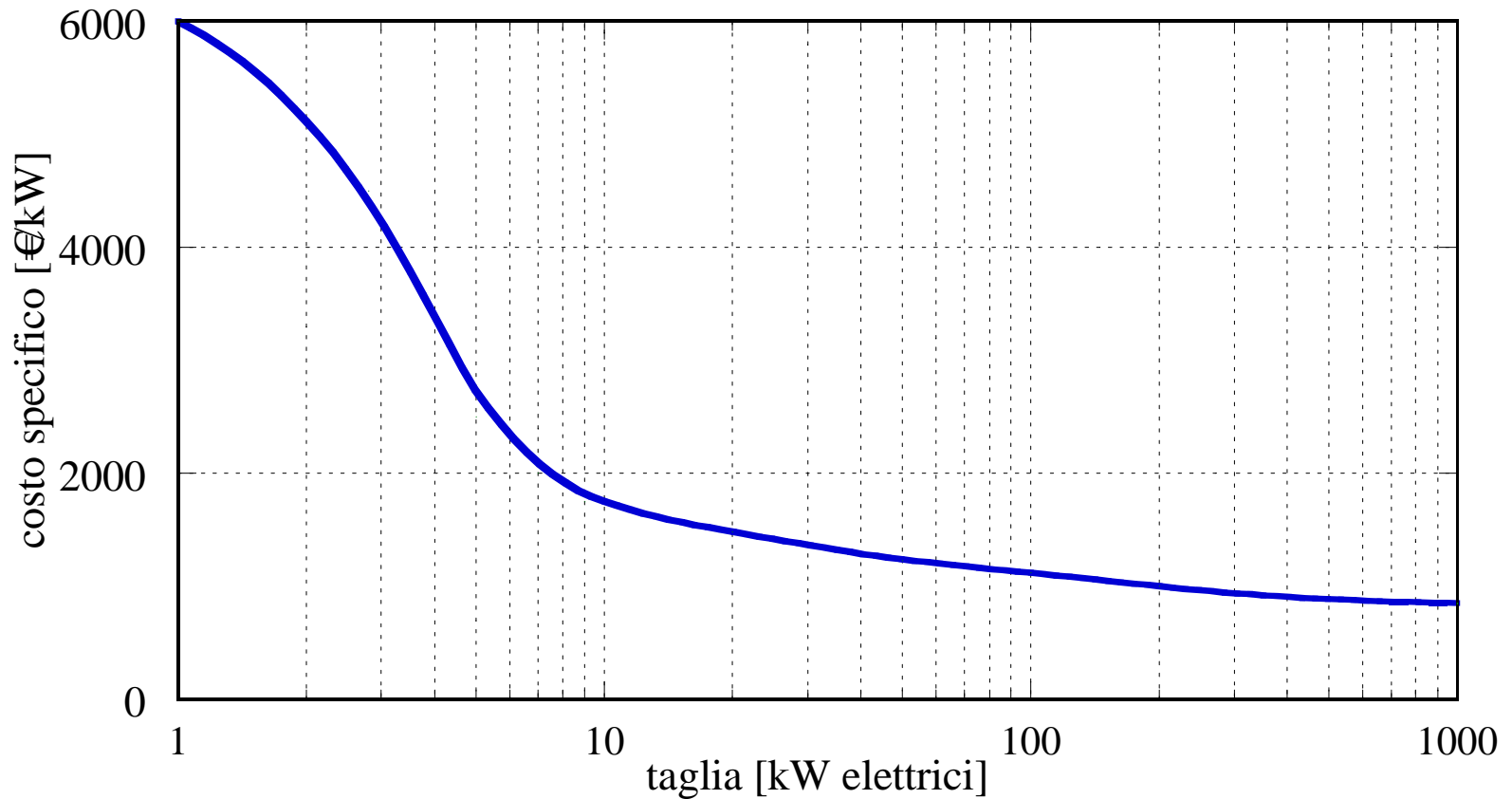
Le prestazioni dei MCI: l'influenza del carico



Le prestazioni dei MCI: *l'influenza della temperatura ambiente*



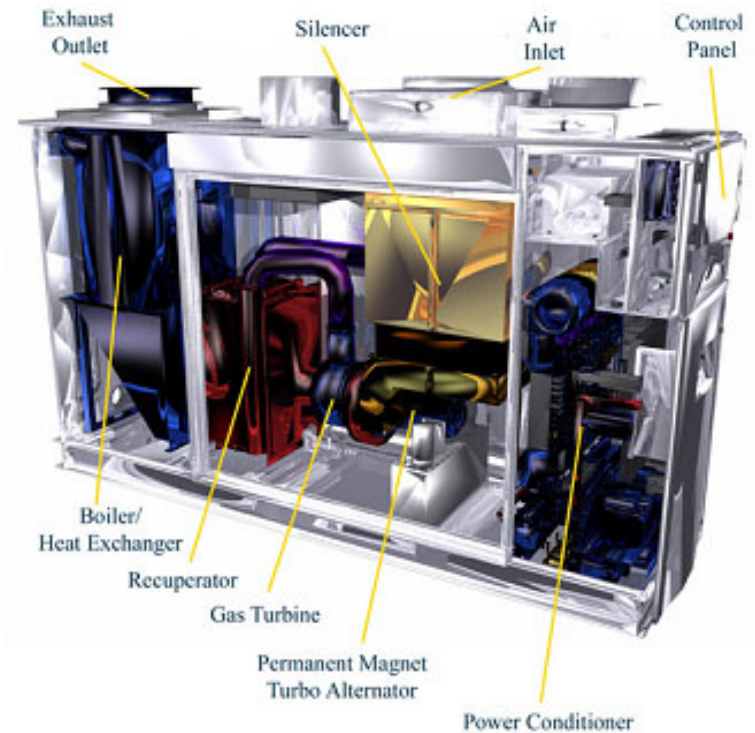
I costi specifici dei MCI



Le Micro Turbine a Gas (potenze < 250 kWe)

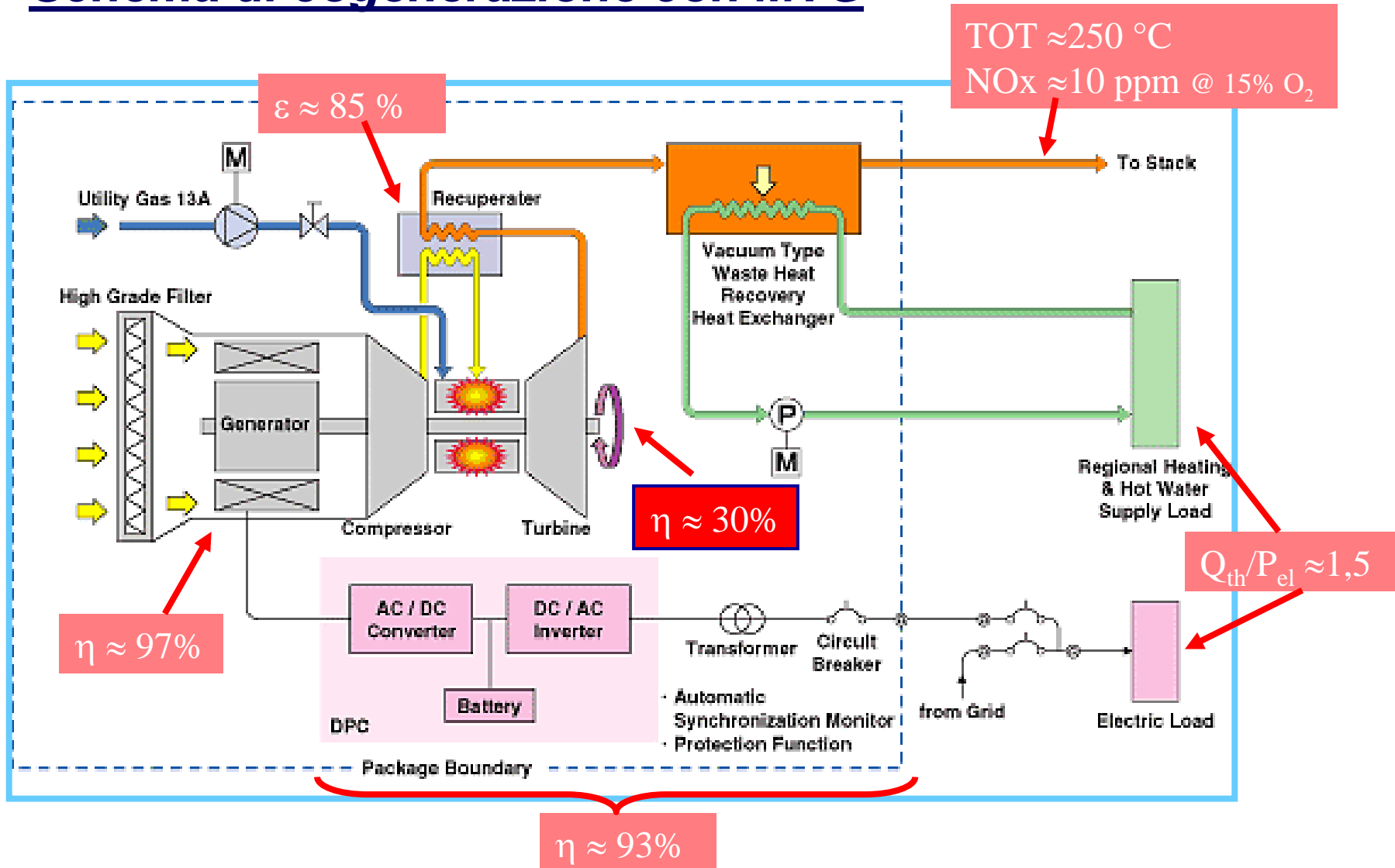
Non sono uno *scale-down* delle turbine a gas industriali, ma nascono da una nuova progettazione:

- ✓ turbina e compressori radiali ($\beta=4$)
- ✓ ciclo rigenerativo a basso rapporto di compressione
- ✓ elevata velocità rotazione variabile (50.000 – 120.000 rpm)
- ✓ turbine non raffreddate (TIT < 950 °C)



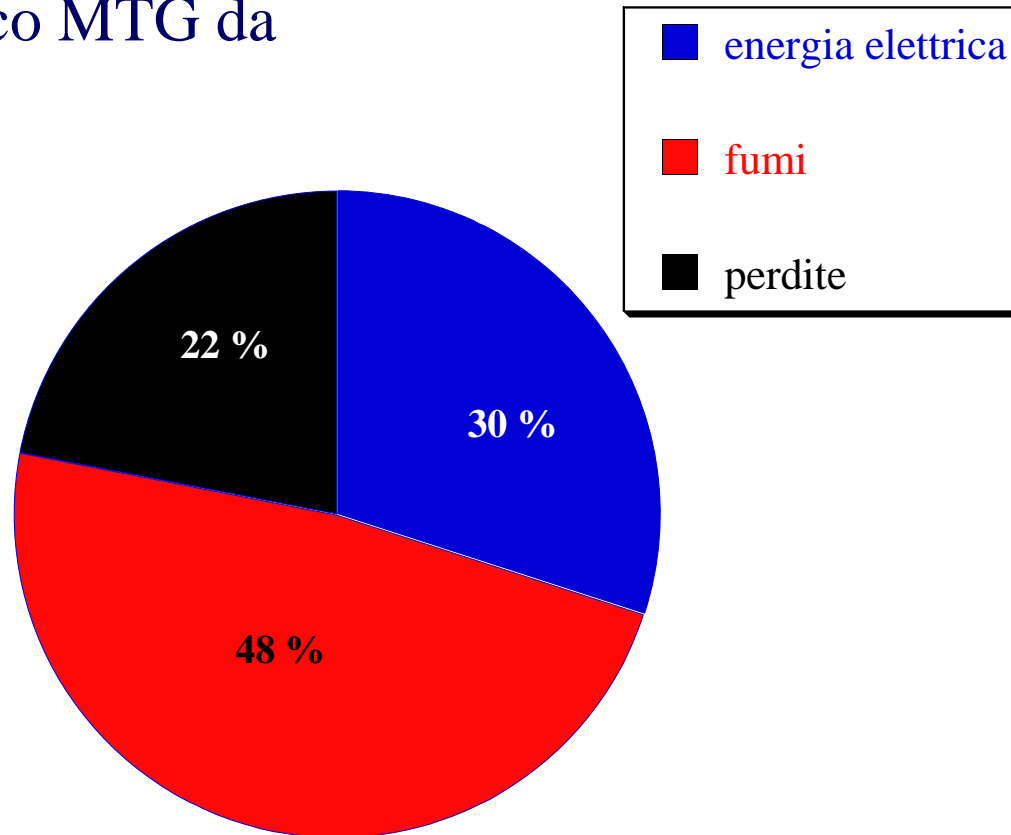
Typical microturbine package

Schema di cogenerazione con MTG

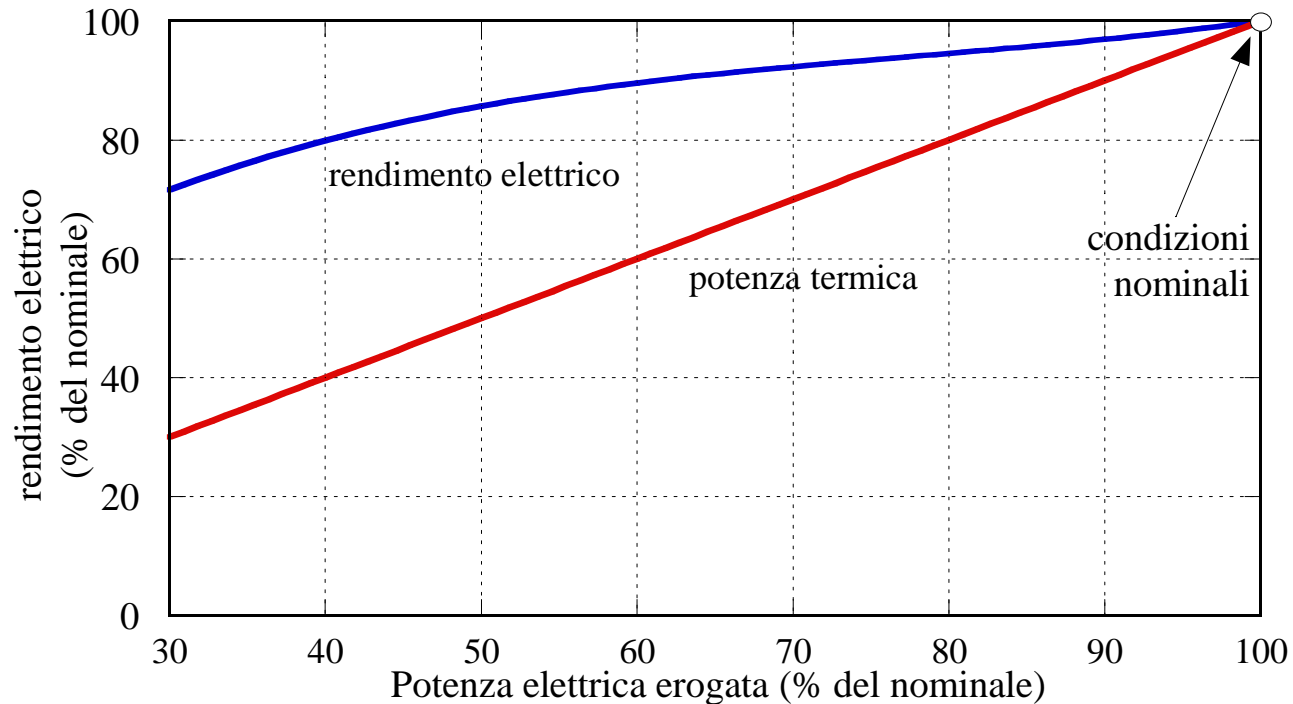


Cogenerazione con MTG

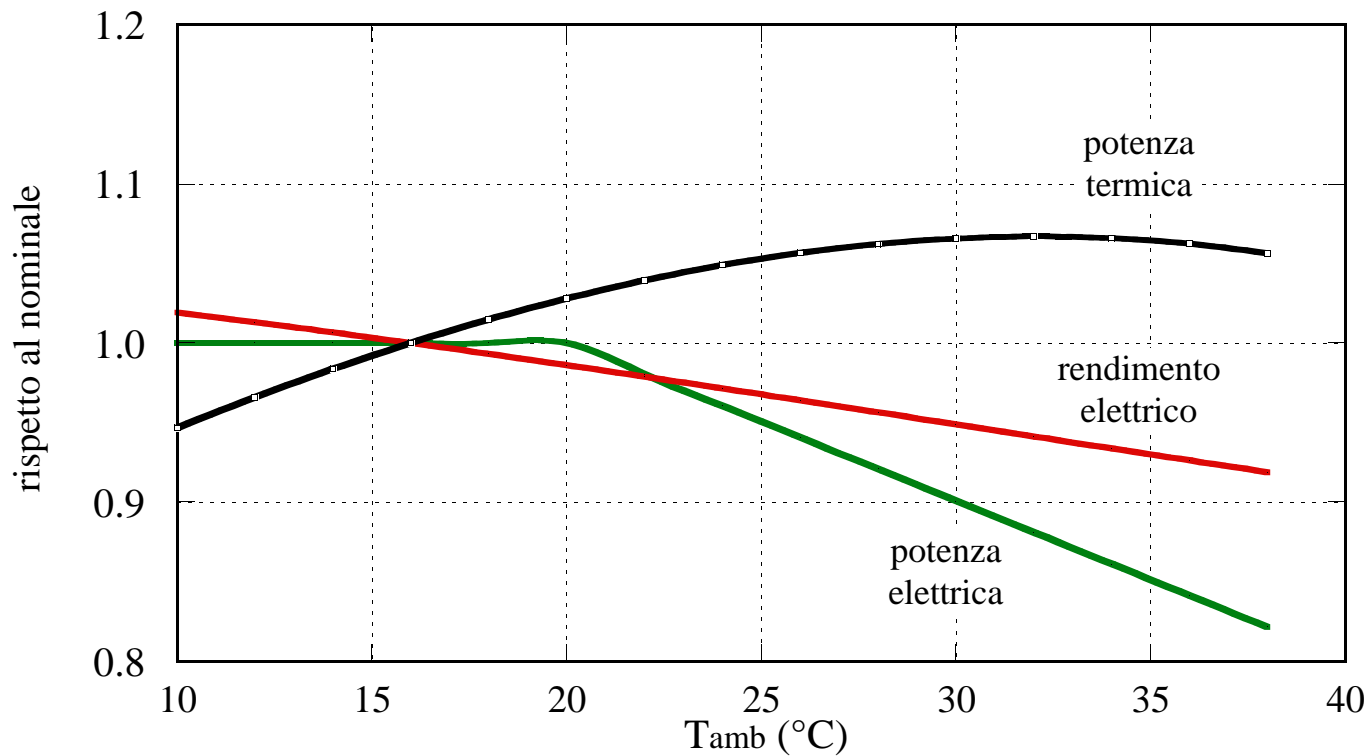
Bilancio energetico MTG da
circa 100 kW_e



Le prestazioni delle MTG: l'influenza del carico



Le prestazioni delle MTG: l'influenza della temperatura ambiente





MTG vs MCI

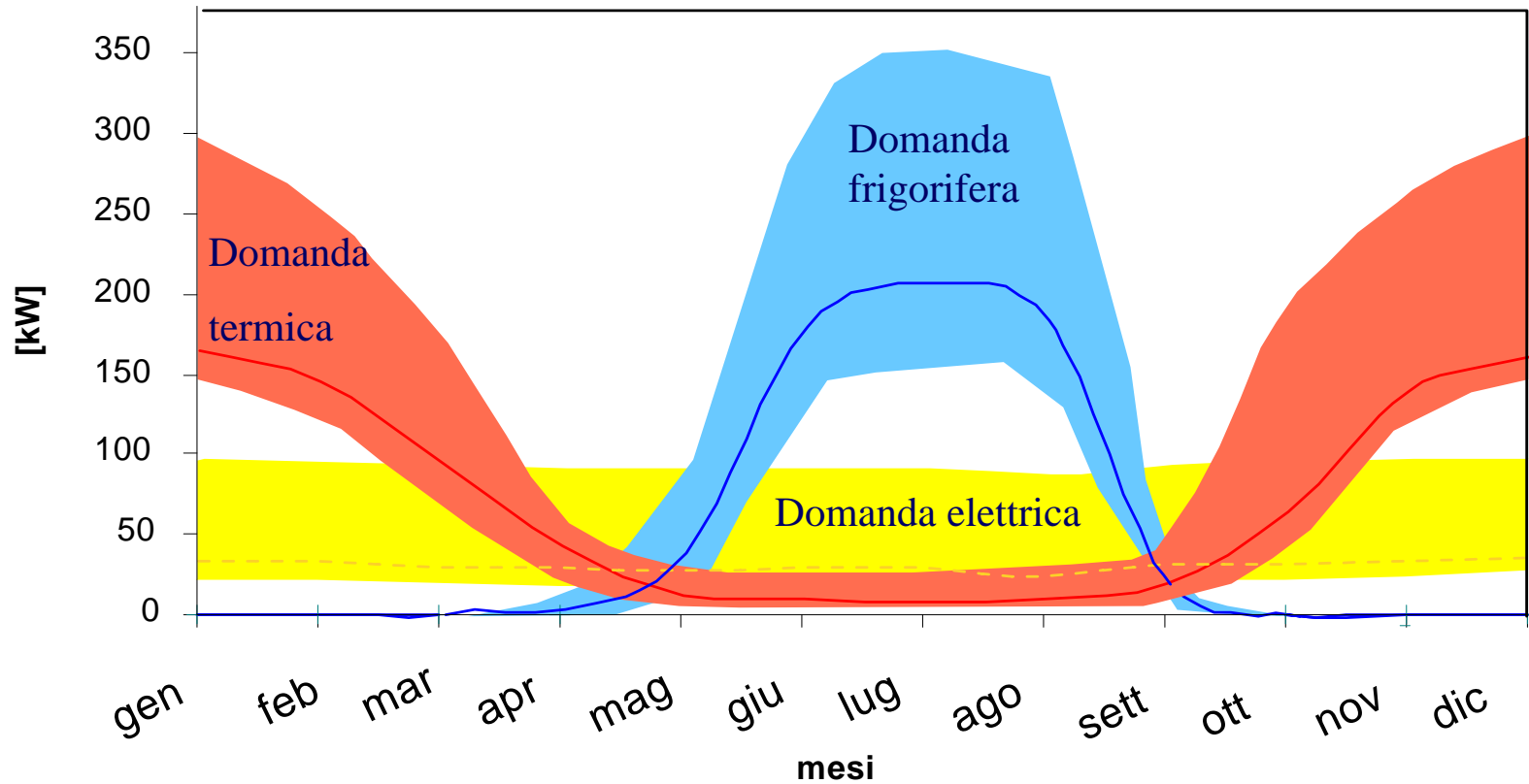
VANTAGGI MTG

- ✓ ridotte emissioni di NO_x e CO (<10 ppm @ 15% O₂)
- ✓ ingombri e pesi contenuti
- ✓ bassa rumorosità e vibrazioni
- ✓ manutenzione ridotta (ogni 10.000 ore)
- ✓ elevata vita utile (80.000 ore)

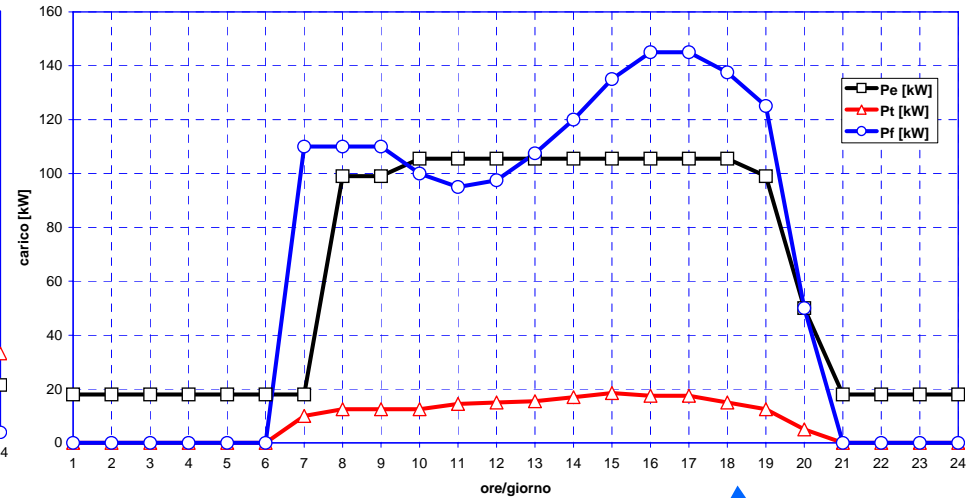
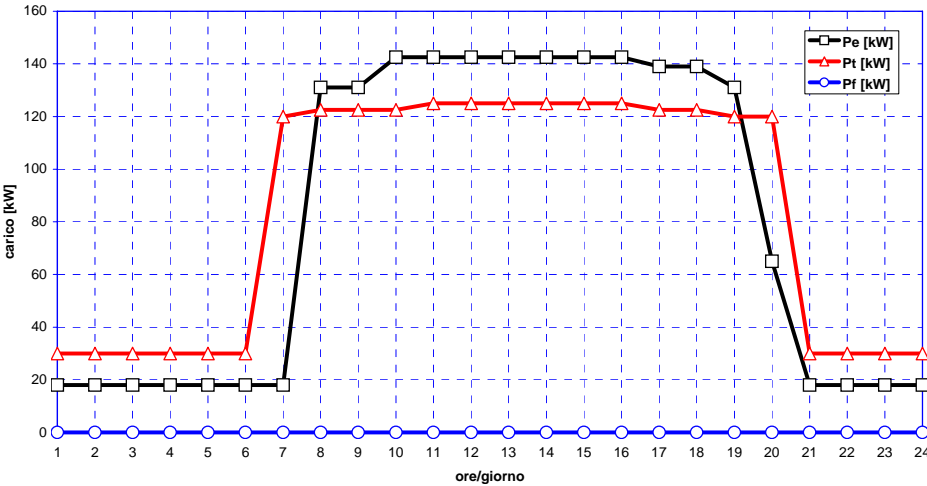
SVANTAGGI MTG

- ✓ tecnologia emergente
- ✓ costo specifico elevato (1100 €/kW)
- ✓ rendimenti elettrici inferiori
- ✓ bassa temperatura fumi (250 °C)

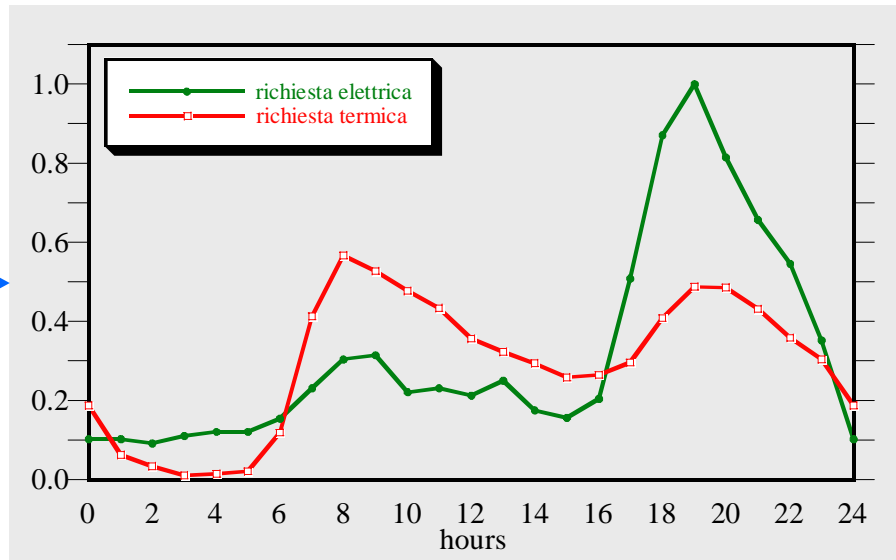
Trigenerazione: la necessità



Trigenerazione: la variabilità del carico



**utenza nel
civile
nelle 24h**

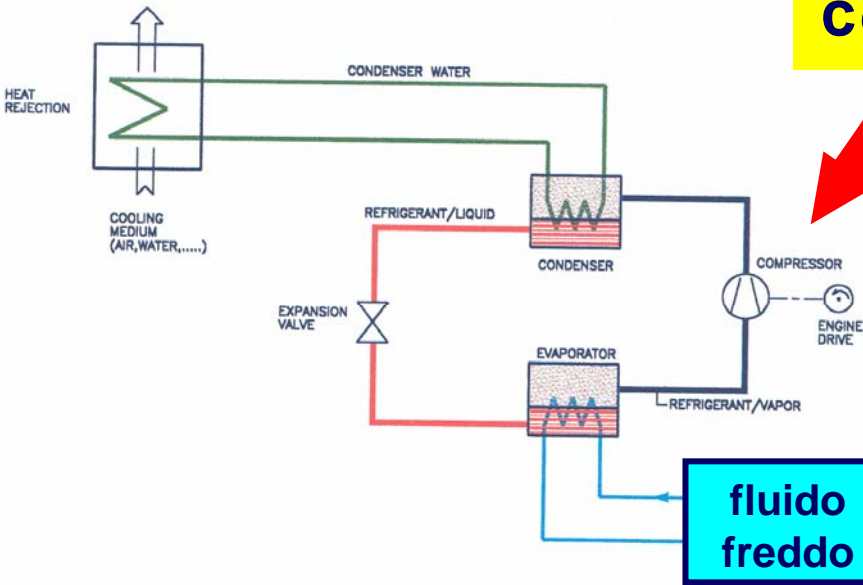


**utenza nel
terziario
nelle 24h**



Trigenerazione: gli impianti

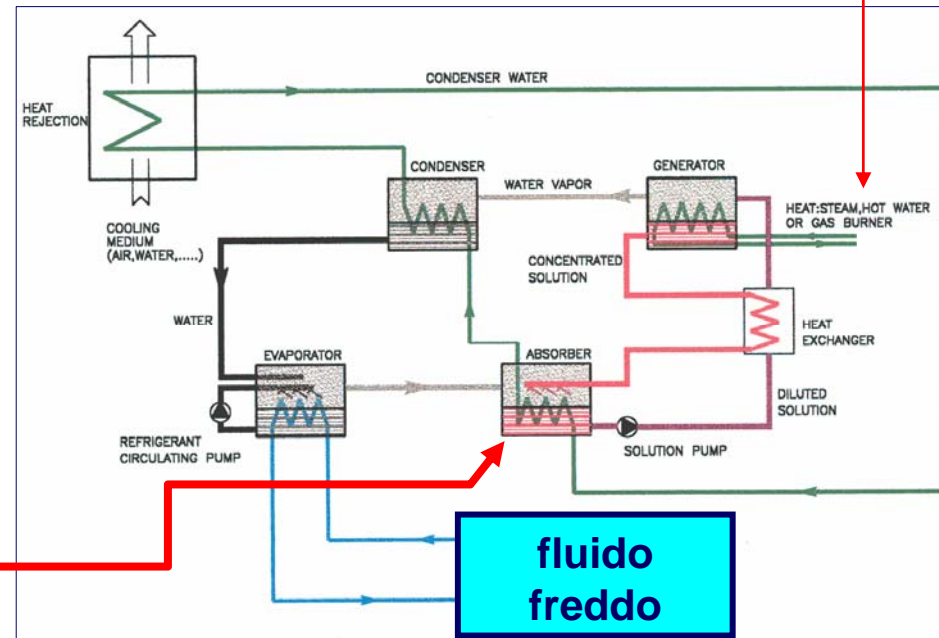
con compressore



**fluido
freddo**

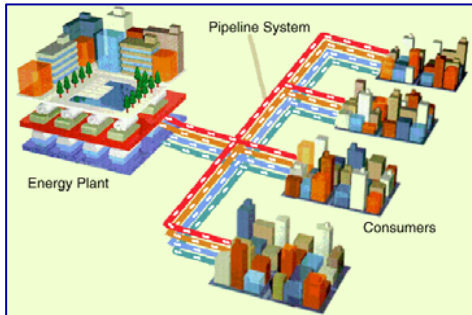
**fluido
caldo**

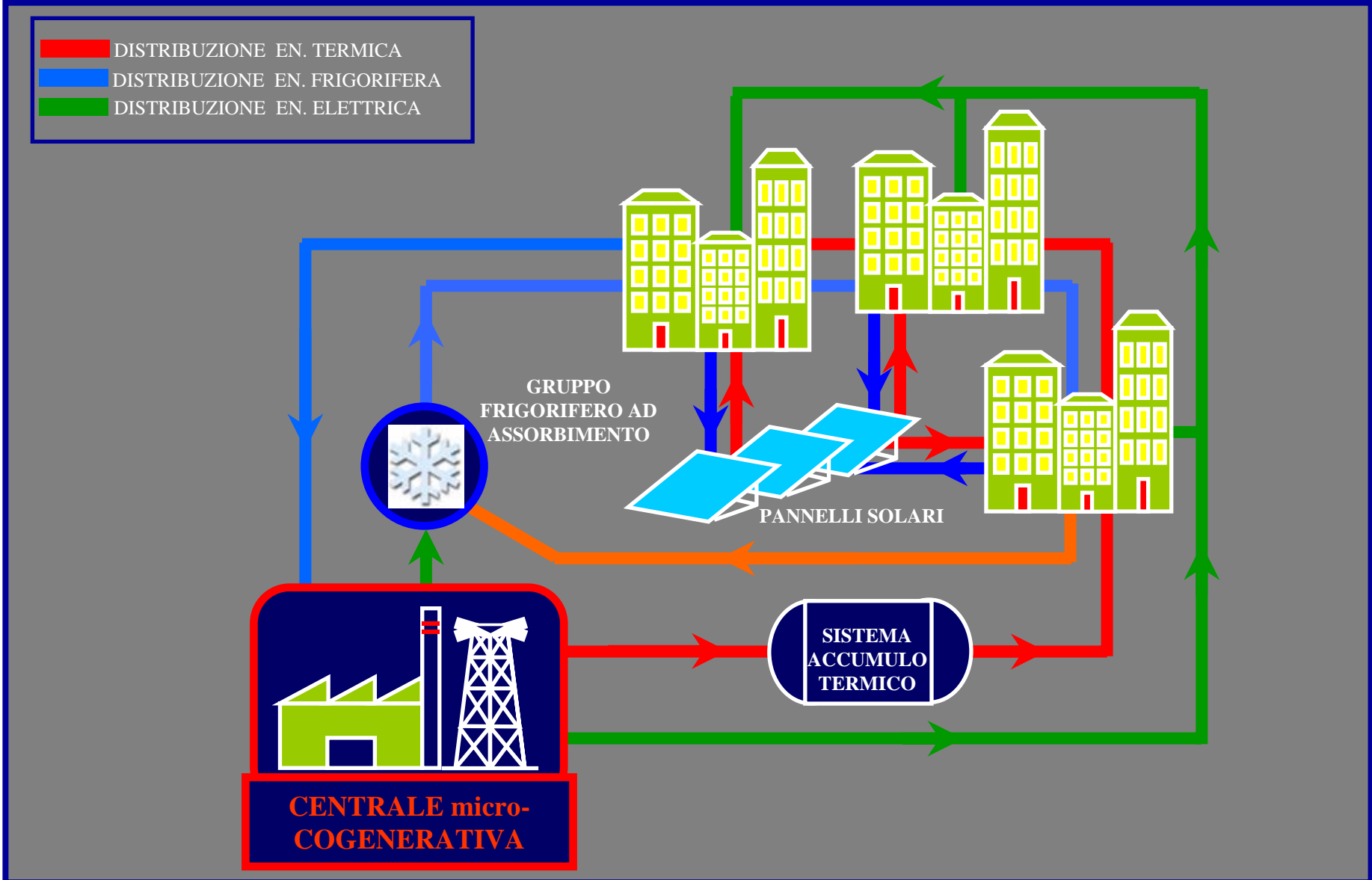
con assorbitore



**fluido
freddo**

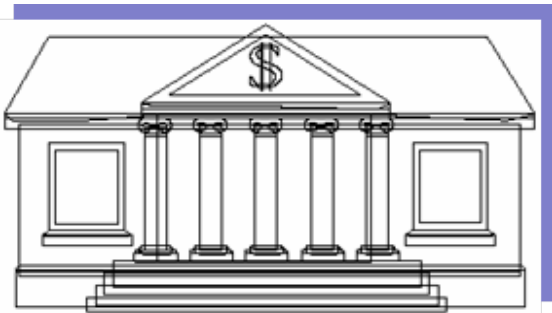
Trigenerazione: i macchinari







Trigenerazione: gli usi

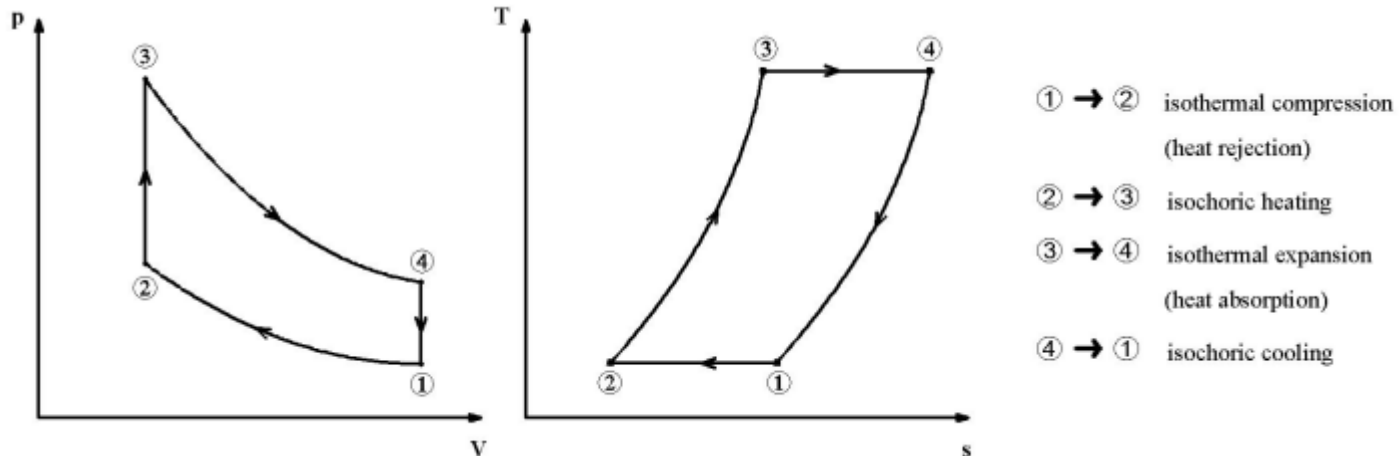




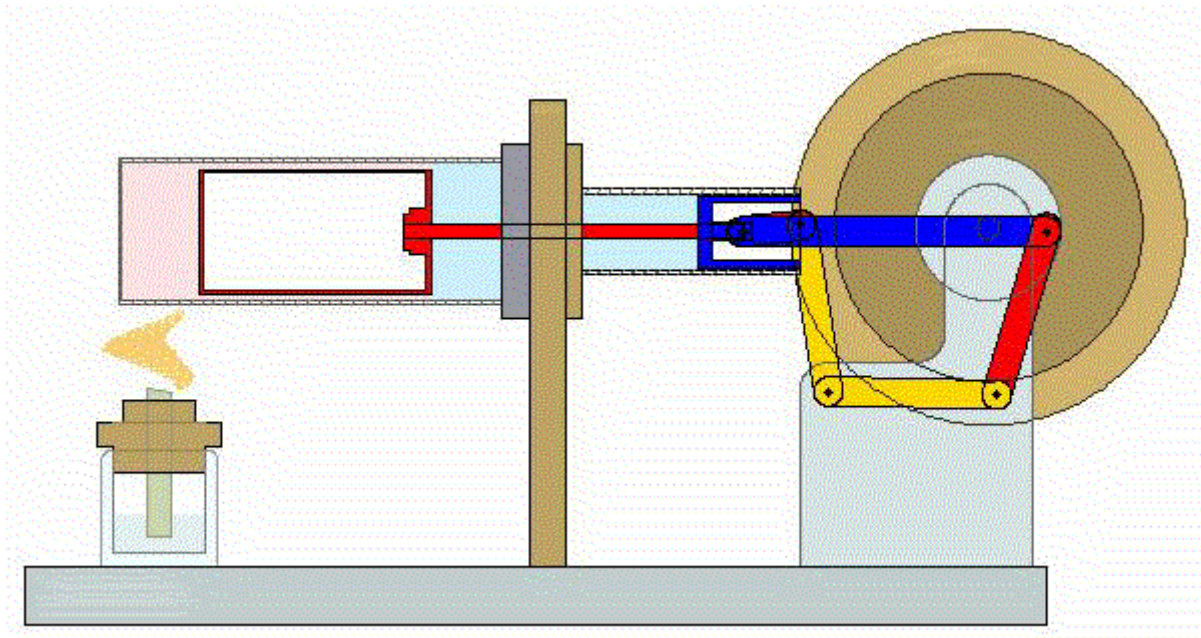
Le tecnologie disponibili
non ancora commercialmente “consolidate”

Il motore Stirling

- ✓ opera secondo un ciclo chiuso a gas (elio, azoto, aria)
- ✓ combustione esterna e continua (libertà sulla scelta del combustibile, minori emissioni gassose e sonore)
- ✓ calore introdotto e scaricato attraverso scambiatori di calore

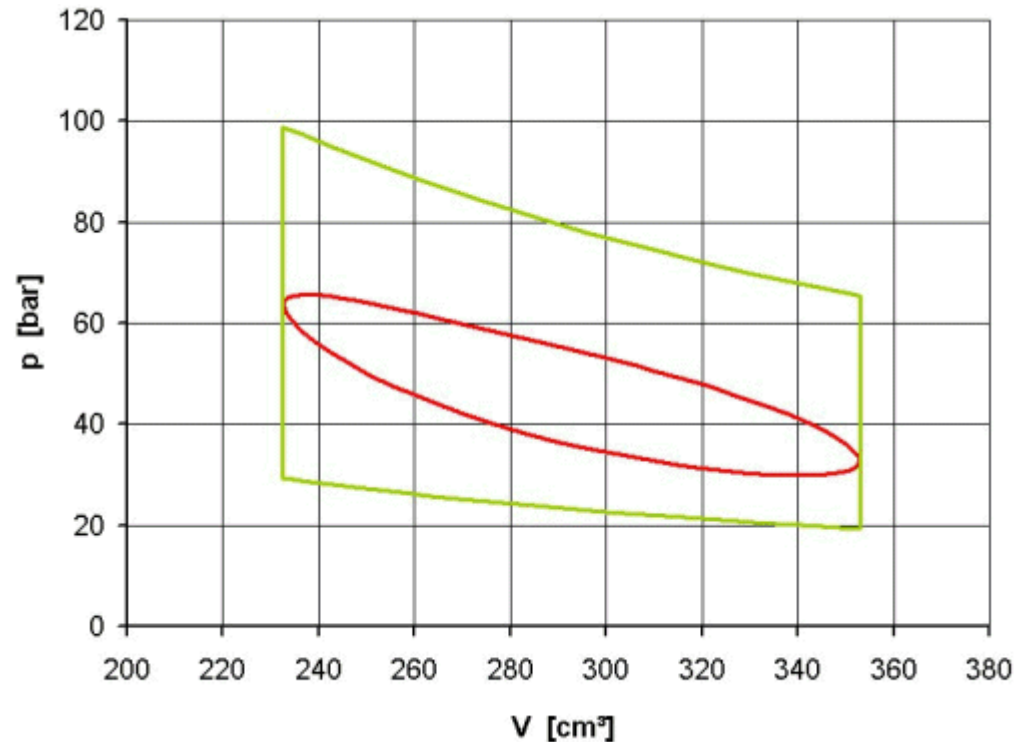


Il motore Stirling



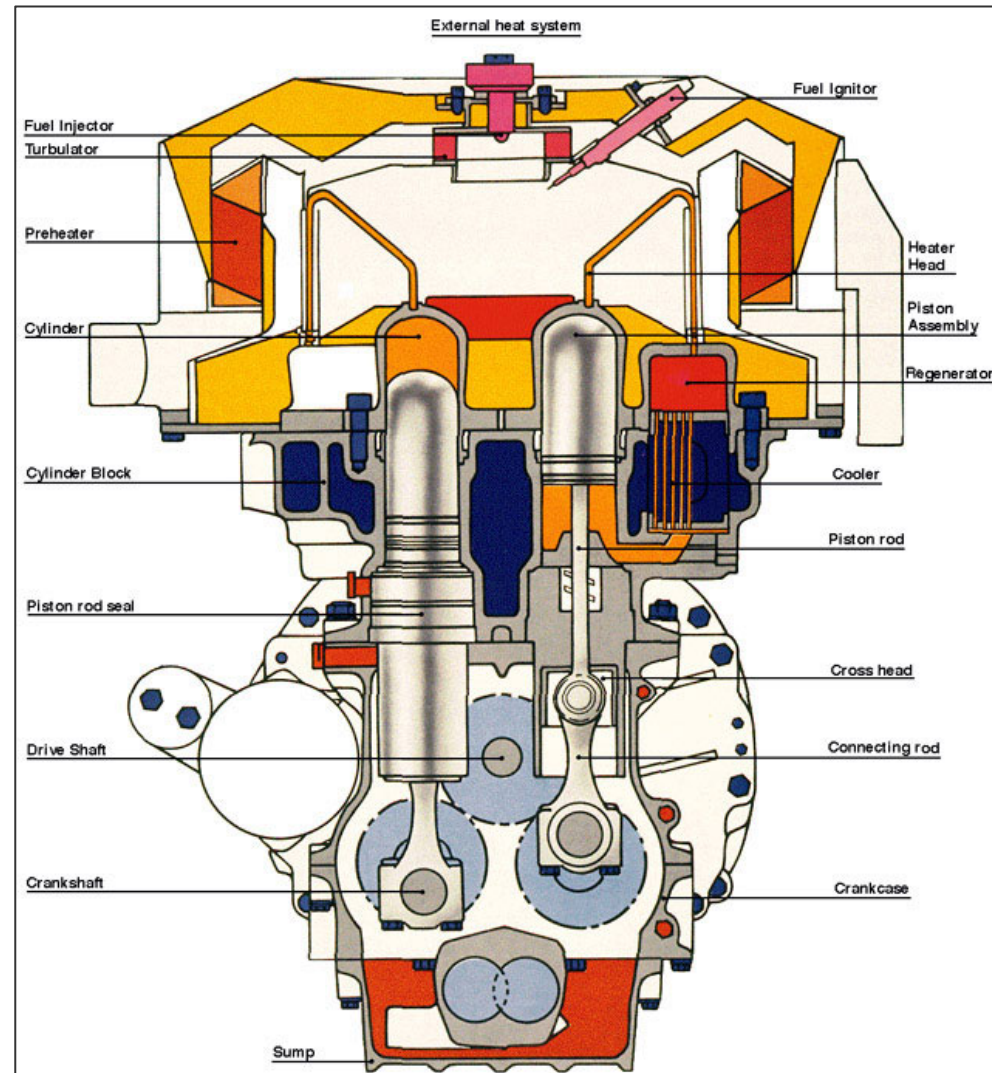
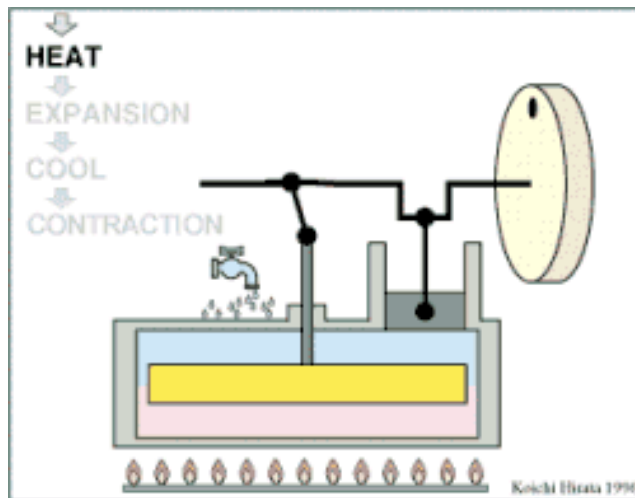
Il motore Stirling: ciclo ideale vs reale

- ✓ variazione del volume continua (e non discontinua);
- ✓ introduzione e scarico calore attraverso scambiatori di calore esterni;
- ✓ spazio morto (rigeneratore, tubi, scambiatori) che riduce il rapporto di compressione;
- ✓ perdite di calore e inerzia termica del rigeneratore;
- ✓ perdite di pressione attraverso gli scambiatori ed il rigeneratore;
- ✓ trafiletti tra cilindro e pistone;
- ✓ attriti meccanici;
- ✓ ecc.



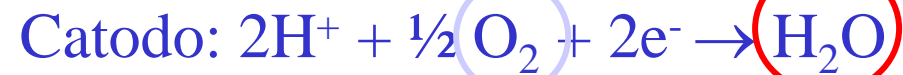
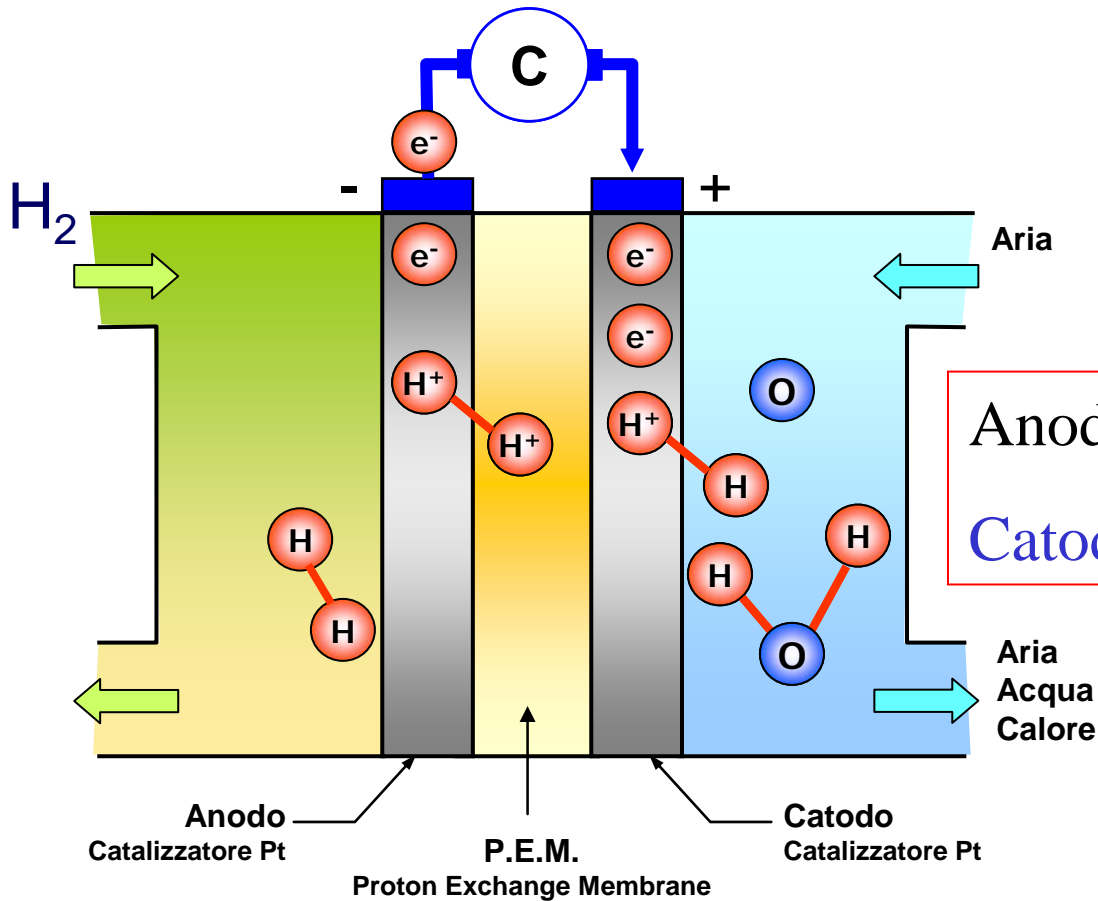
Il motore Stirling

- ✓ possibile recupero di flussi termici a bassa temperatura (250 °C)
- ✓ taglie fino a qualche centinaio di kW_e
- ✓ elevati tempi di avviamento
- ✓ $\eta_e = 10-35\%$
- ✓ complessità e varietà di architetture
- ✓ Costi ≈ 3000 €/kW



Le celle a combustibile

Cella dello Stack





Tipologie di celle a combustibile

Le FC si classificano in base all'elettrolita che condiziona:

- le temperature di esercizio
- specie chimiche che reagiscono
- tolleranza alle impurezze

L'elettrolita può essere:

- liquido alla temperatura ambiente (ad. es. acqua distillata che conserva sempre ioni H_3O^+ e OH^-)
- soluzione elettrolitica (ad. es. sali disciolti in acqua)
- sali fusi (ad. es. cloruri, carbonati)
- solidi ionici drogati e con vacanze (ad. es. alogenuri)

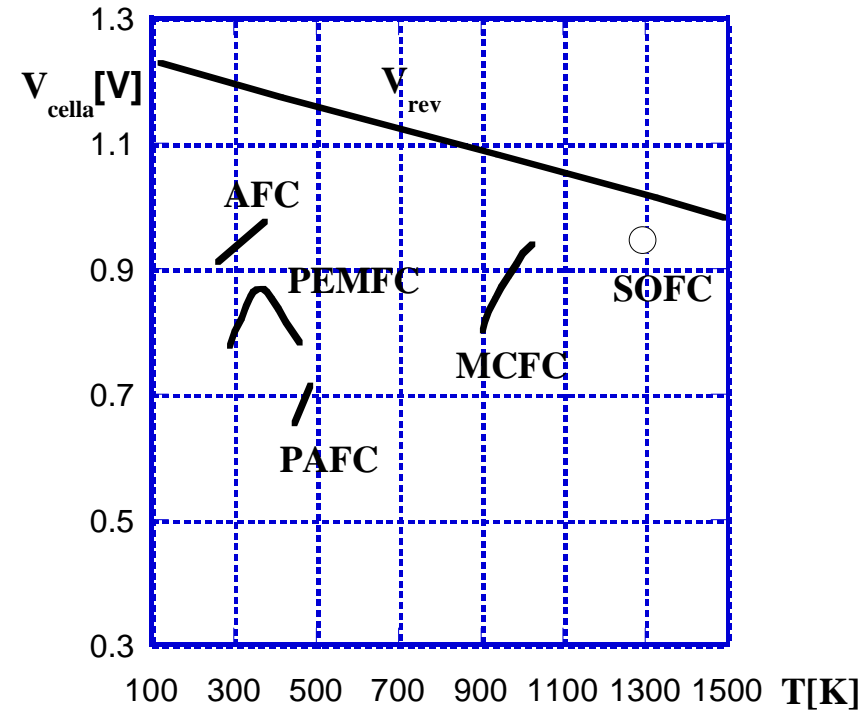
Tipologie di celle a combustibile

Elettrolita

- AFC
- PEMFC
- PAFC
- MCFC
- SOFC

Temperatura

- 60-120 °C
- 70-100 °C
- 190-200 °C
- 600-700 °C
- 650-1000 °C





Caratteristiche delle celle a combustibile

- utilizzo di **idrogeno** come combustibile principale
- bassa densità di potenza
- produzione di **corrente continua** (necessità di inverter)
- alta efficienza ai carichi parziali
- adattamento alle variazioni di carico
- generazione di **calore** sfruttabile per **cogenerazione**
- ridotte emissioni inquinanti grazie alla **combustione evitata**
- modularità (taglia “stack” teoricamente illimitata)
- conversione statica: **assenza di parti meccaniche** in movimento e ridotto inquinamento acustico
- no effetto taglia



Potenzialità cogenerative delle celle e loro costi

Tipologia	η_{fc}	l_e	Impiego	Costi sistema cogenerativo a Gas Naturale
PEMFC	<0.45	~1	Riscaldamento acqua sanitaria (50-60°C)	4500 €/kWel Target: <600
MCFC	<0.5	~1.5	Vapore ad uso industriale (~500°C)	5500 €/kWel Target: <600
SOFC	<0.55	~1.8	Vapore ad uso industriale (~800°C)	6000 €/kWel Target: <600

Confronto tra le diverse tecnologie

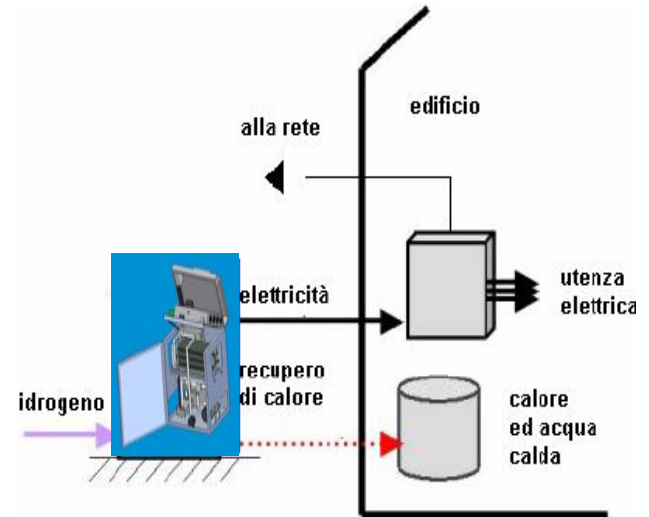
	MCI	TG	MTG	FC
Range di potenze	50kW - 5MW	500kW - 25MW	30 - 250 kW	3kW - 10MW
Efficienza elettrica	30-45 %	23-35 %	20-30 %	30-50 %
combustibile	gas naturale, gasolio, biogas, gas di sintesi	gas naturale, combustibili liquidi	gas naturale, propano, gasolio	Idrogeno, (gas naturale, metanolo)
emissioni NO_x	> 1.4 g/kWh	0.3-0.5 g/kWh	0.2-0.65 g/kWh	< 0.02 g/kWh
emissioni SO_x	3.6-5.4 g/kWh	3.6-7.3 g/kWh	5-5.9 g/kWh	< 0.01 g/kWh
emissioni CO₂	420-640 g/kWh	450-850 g/kWh	590-720 g/kWh	330-510 g/kWh
Temperatura gas di scarico	400-600°C	450-550°C	200-300°C	80-1000°C

IL PROGETTO *YdroXel*



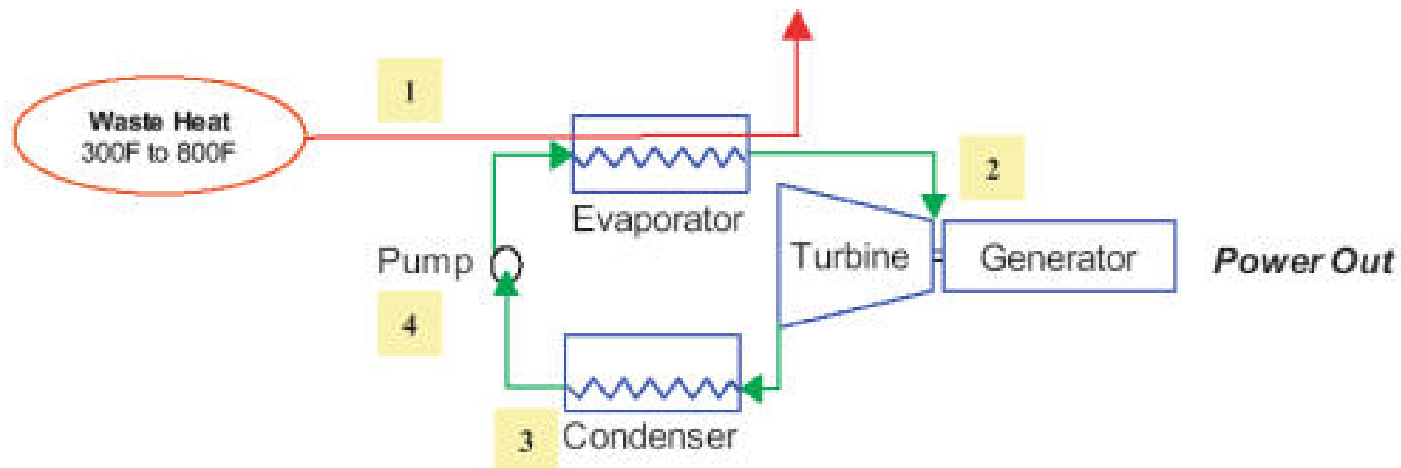
- Studio delle potenzialità cogenerative di un sistema a cella a combustibile PEM alimentato direttamente ad idrogeno

- Realizzazione di un prototipo CHP da 5 kWe



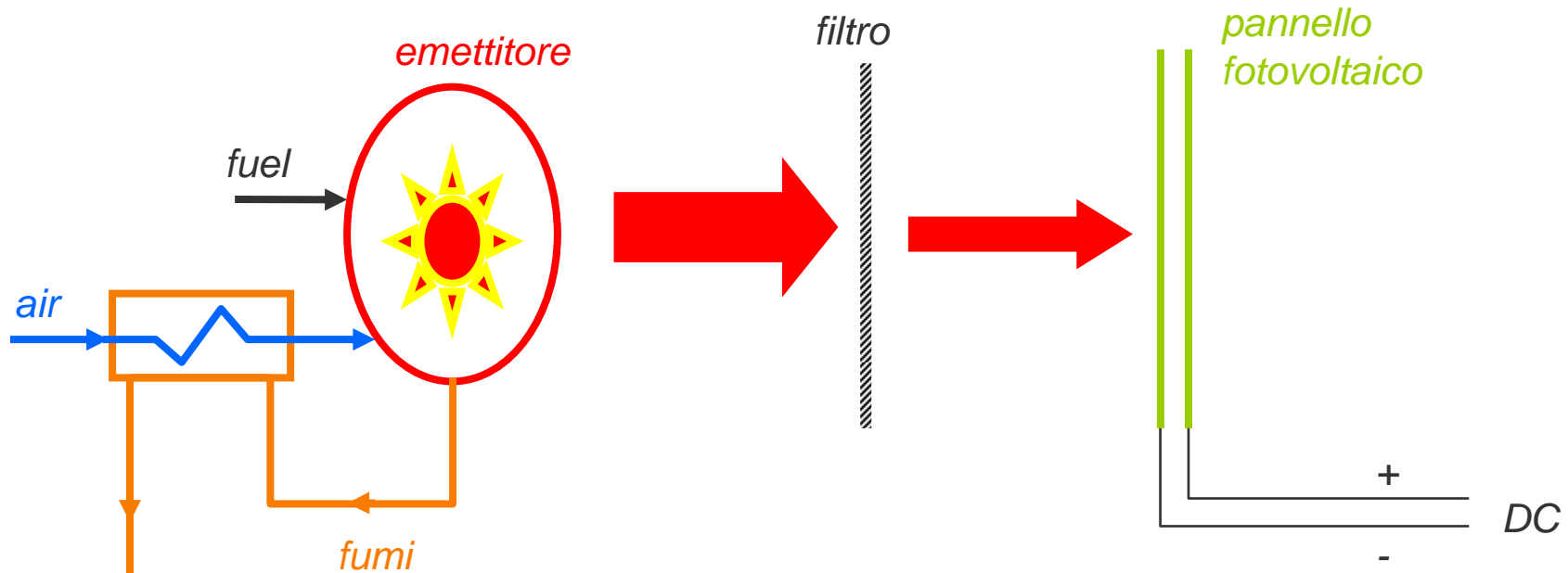
I cicli Rankine Organici ORC

**Cicli a vapore a combustione esterna che utilizzano fluidi frigoriferi
(anche come “bottomer” di MTG)**



Tecnologie non ancora disponibili

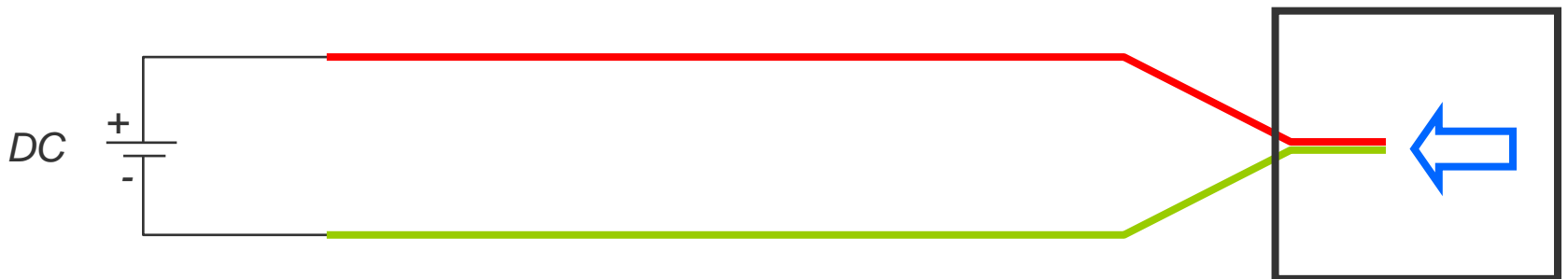
Sistemi Termofotovoltaici (TPV): *conversione, attraverso celle fotovoltaiche, dell'energia irradiata in un processo di combustione*
(in commercio: unità da qualche centinaio di We, $\eta_e < 2\%$)



cogenerazione

Tecnologie non ancora disponibili

Sistemi Termoelettrici: *circuito bimetallico percorso da corrente continua mostra una ΔT nella giunzione tra i due metalli (Peltier-Seebeck)*
(in commercio: come gen. elettrici: applicazioni fino a qualche mW, come frigo per industria elettronica)





contatti:

antonio.peretto@unibo.it

051-2093315