



BEES



Soluzioni impiantistiche in edifici ad alta efficienza energetica

I. Impianti di Riscaldamento

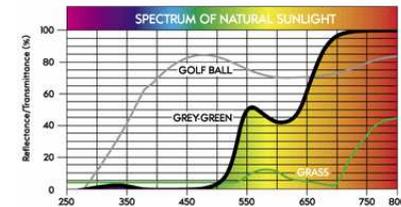
Prof. Livio Mazzarella – Dipartimento di Energia

I requisiti degli impianti negli edifici



Gli impianti per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e gli impianti di illuminazione devono rispondere ai seguenti requisiti:

- ✓ mantenere condizioni di **benessere termoisgrometrico** all'interno degli ambienti al variare delle condizioni climatiche e delle modalità di utilizzazione dell'edificio
- ✓ mantenere la **qualità dell'aria** non solo a livelli igienicamente accettabili ma anche tali da assicurare il comfort
- ✓ mantenere illuminamento naturale e artificiale a livelli che assicurino il **benessere visivo**
- ✓ non immettere, per quanto possibile, rumore negli ambienti in modo da mantenere il livello sonoro ad un valore compatibile con il **benessere acustico**.



I requisiti degli impianti negli edifici



Gli impianti per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e gli impianti di illuminazione devono quindi essere progettati e realizzati per assicurare e mantenere:

- ✓ il benessere termoigrometrico
- ✓ la qualità dell'aria,
- ✓ il benessere visivo
- ✓ il benessere acustico

con i seguenti vincoli:

- ✓ **minimo costo economico**
- ✓ **minimo consumo di energia**
- ✓ **minimo impatto ambientale**



<http://whisperofthewind.wordpress.com>

Quali tecnologie per gli edifici ad alta efficienza energetica



Due distinte possibilità spesso sinergiche:

- **sull'involucro:**

- ottimizzare l'involucro dell'edificio per ottenere la minima richiesta di energia termica e il massimo comfort termico, igrometrico, acustico e luminoso;

- **sull'impianto:**

- utilizzare tecnologie che consentano il controllo della qualità dell'aria
- ottimizzare le tecnologie di conversione di energia da combustibile fossile in energia termica
- introdurre tecnologie che impieghino le fonti di energia rinnovabili

Impianti per edifici ad alta efficienza energetica



Il risparmio energetico legato agli impianti per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici può essere ottenuto attraverso:

- ✓ uso di tecnologie per il controllo della qualità dell'aria:
 - ventilazione meccanica controllata
- ✓ uso ed ottimizzazione delle migliori tecnologie esistenti:
 - caldaie a condensazione
 - pompe di calore
 - poligenerazione
 - regolazione intelligente
- ✓ introduzione delle fonti rinnovabili di energia per
 - produzione acqua calda sanitaria
 - riscaldamento ambientale
 - raffrescamento ambientale



Ventilazione meccanica controllata

Perché la ventilazione?



Per mantenere un desiderato stato dell'aria ambiente:

qualità (assenza inquinanti), temperatura e umidità devono essere mantenute all'interno di intervalli specifici perché si abbia benessere

Funzionalità di base della ventilazione:

- rimozione di:
 - ⇒ CO₂
 - ⇒ umidità
 - ⇒ inquinanti
- eliminazione fumi

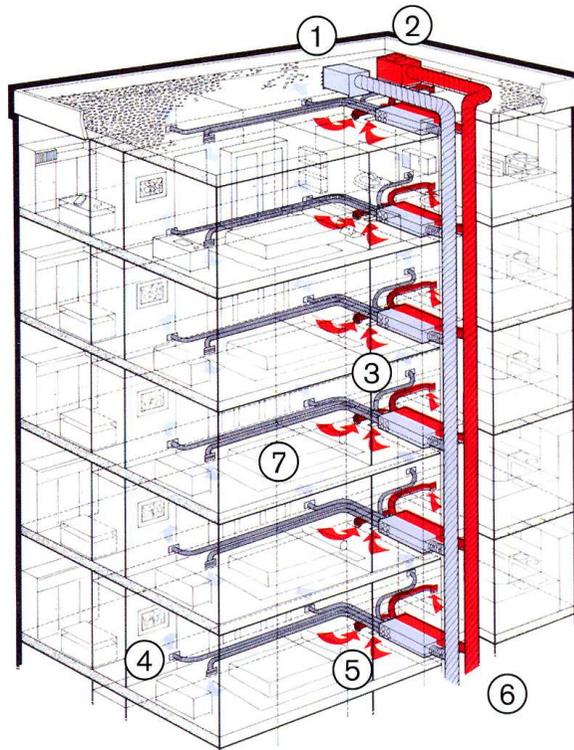
Altre possibili funzioni (termodinamiche):

- riscaldamento/condizionamento dell'aria
- de-umidificazione

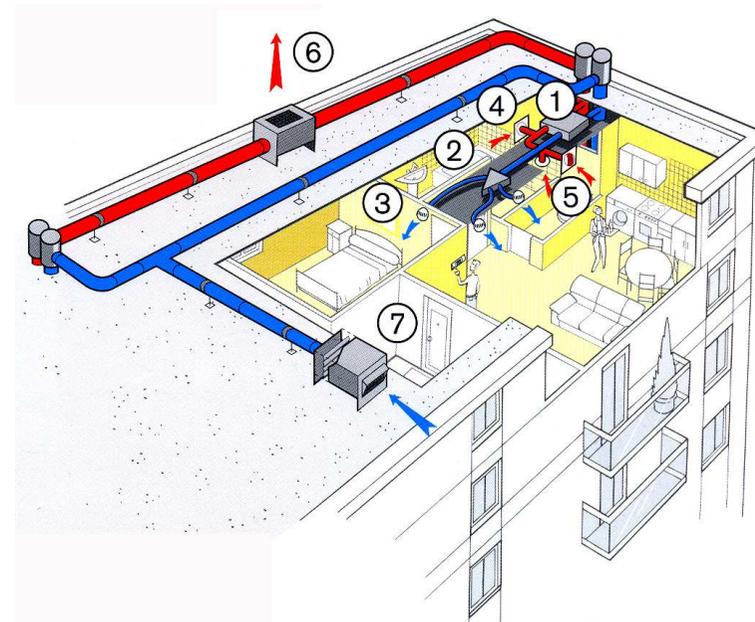
Ventilazione meccanica controllata



Fonte: Aldes



- 1 - Ventilatore di immissione centralizzato
- 2 - Ventilatore di estrazione centralizzato
- 3 - Recuperatore di calore autonomo
- 4 - Terminale di immissione aria nuova
- 5 - Terminale di estrazione
- 6 - Canalizzazioni principali
- 7 - Condotti di distribuzione interna



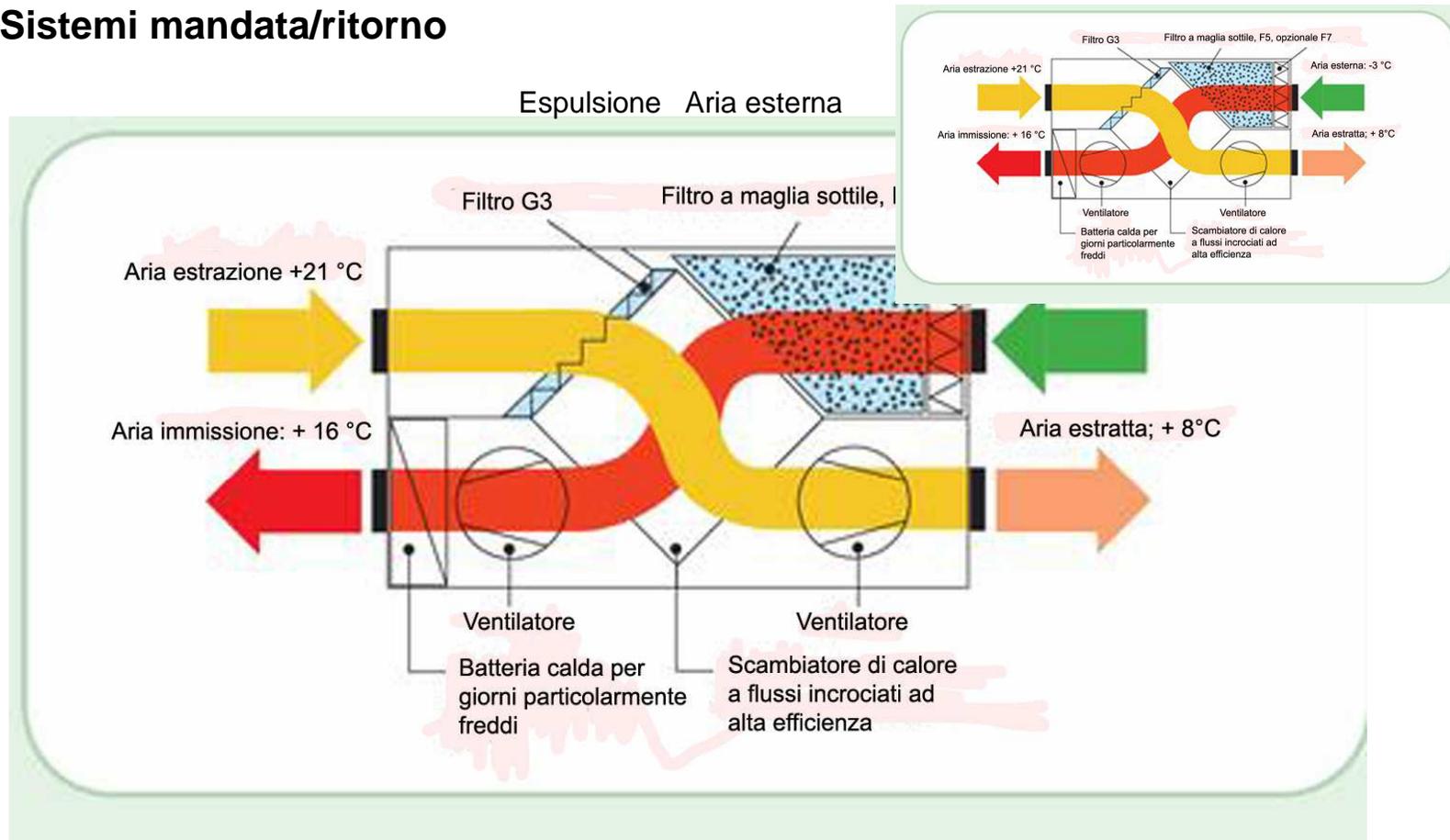
- 1 - Scambiatore termodinamico
- 2 - Plenum di distribuzione
- 3 - Bocchetta di immissione
- 4 - Bocchetta di estrazione
- 5 - Modulo di regolazione a portata variabile
- 6 - Ventilatore centralizzato di estrazione
- 7 - Ventilatore centralizzato di immissione con filtrazione dell'aria esterna

I sistemi a doppio flusso consentono di installare dei recuperatori statici o termodinamici

Ventilazione meccanica controllata



Sistemi mandata/ritorno



Ventilazione meccanica controllata



Ventilazione meccanica controllata: consente di risparmiare energia

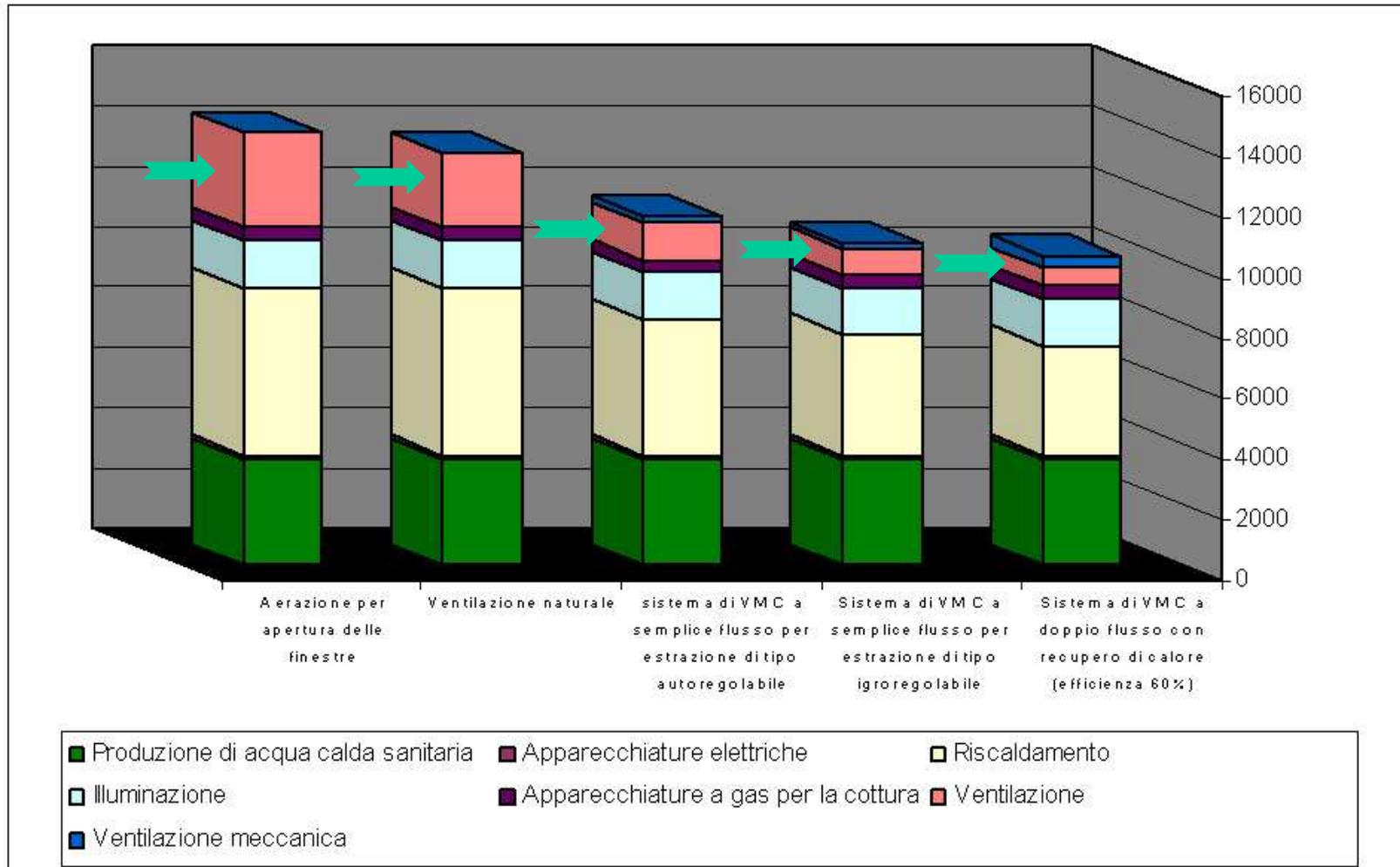


Fig. 1 - Consumi energetici riferiti all'alloggio tipo espressi in kWh di EP annua. Fonte: ricerche Aldes France



Caldaie a condensazione

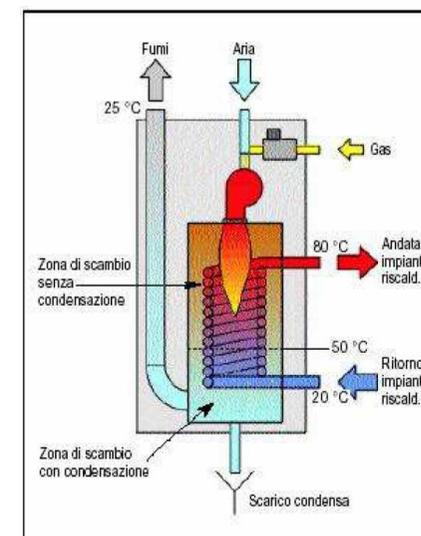
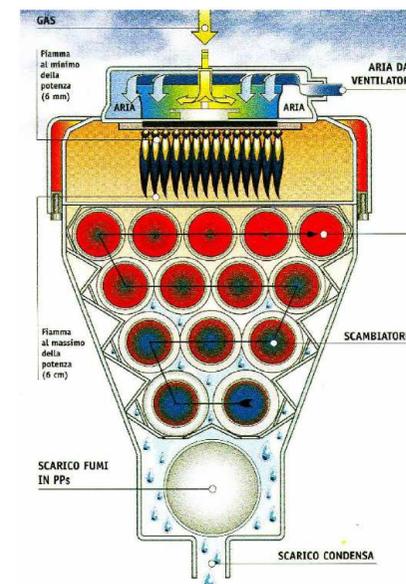
Generatori di calore a condensazione

Nei generatori di calore tradizionali esistono due limiti all'aumento del rendimento medio stagionale:

- ✓ la temperatura dei fumi non può scendere sotto determinati valori, se deve essere garantito il corretto funzionamento del camino.
- ✓ la temperatura dell'acqua non può scendere sotto determinati valori indicati dal costruttore per evitare pericoli di condensazione (incrostazioni e corrosione dei materiali dovuti all'acidità della condensa stessa)

I generatori di calore a condensazione sono progettati per superare questi limiti :

- ✓ un scambiatore di calore fumi-acqua molto abbondante abbassa la temperatura dei fumi fino a valori poco superiori a quelli della temperatura di ritorno
- ✓ il vapore d'acqua contenuto nei fumi condensa abbondantemente, in misura variabile con l'eccesso d'aria e con la temperatura dell'acqua di ritorno, cedendo il suo calore latente all'acqua del generatore.
- ✓ la temperatura dei fumi è tipicamente 50-60°C invece di 120°C- 180°C per una caldaia standard.



Generatori di calore a condensazione



Il rendimento utile di una caldaia dato da

$$\eta_{tu} = \frac{Q_{tu}}{Q_c} = \frac{Q_{tu}}{m \cdot H_I}$$

dove : Q_{tu} = l'energia termica prodotta dal generatore

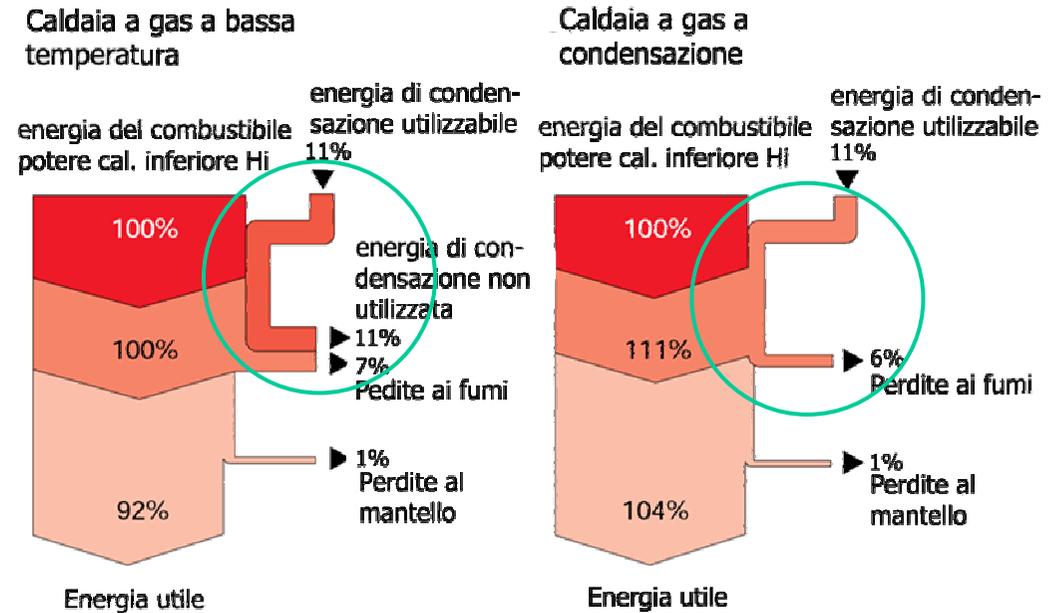
Q_c = l'energia potenziale del combustibile

H_I = il "potere calorifico inferiore" PCI del combustibile

m = la massa di combustibile bruciato

Per il gas naturale in Italia, differenza media tra PCI e PCS circa 11%.

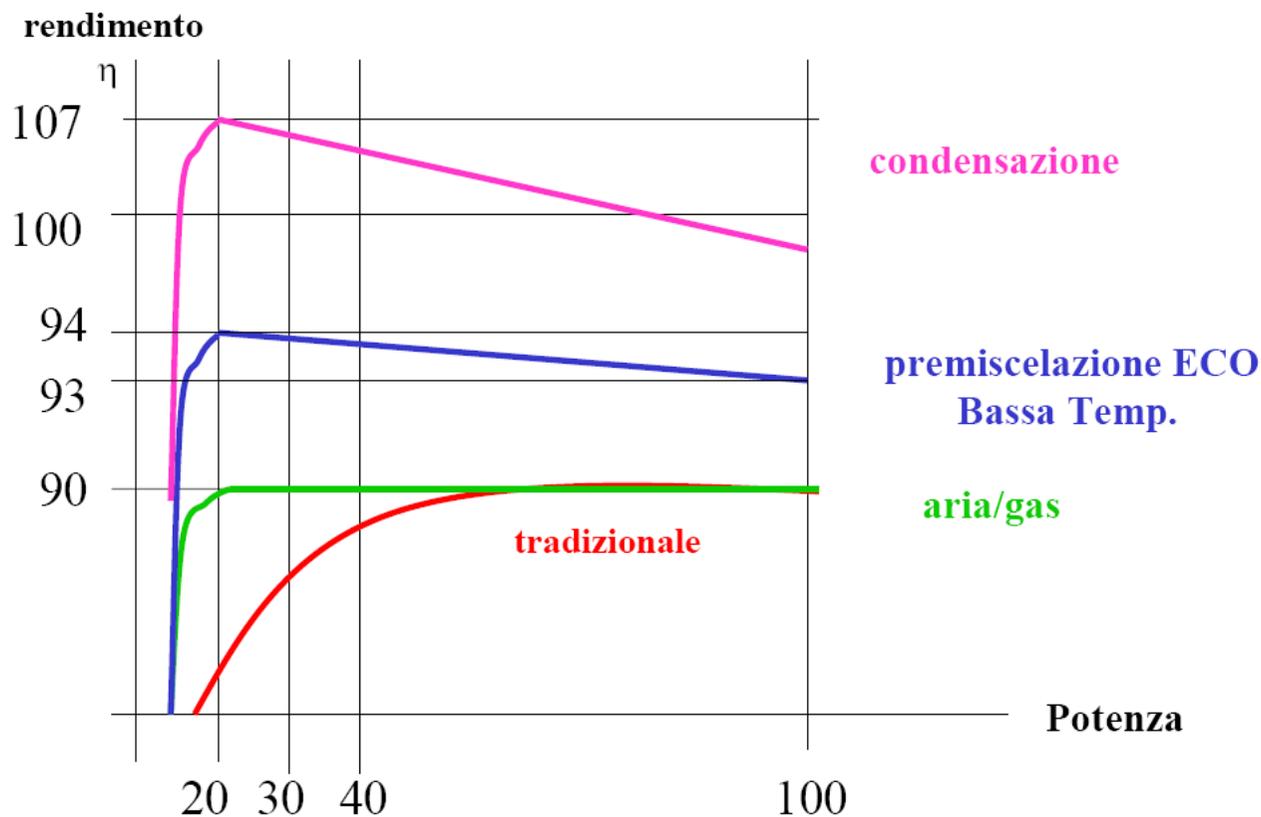
Consuetudine misurare il rendimento utile di un generatore facendo riferimento al PCI il che comporta avere rendimenti superiori al 100%..



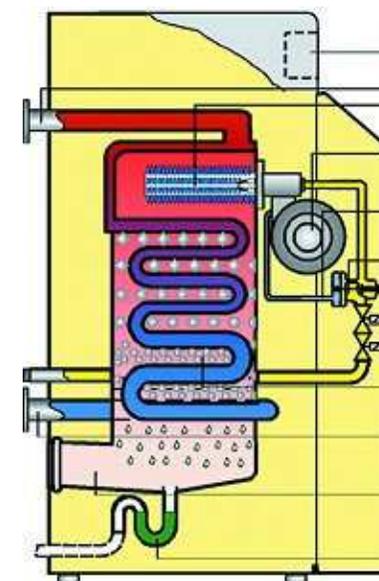
Caldaie a condensazione



Recupero d'energia contenuta nel vapore d'acqua dei fumi facendolo condensare



Fonte: Riello





Caldaie a condensazione ?

ATTENZIONE !

- ⇒ Condensa solo se la si fa funzionare con temperature di ritorno (e mandata) basse !
Necessità di terminali a bassa temperatura
- ⇒ Altrimenti funziona come una normale caldaia standard!



I rendimenti dichiarati sono per temperature mandata/ritorno di 50/30 °C max

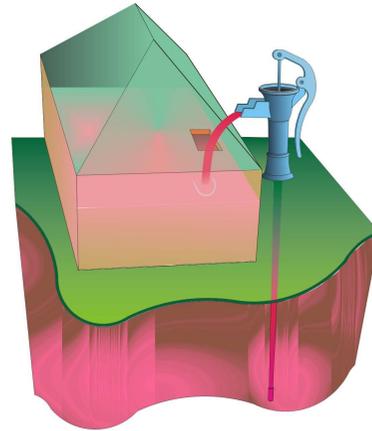


Pompe di calore

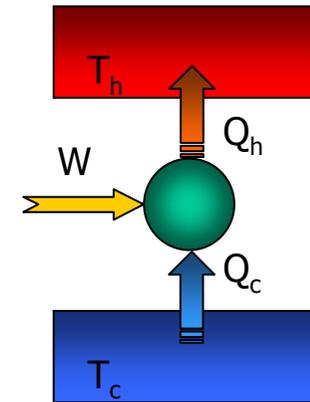
Pompe di calore



È questa?



Non proprio! ...
È quest'altra



Il bilancio energetico ci dice che:

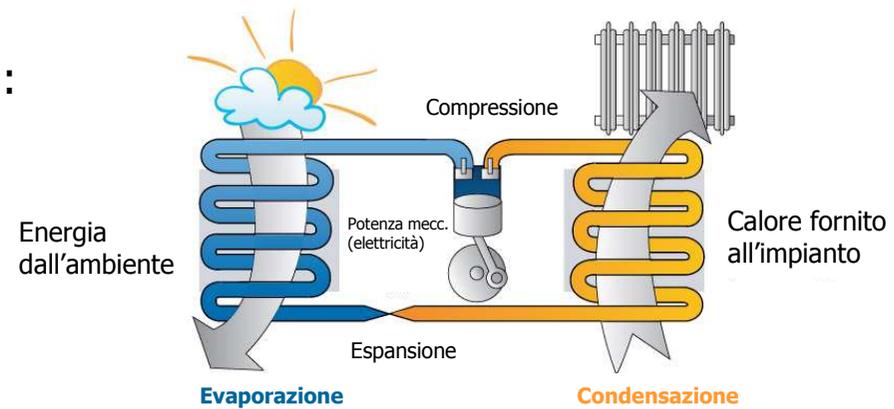
$$Q_h = W + Q_c$$

L'efficienza energetica è definita da:

$$COP = Q_h / W \quad \text{calore}$$

$$EER = Q_c / W \quad \text{freddo}$$

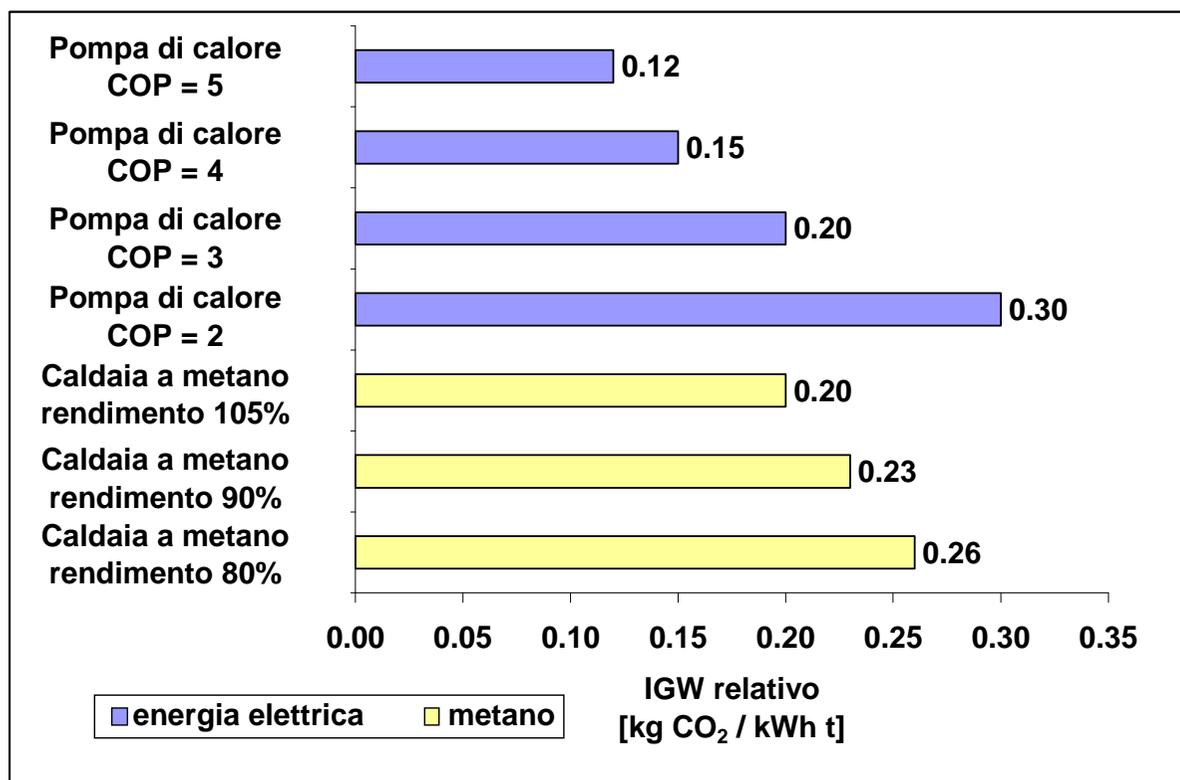
Schema di funzionamento macchina a compressione





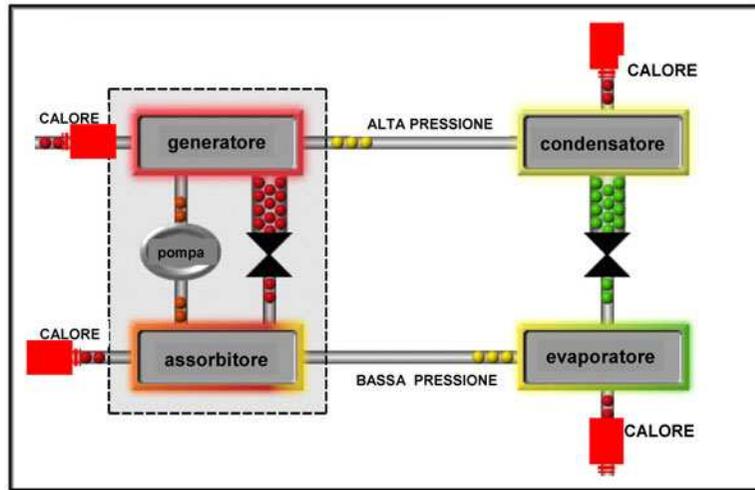
Consumano meno energia primaria e inquinano meno

Emissioni di CO₂ in grammi per 1 kWh termico prodotto



Fonte: CDA -n.5 maggio 2005

Pompe di calore anche a gas



10%
Uscite di calore

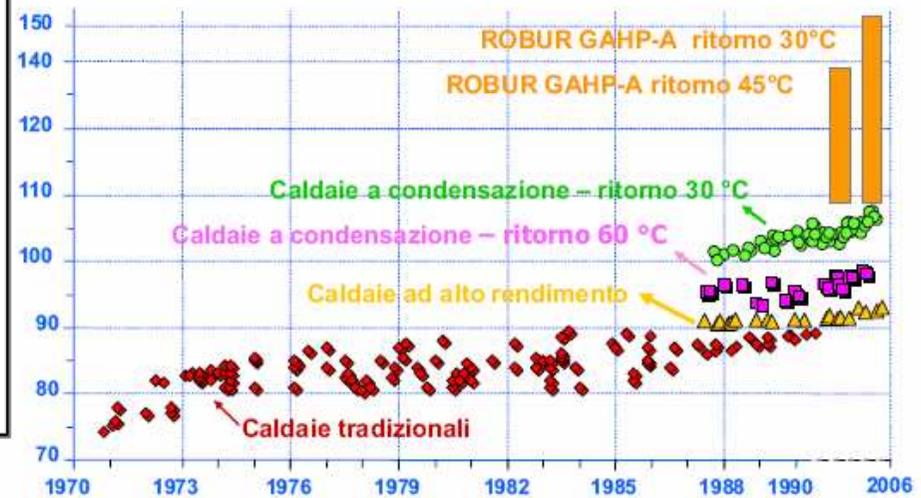
54%
Energia da
fonte naturale:
aria



144%
Energia termica
disponibile

100%
Spesa di combustibile

Efficienza delle Pompe di Calore ad Assorbimento

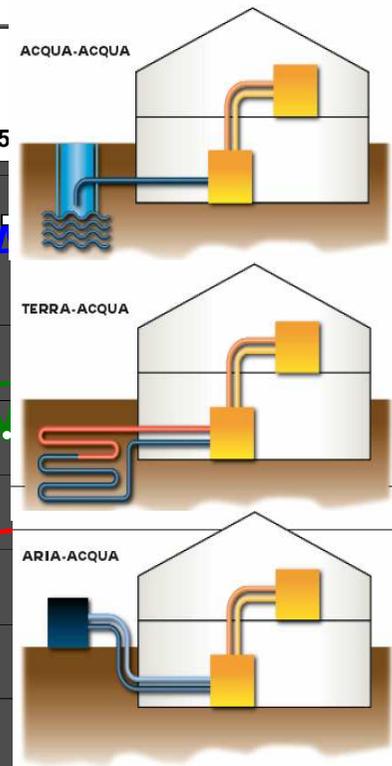
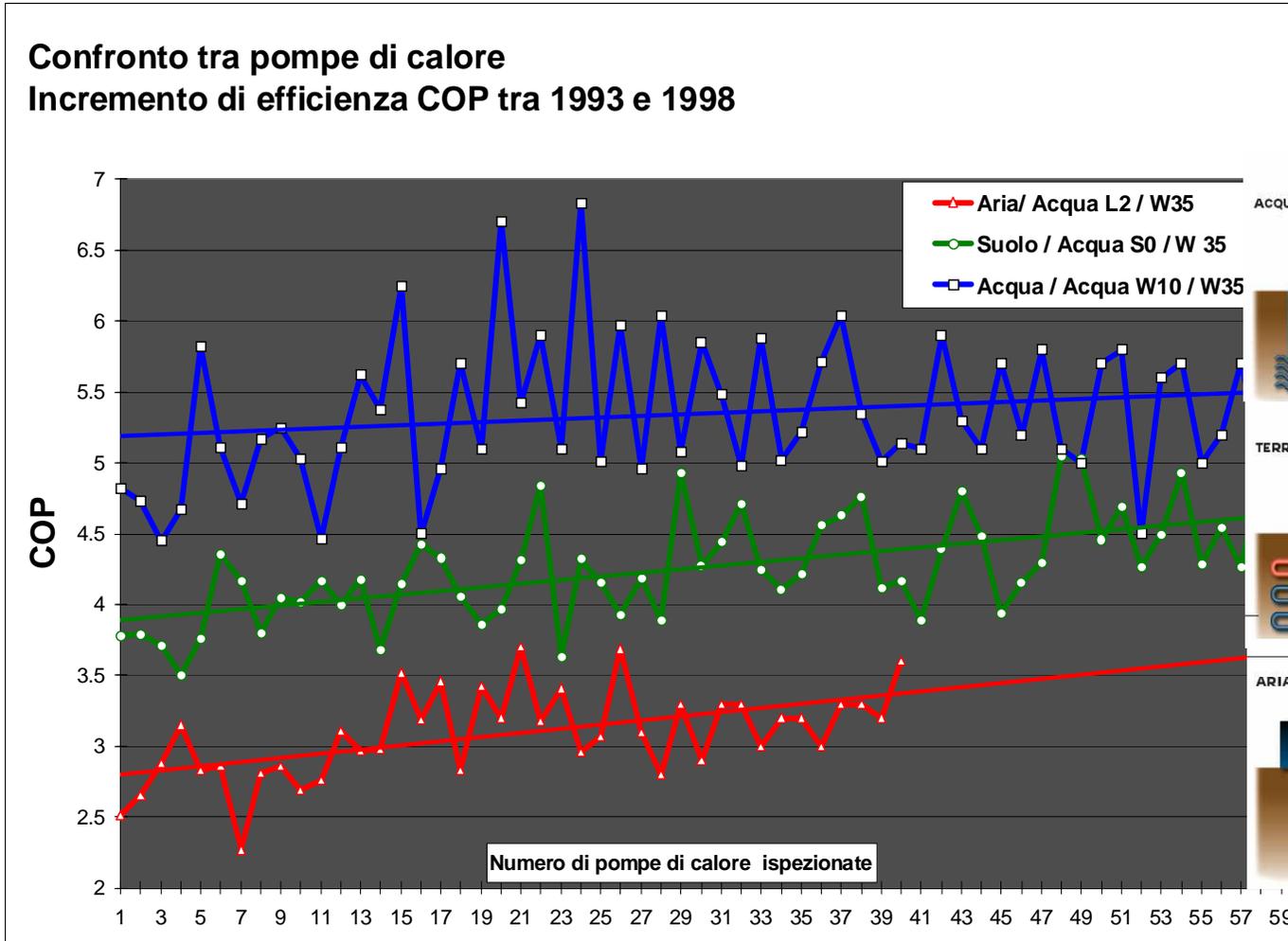


CONFRONTO GAHP - CALDAIE

Macchine ad assorbimento con bruciatore direttamente inserito nel corpo macchina

Fonte: ROBUR

L'impiego di sorgenti diverse da prestazioni differenti



Fonte: Wärmepumpen-Testzentrum WPZ - CH



Pompe di calore utilizzando il terreno come sorgente termica



Circuito chiuso con scambiatori verticali



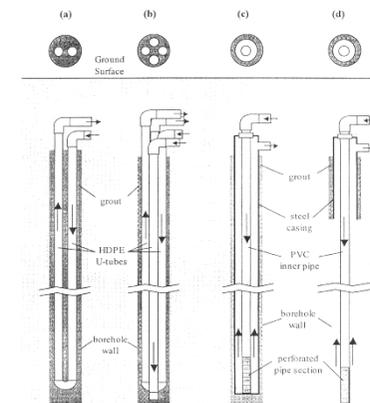
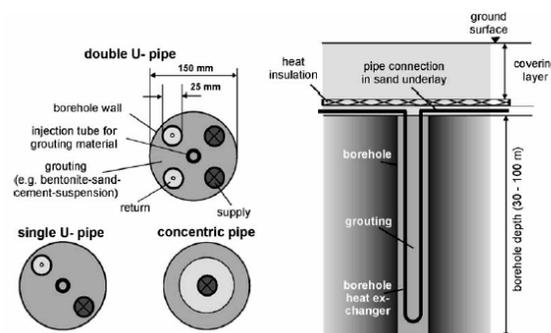
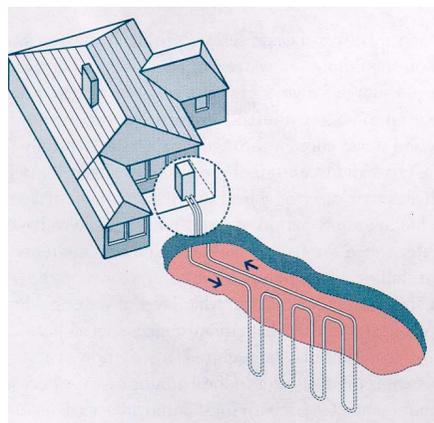
Viene occupata un'area limitata

Costi elevati

Ottima efficienza (mediamente 40 W/m di sonda)

Possibilità d'accoppiamento alle palificazioni (sistemi di pali energetici), nel caso esse siano necessarie per la natura del terreno o i carichi da sopportare

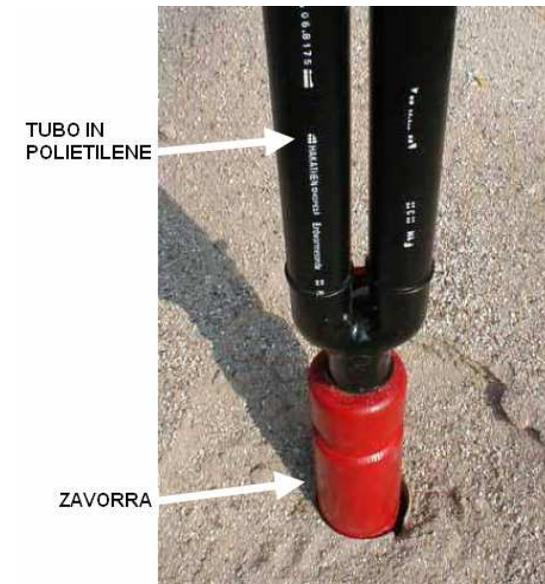
Le perforazioni vanno da 50 a 350 m di profondità (ma il 70 % sta tra gli 80 e i 120 m) e hanno un diametro di 10÷15 cm



Circuito chiuso con scambiatori verticali



- Sonda a Singola U
- Sonda a Doppia U
- Sonde Concentriche



Pali Energetici



Le palificazioni adottate nel caso di terreno "molle" o per elevati carichi strutturali possono fungere da supporto per sonde geotermiche

Pali in getto colato sul posto: i tubi sono fissati all'armatura prima della colata



Pali in cemento centrifugo: i tubi sono inseriti successivamente nella cava e poi annegati in cemento o bentonite; i pali hanno un diametro di circa $0.4 \div 1.5$ m (distanze minime anche meno di 1 m e lunghezza da pochi metri a $25 \div 30$ m) e possono dare da 30 a 50 W/m di energia termica



Pali Energetici



Devono essere concepiti sin dalla prima fase progettuale

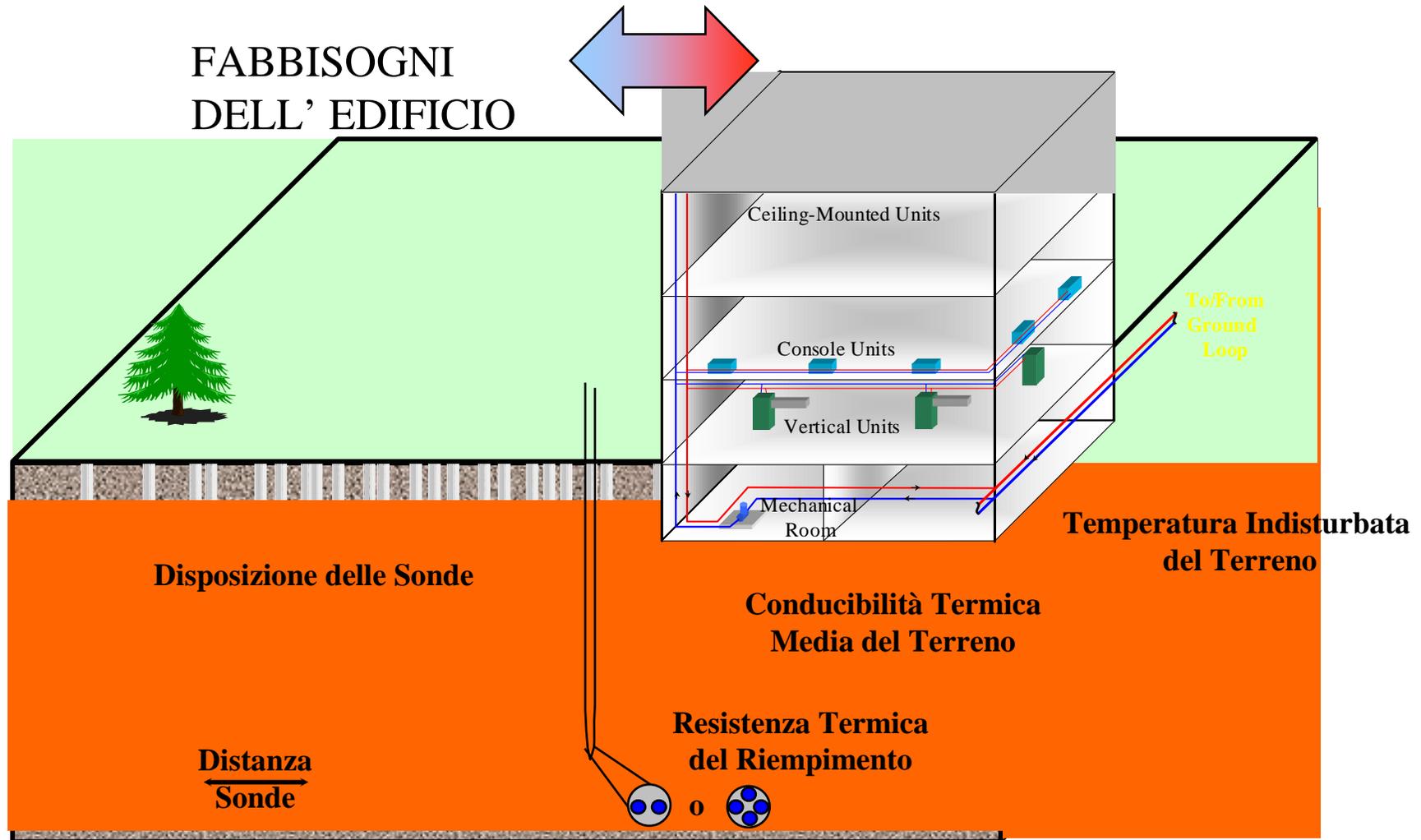
Prevedere l'esame delle caratteristiche geologiche e idrogeologiche del terreno assieme a quelle meccaniche, per contenere i costi

Mantenere sempre temperature del fluido superiori a quelle di congelamento, per non compromettere la stabilità delle palificazioni nel terreno ad opera di ghiaccio superficiale

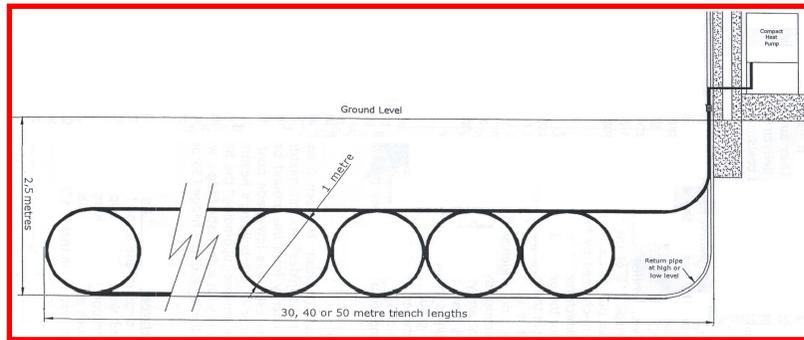
Isolare adeguatamente i condotti, per evitare la formazione di condensa nelle cantine



Parametri fondamentali



Sonde Orizzontali a Spirale



Annegamento nel magrone di sottofondazione

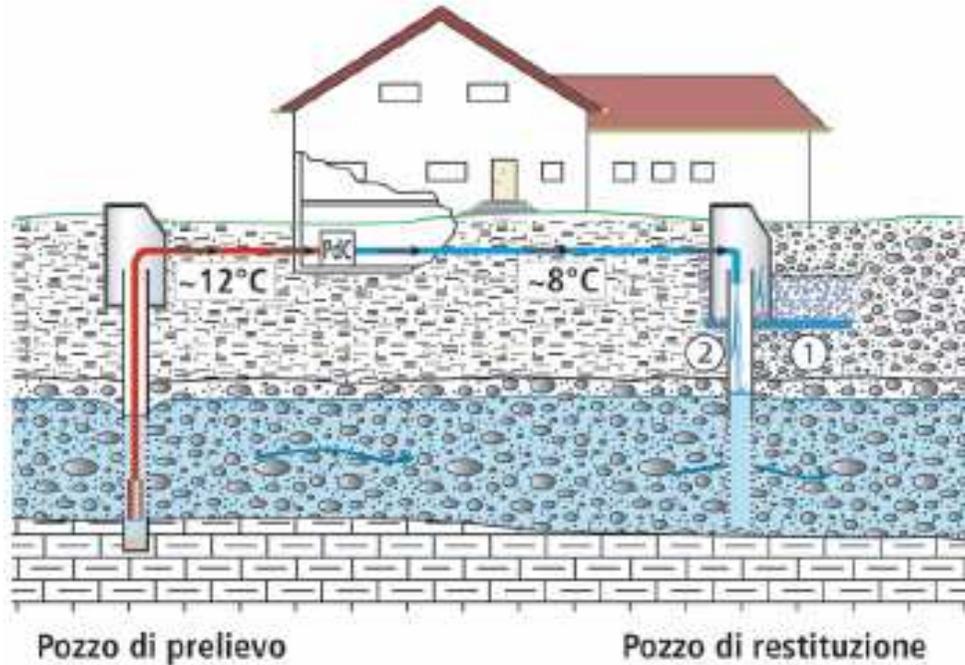


Un'applicazione simile è quella in cui i circuiti scambiatori vengono distribuiti nel magrone di sottofondazione; anche in questo caso vale il limite di temperatura.

E' importante isolare sul lato interno per evitare il rischio di condensa.



Impianti con acqua di falda o superficiale (fiume, lago, mare)



Utilizzo diretto con emungimento dalla falda o prelievo dal fiume, lago o mare

Utilizzo indiretto attraverso uno scambiatore intermedio immerso nell'acqua del fiume, lago o mare



CIRCUITO CHIUSO



CIRCUITO APERTO



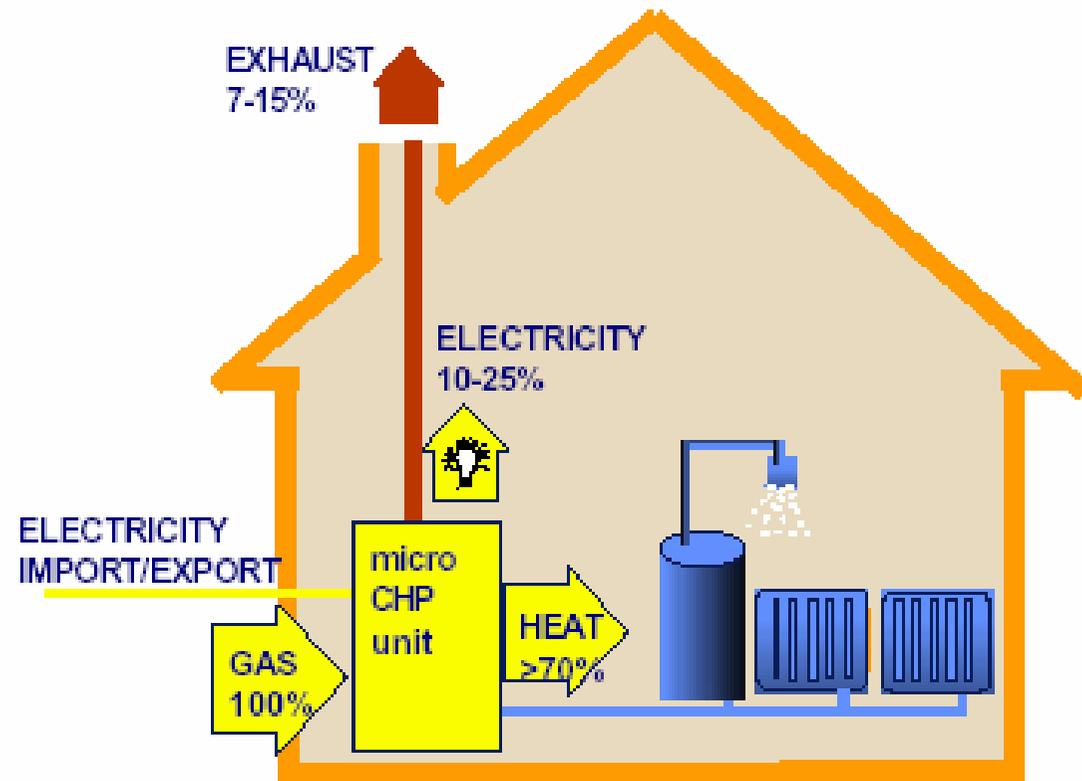
Sistemi cogenerativi e trigenerativi

Micro cogenerazione: MicroCHP



Produzione combinata di energia termica ed elettrica tramite un motore primo:

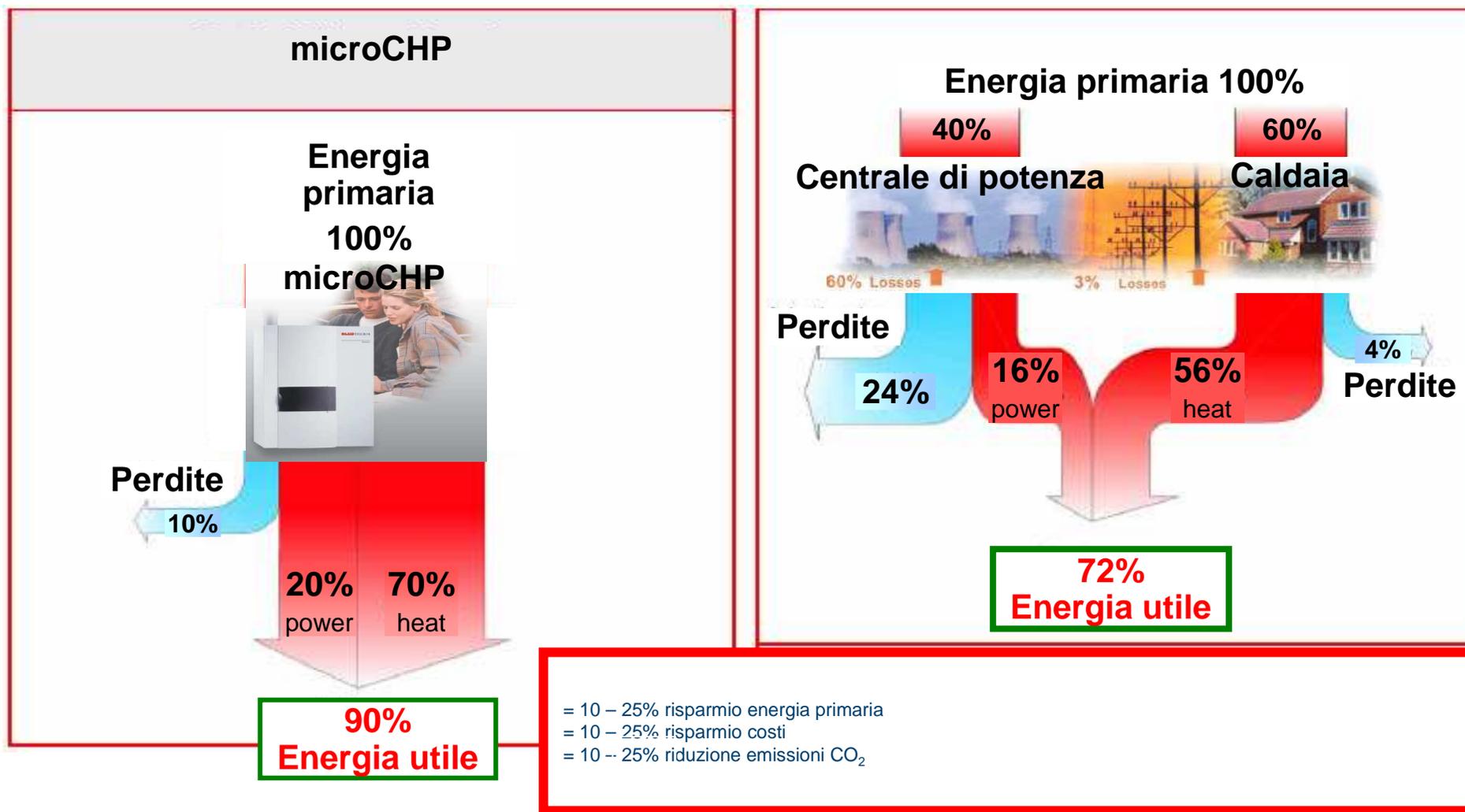
- a combustione interna alternativo
- microturbina (di derivazione automobilistica)
- con celle a combustibile



MicroCHP: confronto energetico

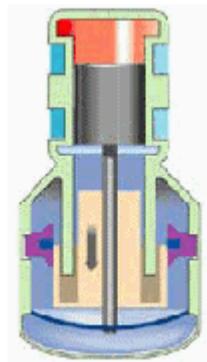


Confronto energetico microCHP / caldaia a condensazione)



Fonte: Seminari AICARR

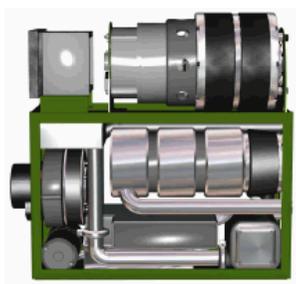
MicroCHP: tecnologie



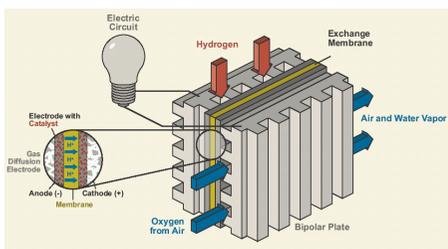
■ Motori a combustione interna (otto o diesel a gas, ...)

■ Motori a ciclo Stirling

■ Motori a ciclo Rankine cycle (vapore, fluido organico)



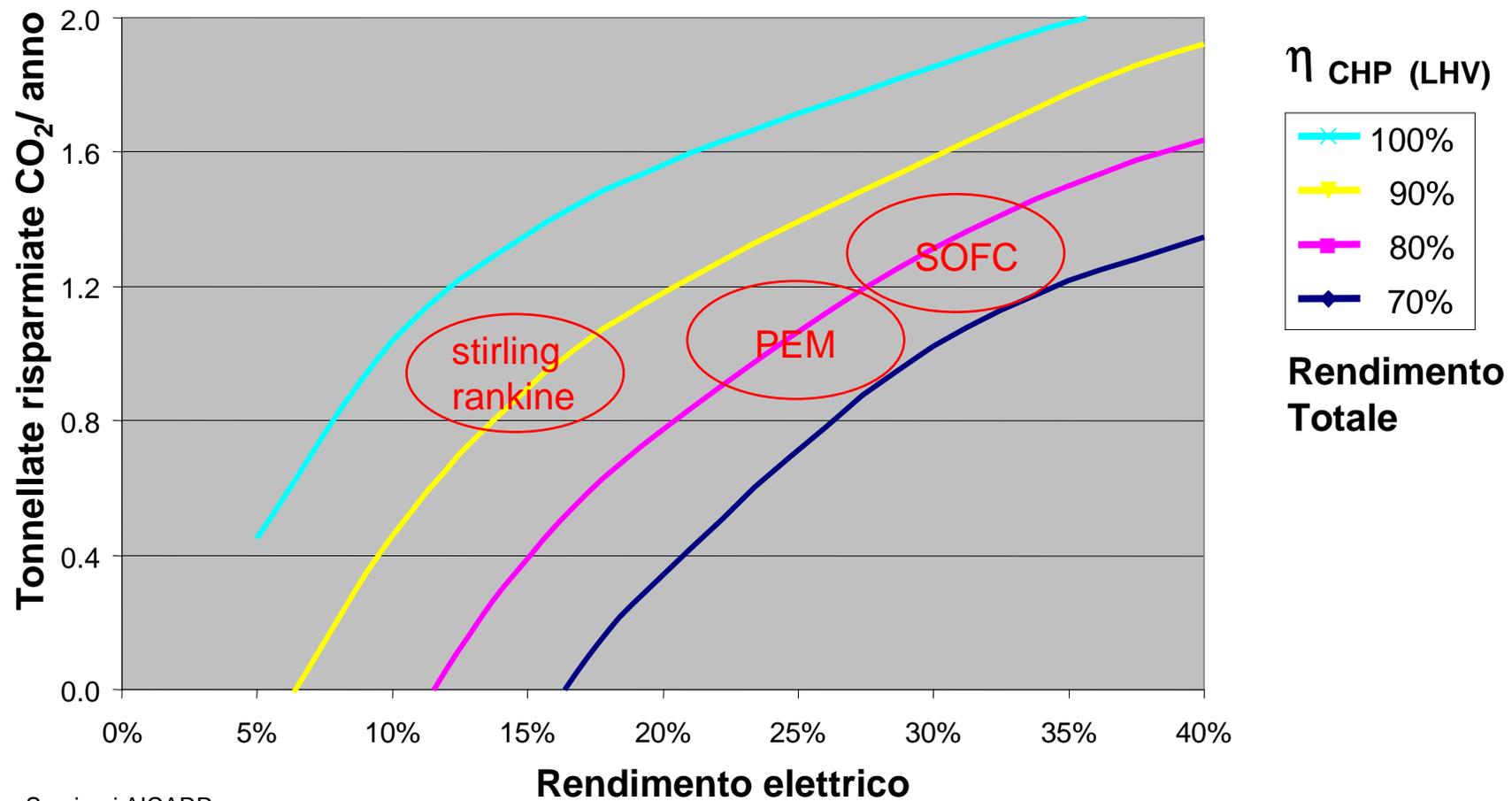
■ Celle a combustibile (PEM, SOFC, ...)





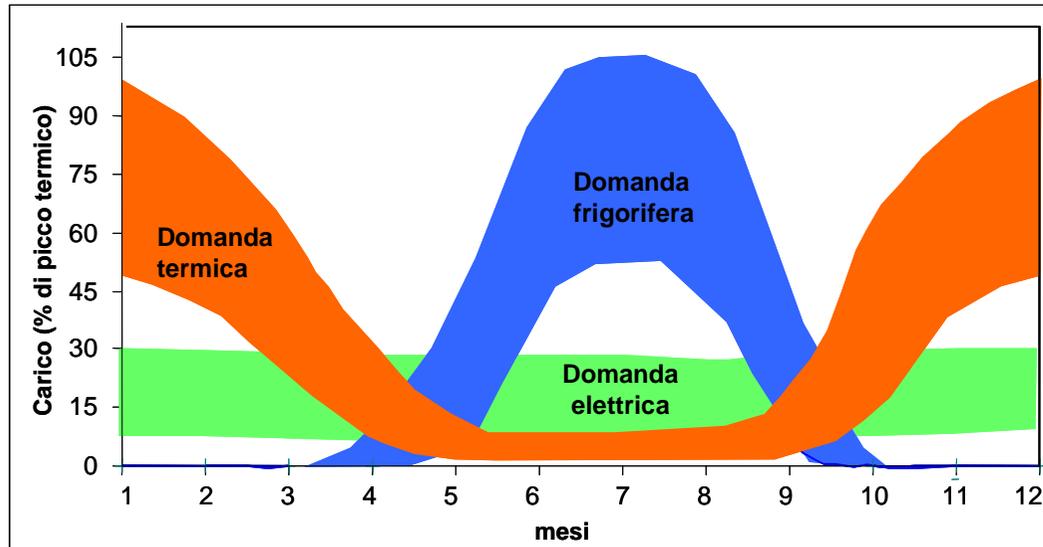
Riduzione emissione CO₂ in case unifamiliari

Ipotesi di calcolo: ristrutturazione di case singole unifamiliari
1 kW_{el}, con caldaia integrativa, valori indicativi



Fonte: Seminari AICARR

Trigenerazione- principi generali



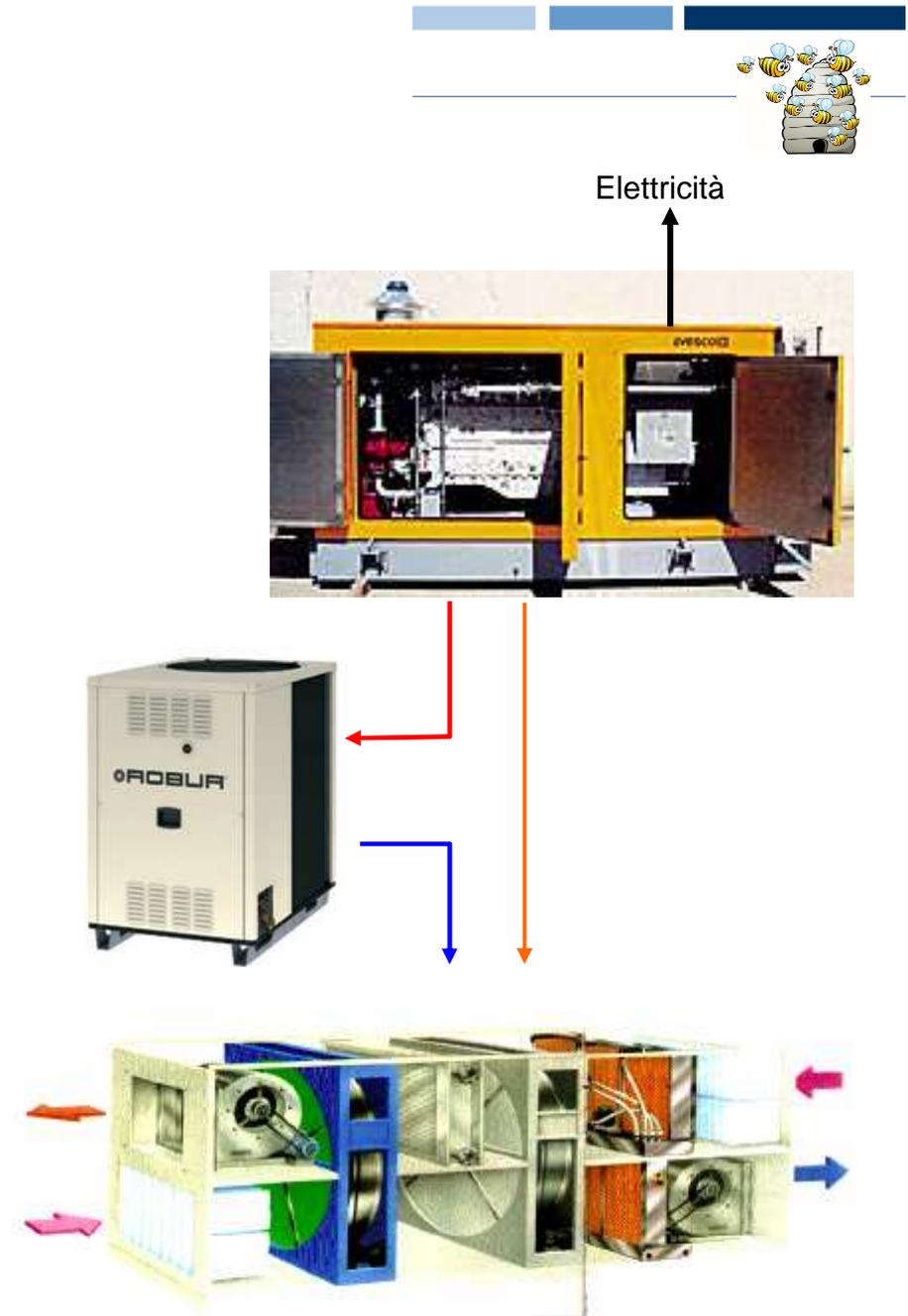
Si riduce il picco estivo di richiesta elettrica e si utilizza d'estate il gas quando costa meno

- La **trigenerazione** è la produzione combinata di **energia elettrica, calore e freddo**
- Trova applicazione per utenze caratterizzate dalla presenza delle 3 richieste energetiche, che possono presentarsi sia separatamente sia contemporaneamente
- Scopo: aumentare il fattore di utilizzo dell'impianto (la redditività)
- Si può realizzare mediante (frigo e pompe di calore)
 - **gruppi a compressione**: tradizionalmente impiegati, costi di impianto più bassi
 - **gruppi ad assorbimento**: soluzione energeticamente efficiente quando funzionano con il calore cogenerato, costi elevati

MicroTrigenerazione

Poligenerazione con tecnologia di refrigerazione e climatizzazione dell'aria a energia termica

- Sistemi di trigenerazione di piccola taglia ($< 50 \text{ kW}_{el}$)
- Tecnologia di produzione del freddo e di climatizzazione utilizzando sorgente termica
- In particolare sistema costituito da:
 - Cogeneratore (motore diesel a gas che trascina un alternatore)
 - Frigorifero ad assorbimento
 - Unità trattamento aria con ruota adsorbente (DEC)



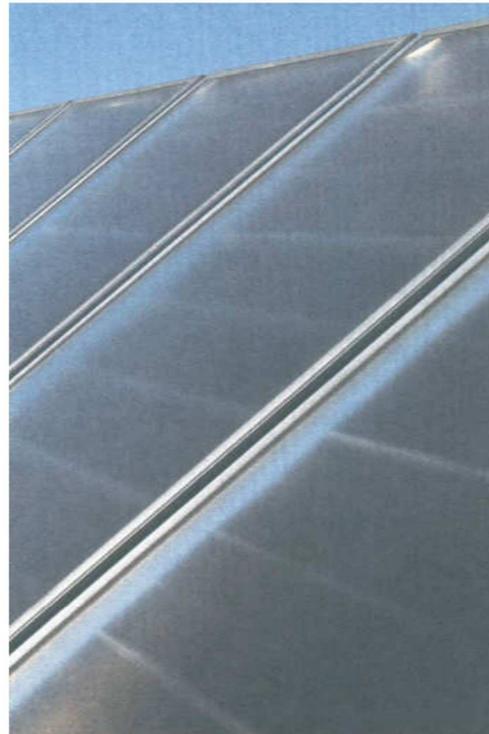


Energia solare

Fotovoltaico



Solare termico



... Energia solare + sintesi clorofilliana

Biomassa





Caldaie a biomassa



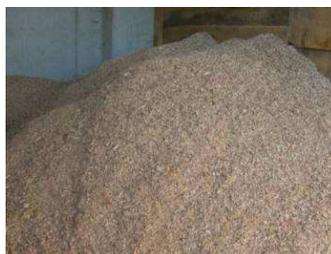
Tipologie di combustibile



Le biomasse possono essere di tipologie e varietà molto diverse:

- Biomasse solide (scarti di lavorazioni agricole, pellets, rifiuti industriali o urbani legnosi etc.)
- Biomasse liquide (biocombustibili liquidi quali oli vegetali, in particolare biodiesel)
- Biogas

Naturalmente a seconda delle tipologie si hanno efficienze e costi di produzione molto variabili





- **Biomasse solide:** necessitano di scarse lavorazioni (spesso vengono usate così come sono) ma hanno poteri calorifici molto bassi. La forma più efficiente è il **pellet**, costituito da un agglomerato di trucioli di segatura e scarti di lavorazione del legno, pressati meccanicamente fino ad ottenere alte densità e piccoli volumi



Pellet



Pellet di sansa



Pellet di Barbabietole



Gusci di nocciola



Cippato



Nocciolino di sansa



Gusci di mandorla



Legna



- **Biomasse liquide:** richiedono spesso lavorazioni che le rendono più costose degli altri combustibili liquidi. Il **biodiesel**, ad esempio, è un olio di semi esterificato. I poteri calorifici possono arrivare ad essere paragonabili a quelli di combustibili liquidi di origine fossile.
- **Biomasse gassose:** richiedono processi di lavorazione piuttosto complessi, ma presentano il vantaggio di poter essere ricavati anche da scarti di lavorazioni agricole, ossia da materie prime di costo nullo

Modalità d'impiego delle biomasse



- Caldaie (o termocamini) a pellet
- “Revamping” (aggiornamento) di caldaie a gasolio con biodiesel (ingenti riduzioni di emissioni di CO₂, ma con costo del combustibile ancora troppo elevato)
- Cogenerazione mediante microturbine a biogas



Combustibili solidi da biomassa



Costi dell'energia termica resa teorica riferita al PCI e "reale", cioè tenendo conto di un rendimento medio del generatore (caldaia a condensazione per il metano)

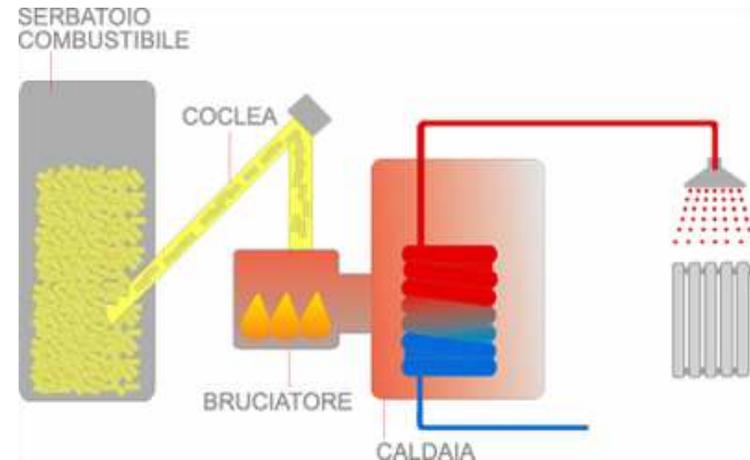
	PCI Combust.	Costo Combust.	Costo E. Teorico	Rendim. Generat.	Costo E. "Reale"
Combustibili fossili	kWh/m ³	€/m ³	€/kWh	–	€/kWh
Metano	9.74	0.72	0.074	1	0.074
Combustibili da biomassa	kWh/kg	€/kg	€/kWh	–	€/kWh
Pellets di legno	4.9	0.18	0.037	0.8	0.046
Cippato faggio/quercia	3.5	0.07	0.020	0.7	0.029
Cippato pioppo	3.3	0.06	0.018	0.7	0.026

Per valutare l'effettiva convenienza occorre valutare gli extracosti di una caldaia a biomassa solida e relativi accessori rispetto alla caldaia a metano

Caldaia a biomassa a pellets o truciolo/cippato di legno: il serbatoio

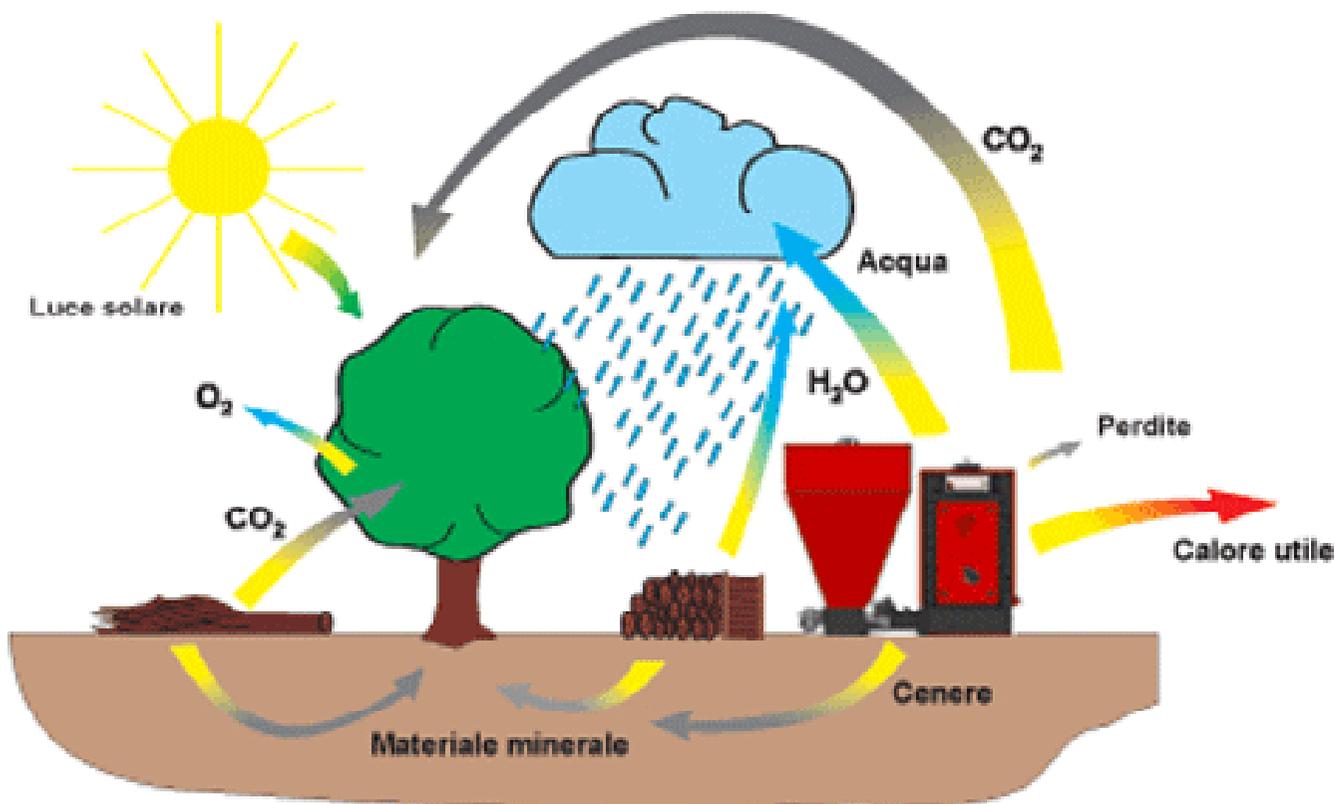


Uno dei maggiori problemi per le caldaie a biocombustibile solido è il volume necessario per l'immagazzinamento del combustibile e l'alimentazione automatica della caldaia.



Quasi impossibile una sua applicazione generalizzata

Emissioni ed impatto ambientale della combustione di biomasse in caldaie



Contro indicazioni :

è vero che le biomasse sono fonti rinnovabili, ma è altrettanto vero che vengono trasformate in energia termica attraverso un normale processo di combustione, che produce CO , CO_2 , NO_x e ceneri.

Di conseguenza, anche se si dice che la biomassa sia a bilancio netto nullo per la produzione di CO_2 , avendo in precedenza come vegetale prodotto dell'ossigeno sequestrando della CO_2 , il problema dell'inquinamento da prodotti di combustione velenosi e da polveri sottili viene invece aggravato dato che ne producono più del doppio rispetto al gas naturale

Impianto centralizzato o autonomo?



Tipologia impianto e gestione

Tipologia impianto



Impianto centralizzato o autonomo ?



Impianto centralizzato

Impianti nei quali la produzione di calore per una pluralità di utenze è effettuata mediante uno o più generatori di calore interconnessi tra loro



Impianto autonomo

Impianti nei quali ogni utenza è dotata di proprio generatore di calore indipendente e che non condividono nessuna parte di impianto con altri utenti (ad eccezione della canna fumaria)



Impianto centralizzato o autonomo ?



Vantaggi del centralizzato

- ✓ Costo di prima installazione più basso
- ✓ Vita utile più lunga
- ✓ Ripartizione delle spese di manutenzione
- ✓ Elevata efficienza
- ✓ Ampia scelta del tipo di generatore (cogen., p.d.c.)



Vantaggi dell'autonomo

- ✓ Autonomia di gestione (tempo e temperatura)
- ✓ Costo dell'energia funzione dell'effettivo utilizzo
- ✓ Bassa manutenzione e rete di assistenza capillare
- ✓ Perdite di distribuzione = apporti di calore
- ✓ Maggiore "disponibilità complessiva" del servizio

Contabilizzazione calore e risparmio



Come risolvere il problema gestionale degli impianti centralizzati?



1) Contabilizzazione del Calore

- ✓ Ripartitori di calore (colonne montanti)
- ✓ Contatore di calore (zone)
- ✓ Sistema di rilevamento (radio)
- ✓ Ripartizione contabile (20-50%)



2) Regolazione intelligente

- ✓ Valvole termostatiche su ogni terminale
- ✓ Controllo della temperatura di mandata



3) Analisi dei consumi

- ✓ Monitoraggio dell'effettivo risparmio conseguito
- ✓ Stima dell'effetto di ulteriori interventi in efficienza