



Corso Efficienza Energetica

10 Marzo 2011

Pompe di Calore

Prima parte

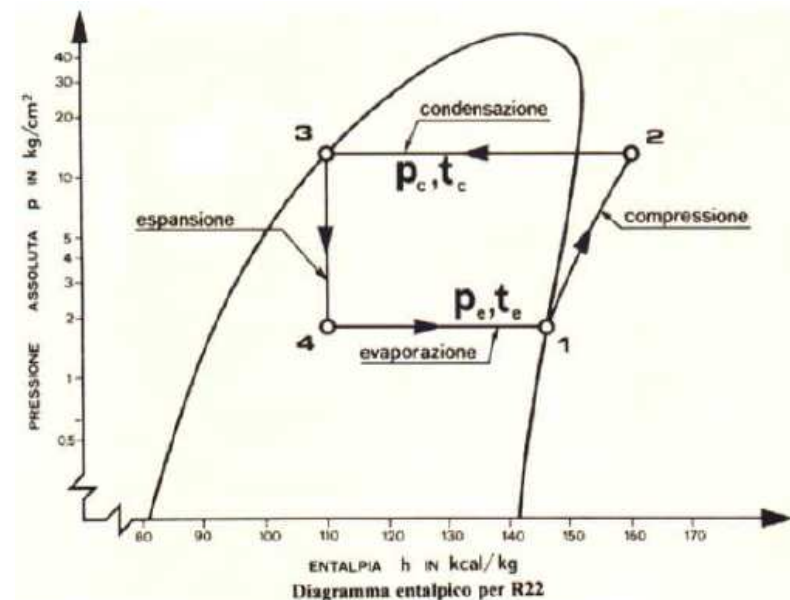
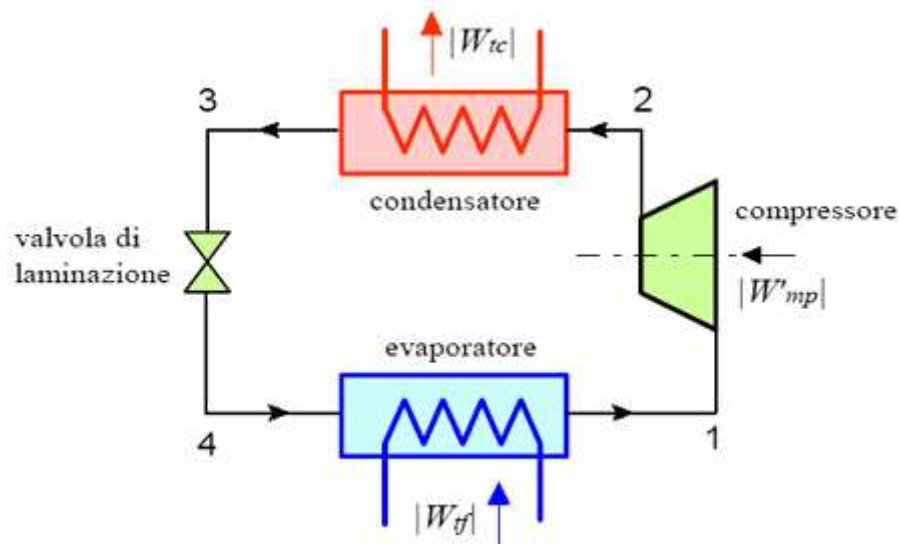


Tecnologie termotecniche



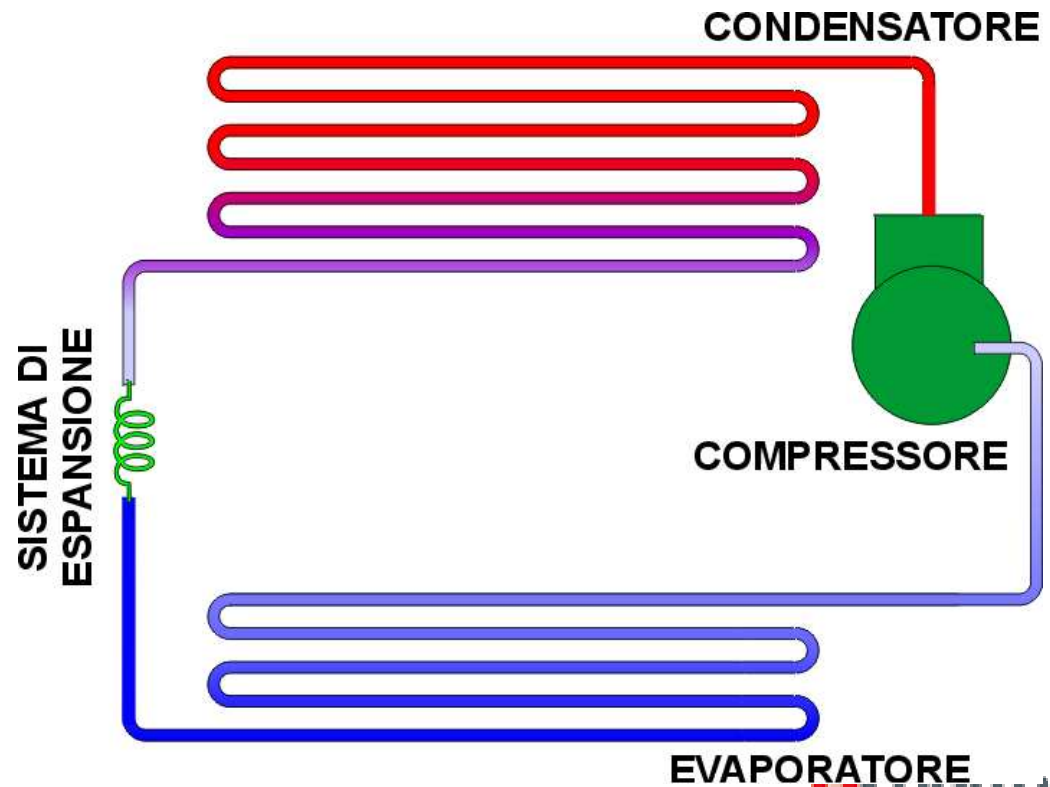
Cos'è una POMPA DI CALORE

- La **pompa di calore** è una macchina in grado di trasferire calore da un corpo a temperatura più bassa ad un corpo a temperatura più alta, utilizzando energia elettrica.
- Il principio di funzionamento che sta alla base della pompa di calore è un ciclo termodinamico chiamato ciclo frigorifero
- Il ciclo frigorifero è rappresentato nel diagramma semi-logaritmico pressione - entalpia



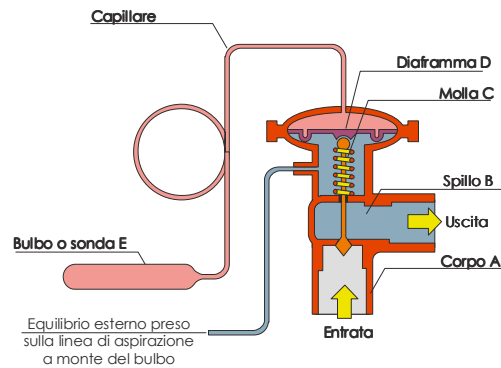
Componenti di una POMPA DI CALORE

- La Pompa di calore è costituita da un circuito chiuso percorso da uno speciale fluido frigorifero che a seconda delle condizioni di temperatura e di pressione in cui si trova, assume lo stato di liquido o di vapore.
- Il circuito chiuso è costituito essenzialmente da:
 - Un compressore;
 - Un condensatore
 - Una valvola di espansione
 - Un evaporatore



Le fasi del ciclo frigorifero

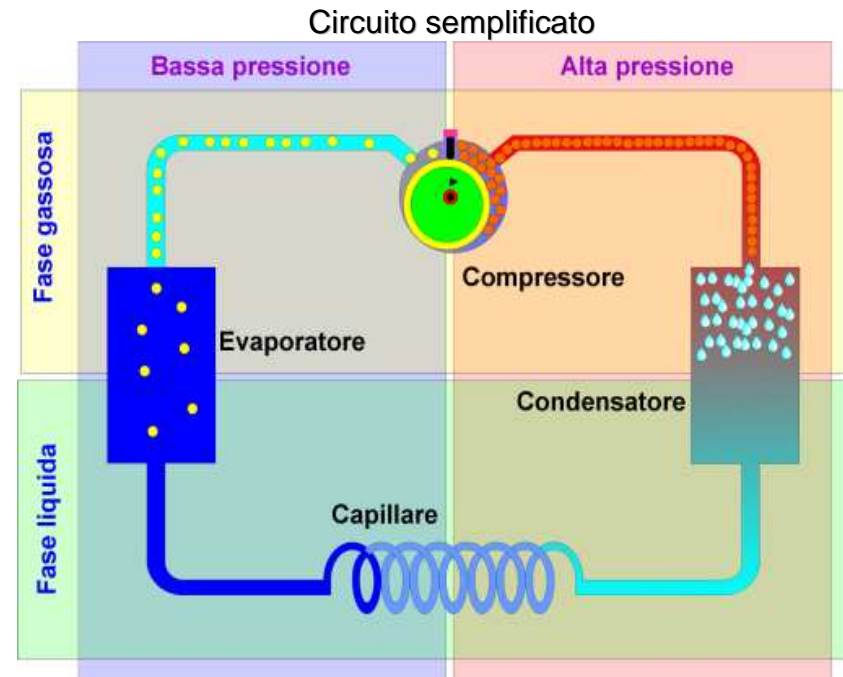
- **Compressione:** il fluido refrigerante allo stato gassoso e a bassa pressione, proveniente dall'evaporatore, viene portato ad alta pressione; nella compressione si riscalda assorbendo una certa quantità di calore;
- **Condensazione:** il fluido refrigerante proveniente dal compressore passa dallo stato gassoso a quello liquido cedendo calore all'esterno;
- **Espansione:** passando attraverso la valvola di espansione il fluido refrigerante liquido si trasforma parzialmente in vapore e si raffredda;
- **Evaporazione:** il fluido refrigerante assorbe calore dall'esterno ed evapora completamente;
- L'insieme di queste trasformazioni termodinamiche costituisce il ciclo della pompa di calore: nell'evaporatore assorbe calore dal mezzo circostante e tramite il condensatore lo cede al mezzo da riscaldare.



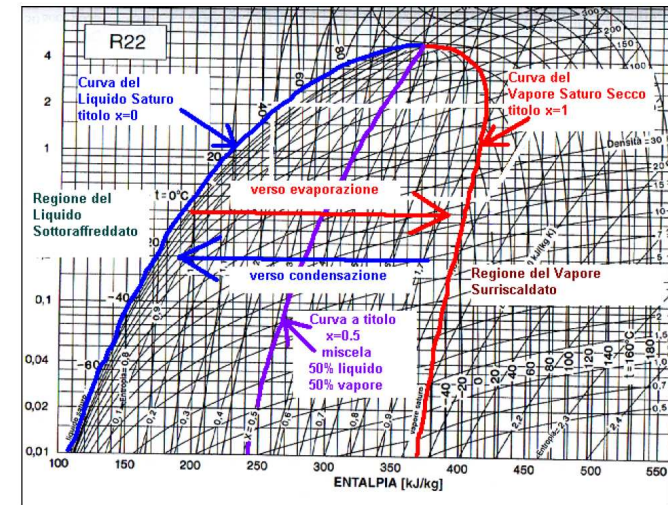
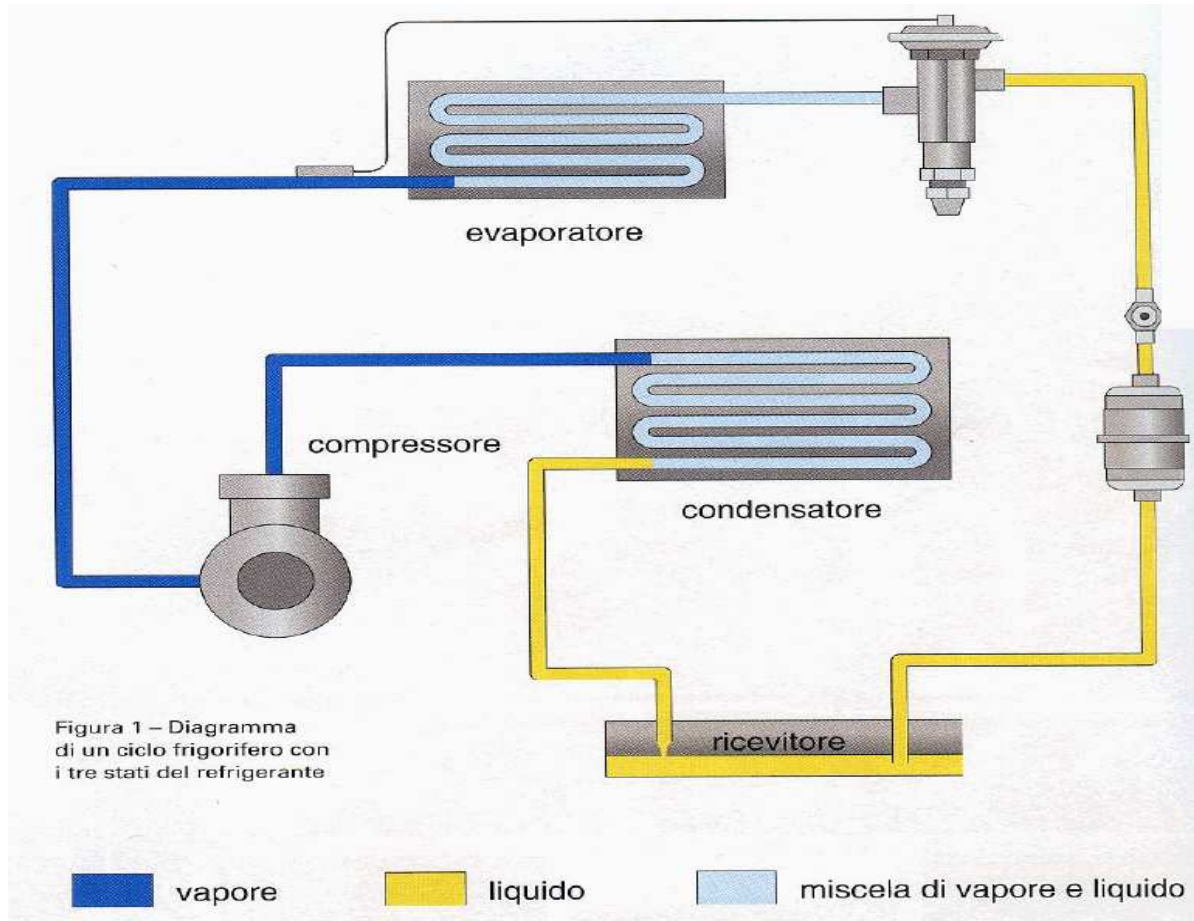
Valvola Termostatica



Compressore



Il ciclo frigorifero



Indici di efficienza istantanea

- In refrigerazione:

EER Energy Efficiency Ratio

$$P_{\text{evap}} / P_{\text{el}}$$

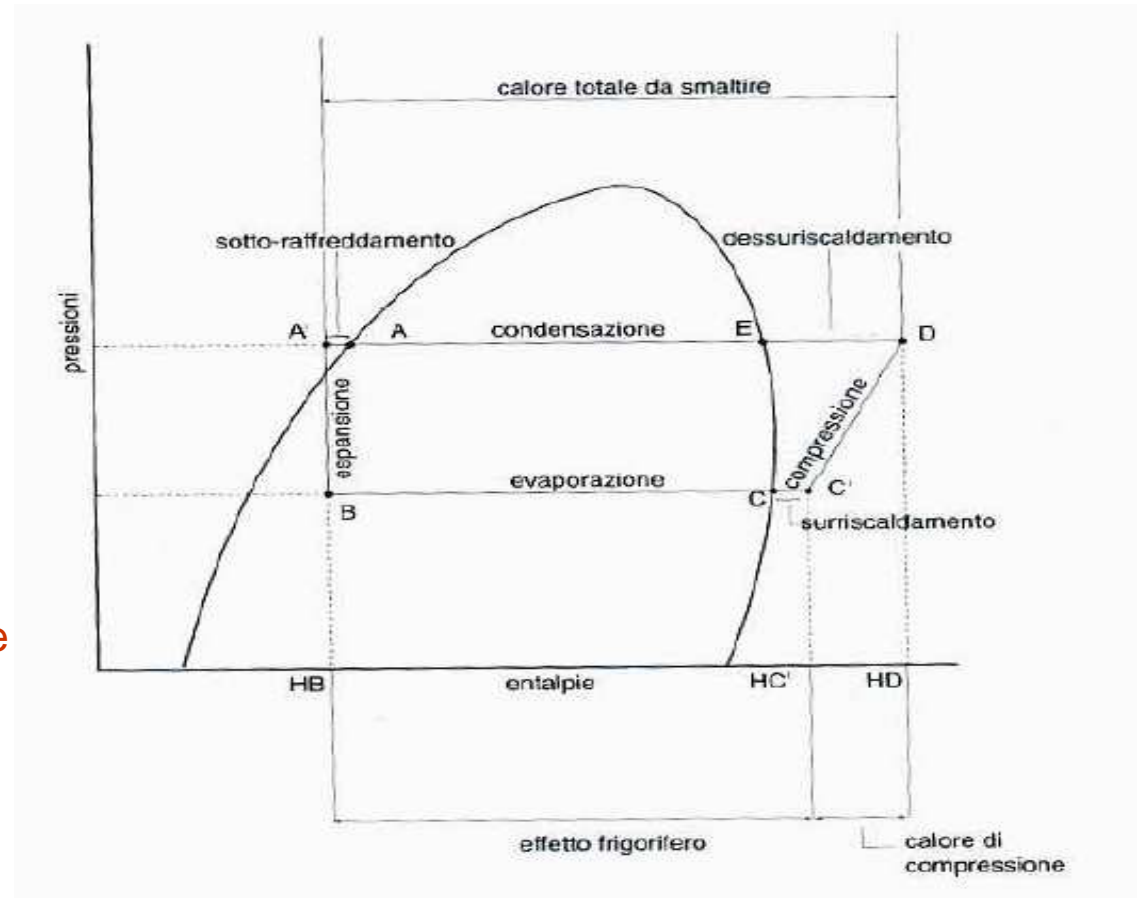
- $EER = (HC' - HB) / (HD - HC')$

- In riscaldamento:

COP Coefficient of Performance

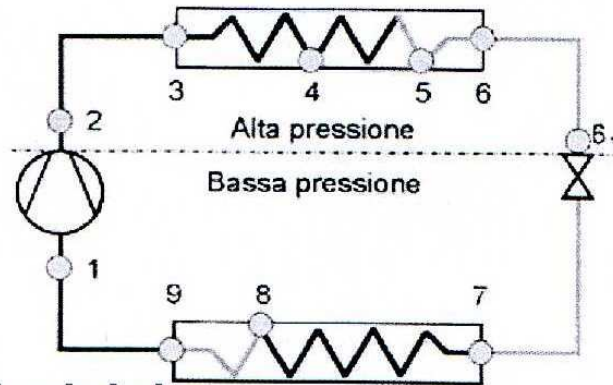
$$P_{\text{cond}} / P_{\text{el}}$$

- $COP = (HD - HB) / (HD - HC')$

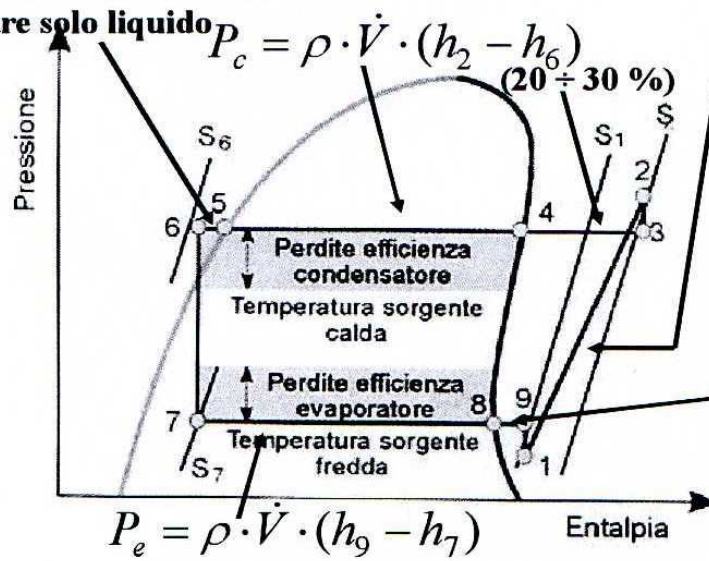


Ciclo frigorifero reale

Il diagramma p-h



Serve perché la valvola deve aspirare solo liquido



Fondamentale per la salvaguardia del compressore

$$P_m = \rho \cdot \dot{V} \cdot (h_2 - h_1)$$

— Refrigerante in fase vapore
 — Refrigerante in fase liquido

Trasformazioni:

- 1-2 Compressione
- 2-3 Perdite linea di mandata
- 3-4 desurriscaldamento
- 4-5 condensazione
- 5-6 sottoraffreddamento
- 6-7 espansione
- 7-8 evaporazione
- 8-9 surriscaldamento
- 9-1 perdite linea di aspirazione

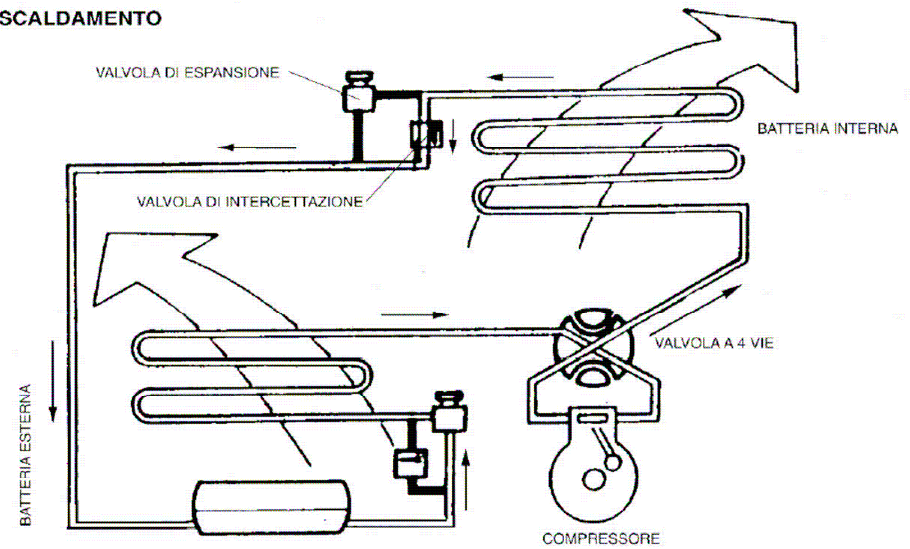
Il circuito frigorifero delle pompe di calore

- Funzionamento in riscaldamento



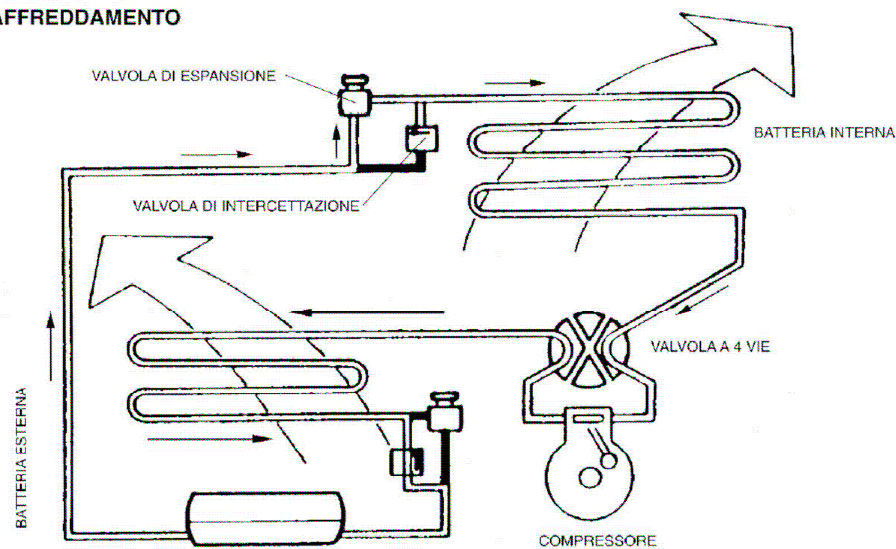
RISCALDAMENTO

b)



RAFFREDDAMENTO

a)



- Funzionamento in raffreddamento



Il concetto di energia primaria (1/3)

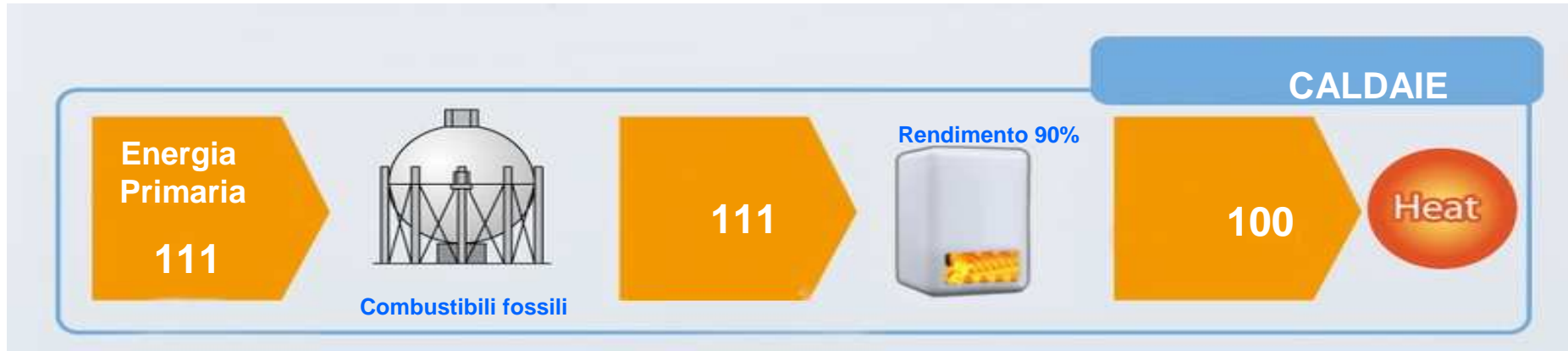
- Una fonte di energia viene definita **primaria** quando è presente in natura e quindi non deriva dalla trasformazione di nessuna altra forma di energia
- Si differenziano dalle fonti di energia **secondaria** in quanto queste ultime possono essere utilizzate solo a valle di una trasformazione di energia. È il caso dell'energia elettrica che talvolta viene anche definita “vettore energetico”
- Il concetto di energia primaria viene introdotto al fine di poter **confrontare impianti che utilizzano fonti energetiche diverse** (primarie e secondarie) come ad esempio il gas (per le caldaie) e l'energia elettrica (per le pompe di calore a compressione di vapore)

Il concetto di energia primaria (2/3)

- L'energia elettrica viene prodotta con un mix di fonti primarie grazie ad impianti che convertono tali fonti in elettricità
- A livello nazionale è stato definito un **rendimento del sistema elettrico nazionale** (η_{SEN}) che è il rapporto tra:
 - L'energia elettrica resa alle utenze
 - L'energia primaria assorbita da tutto il parco di centrali (tenendo conto anche delle perdite di trasmissione)
- Recentemente l'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas, sulla base del bilancio energetico nazionale, ha stimato il rendimento del sistema elettrico nazionale pari al **46 %** (talvolta espresso attraverso il suo reciproco, definito rapporto di conversione, e pari a **2.17**)

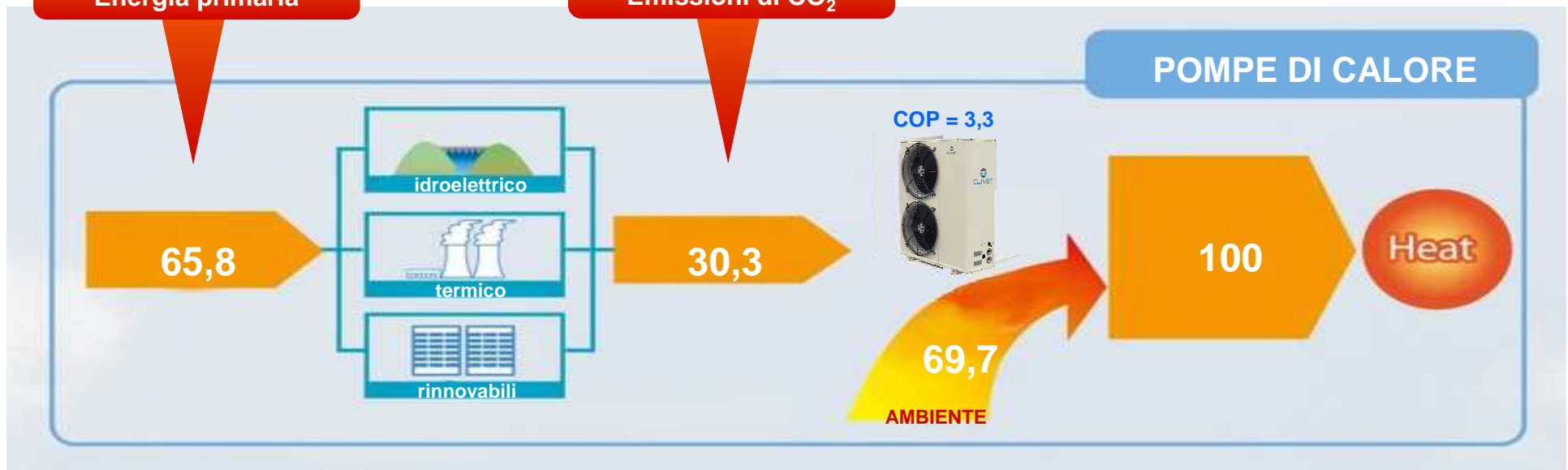
Energia primaria

Il concetto di energia primaria (3/3)



Riduzione - 41% consumo
Energia primaria

Riduzione - 50% delle
Emissioni di CO₂



Confronto con tecnologie tradizionali

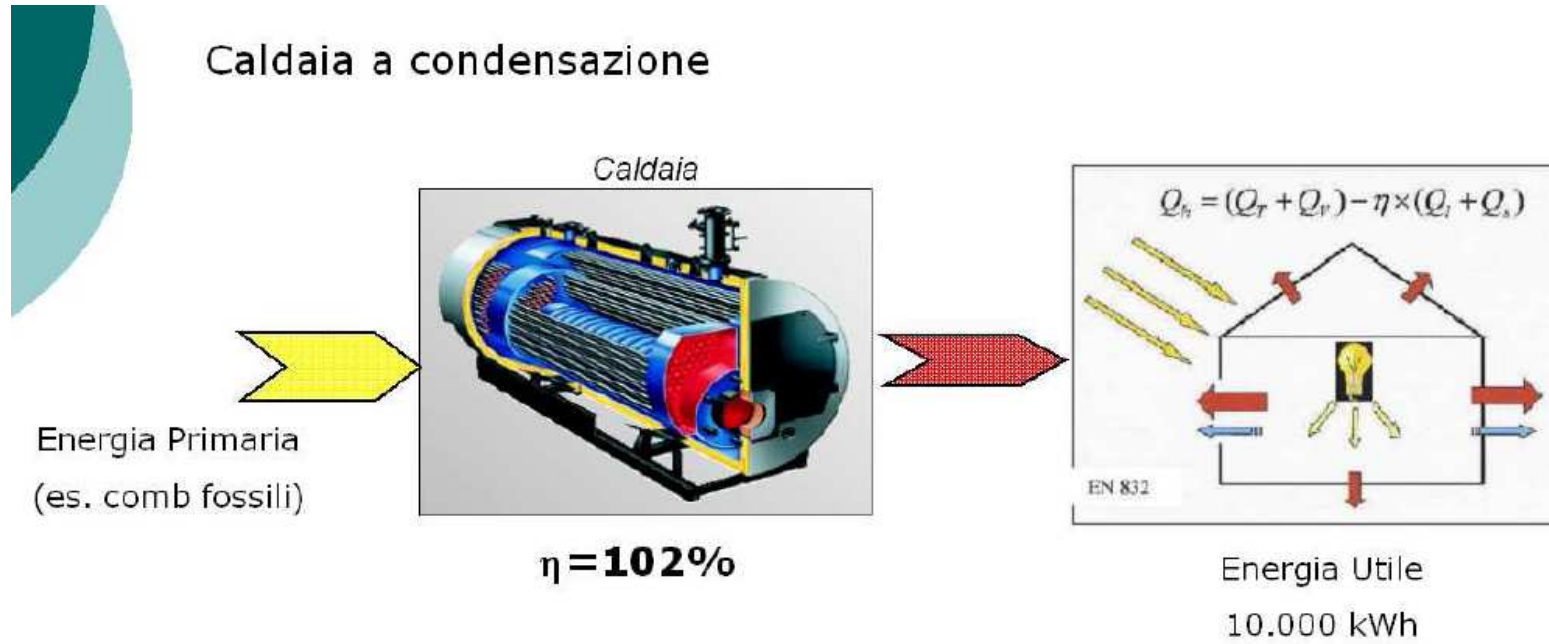
- Il confronto tra tecnologie diverse deve essere fatto sulla stessa base di confronto: l'indice impiegato è il rapporto tra Energia utile e Energia primaria necessaria per produrla

$$\text{REP} = \text{Energia Utile} / \text{Energia Primaria necessaria per produrla}$$

- **Edificio preso a riferimento**
- Località Milano, zona climatica E (2404 GG)
- Tipologia edilizia. Residenza unifamiliare
- Superficie di pavimento: 150 m² – Volume lordo riscaldato 450 m³ – Superficie disperdente 360 m² – Rapporto S/V 0,8⁻¹
- Isolamento involucro conforme ai valori di trasmittanza limite di legge:
- $U_{\text{pareti}} = 0,34$; $U_{\text{copertura}} = 0,30$; $U_{\text{basamento}} = 0,33$; $U_{\text{infissi}} = 2,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- Il fabbisogno di energia utile richiesto dall'involucro derivato dalle perdite di calore per ventilazione e trasmissione, e considerati gli apporti gratuiti è pari a: $Q_h = 10.000 \text{ kWh}$

- **Confrontiamo due tipologie di sistemi di generazione dell'energia termica per la climatizzazione invernale:**
- Caldaia a condensazione con rendimento medio di produzione stagionale pari al 102%
- Pompa di calore con SCOP rendimento medio stagionale 3,5

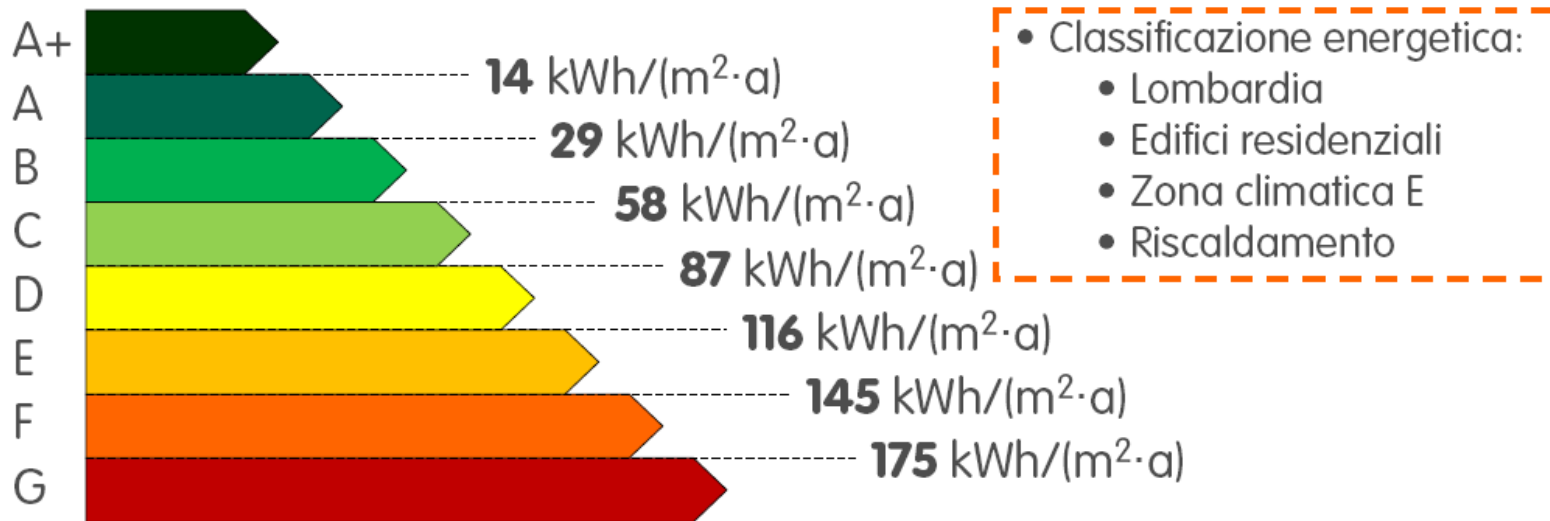
Confronto con tecnologie tradizionali



$$\text{Energia Primaria} = \frac{Q_h}{\eta} = \frac{10000}{102\%} = 9804 \text{ kWh}$$

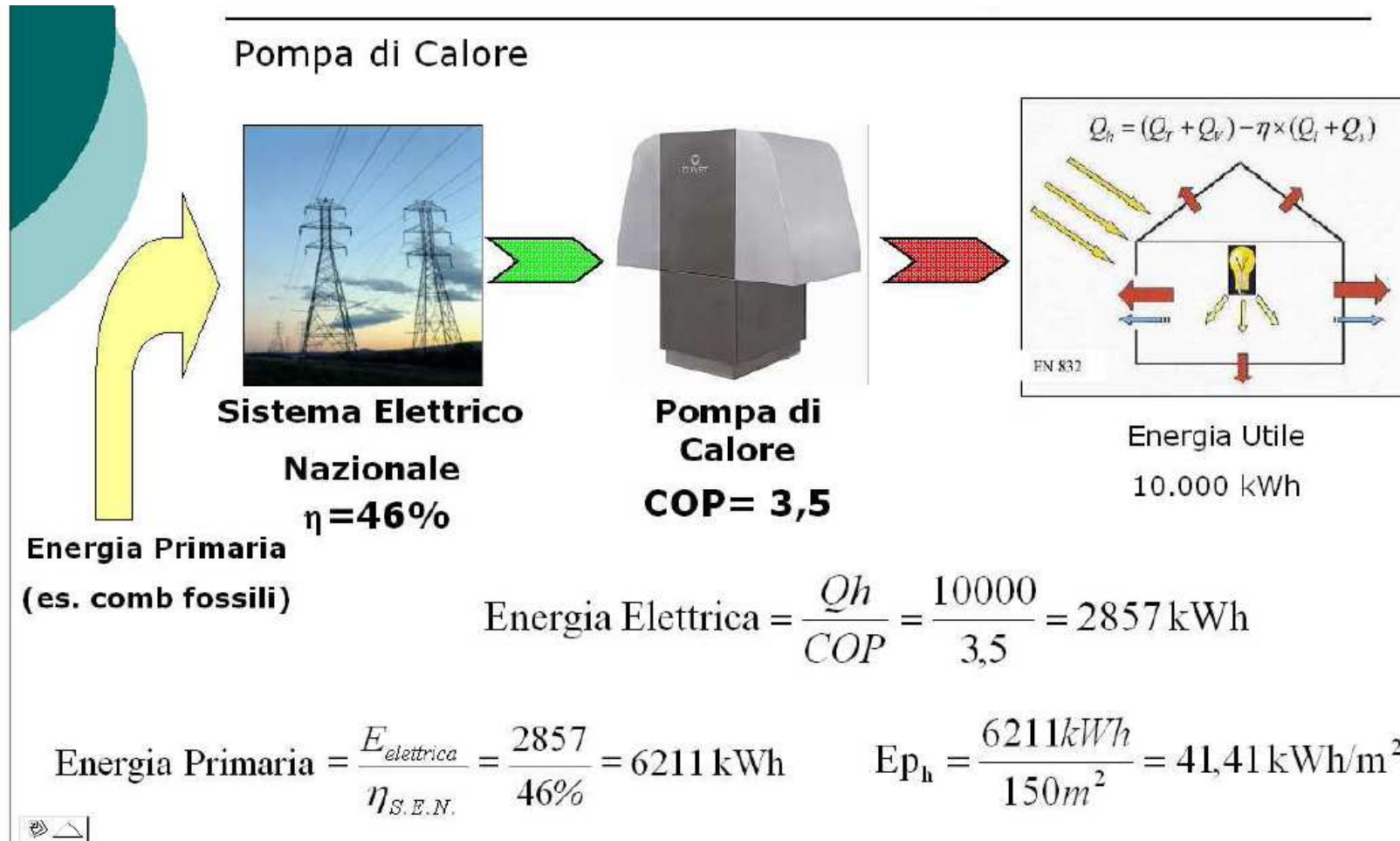
$$E_{p_h} = \frac{9804 \text{ kWh}}{150 \text{ m}^2} = 65,36 \text{ kWh/m}^2$$

Confronto con tecnologie tradizionali

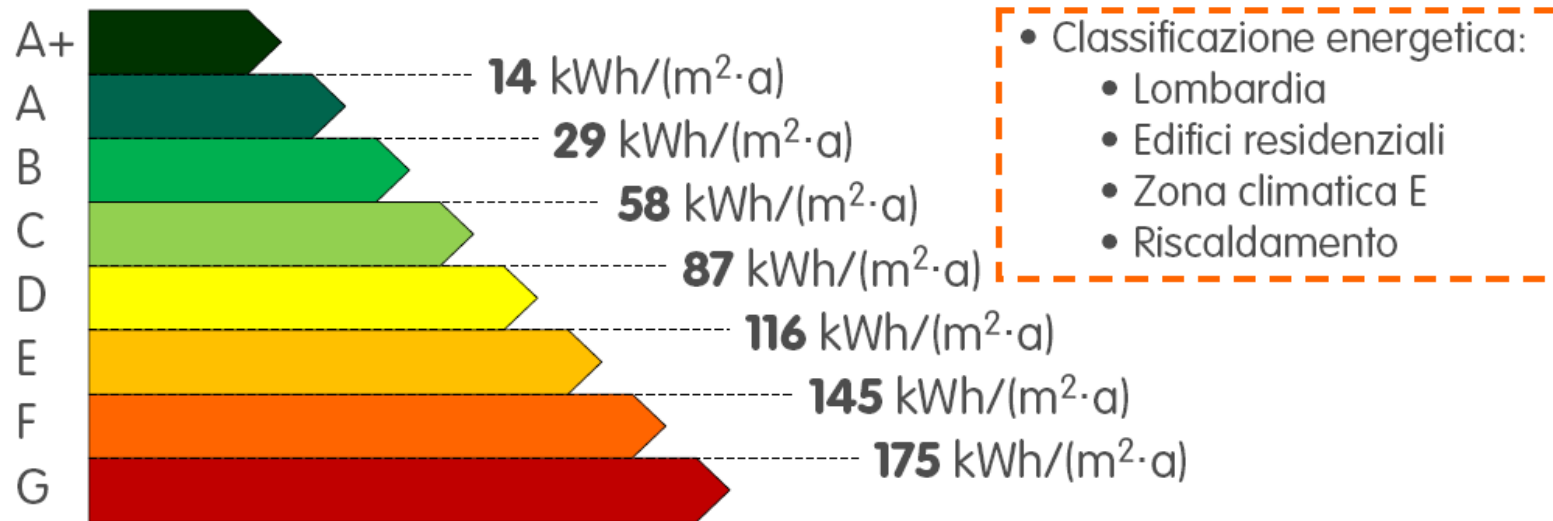


- Caldaia a condensazione: 65,36 kWh / m² a >> CLASSE C

Confronto con tecnologie tradizionali



Confronto con tecnologie tradizionali



- Pompa di calore: 41,41 kWh / m² a >> CLASSE B

Confronto con tecnologie tradizionali

- **Confrontiamo ora il costo di esercizio stagionale fra le due soluzioni impiantistiche:**
- **Caldaia a condensazione con rendimento medio di produzione stagionale pari al 102%**
- Consumo stagionale: 9804 kWh – Costo di fornitura gas metano 0,80 €/m³ – P.C.I. gas metano 8500 kcal/m³ pari a 10 kWh/m³
- Costo stagionale soluzione con caldaia a condensazione: 784 €

- **Pompa di calore con SCOP rendimento medio stagionale 3,5**
- Consumo stagionale: 2857 kWh – Costo di fornitura energia elettrica 0,18 €/kWh
- Costo stagionale soluzione con pompa di calore elettrica: 515 €

- Risparmio stagionale : circa 25%

- **Si è più volte dimostrato che l'efficienza minima stagionale per la convenienza delle pompe di calore sia COP > 2,2**

Panorama normativo a livello europeo

Febbraio 2007: **Obiettivi assegnati** dalla commissione Europea

Riduzione del **- 20%** dei consumi energetici

Riduzione del **- 20%** delle emissioni di gas serra

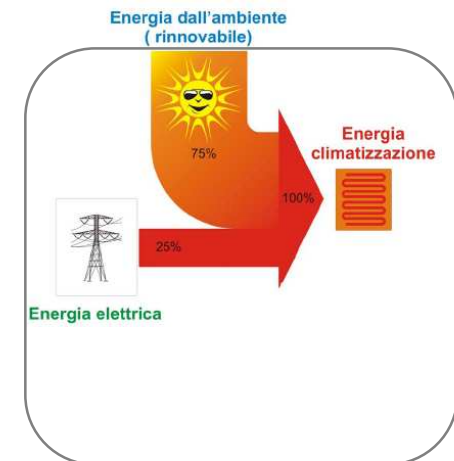
Utilizzo del **+ 20%** di energie rinnovabili



Bruxelles 11 Dicembre 2008

“Climate-energy legislative package” l’unione Europea ha decretato che il calore ambiente (sia esso contenuto nell’aria, nell’acqua o nel sottosuolo) utilizzato dalle pompe di calore viene ufficialmente riconosciuto come fonte di energia rinnovabile.

I consumi di energia dovranno essere valutati su base energia primaria



Novembre 2009: modifica alla direttiva CE-91-2002: dal 1°

Gennaio 2019 tutti i nuovi edifici costruiti dovranno produrre autonomamente l’energia che consumano (edifici ad impatto zero)



L'evoluzione delle pompe di calore

Anni '80



- COP 2,5
- Sbrinamento inefficiente
- Temperature risc. basse
- Rese non sempre certificate

IERI

**Sbrinamento
Intelligente**



**Acqua 62°C
Aria esterna
- 8°C**



**Acqua 45°C
Aria esterna
- 5°C**



**Acqua 60°C
Aria esterna
- 10°C**



COP 4,5

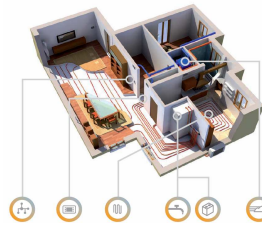


OGGI

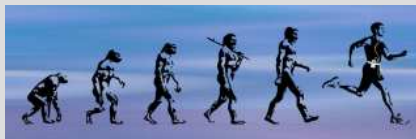


**Aria esterna
- 20°C**

COP 4/5



**Integrazione con tecnologie
Solari e Radianti**



**La tecnologia negli ultimi 25 anni ha fatto passi da gigante,
portando le pompe di calore ad efficienze doppie**

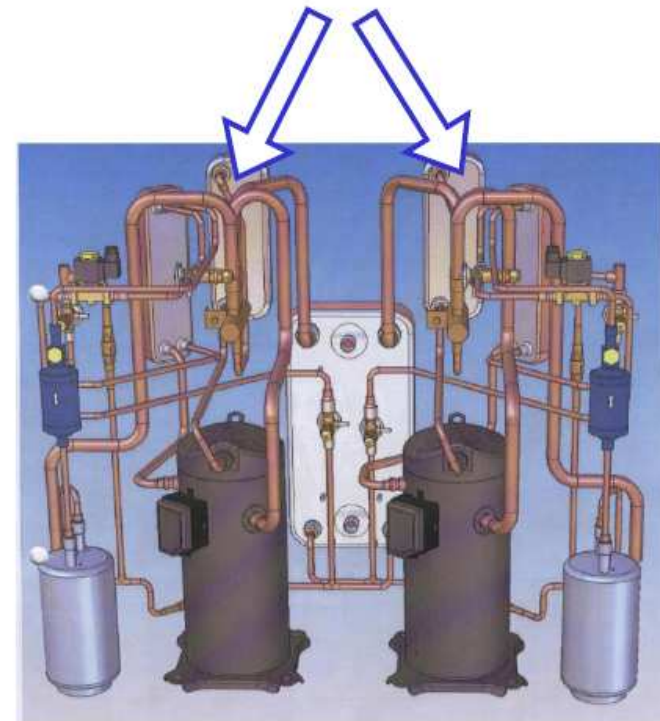
1° Vantaggio: Recupero calore

Recupero parziale del calore di condensazione fino ad un 25%.

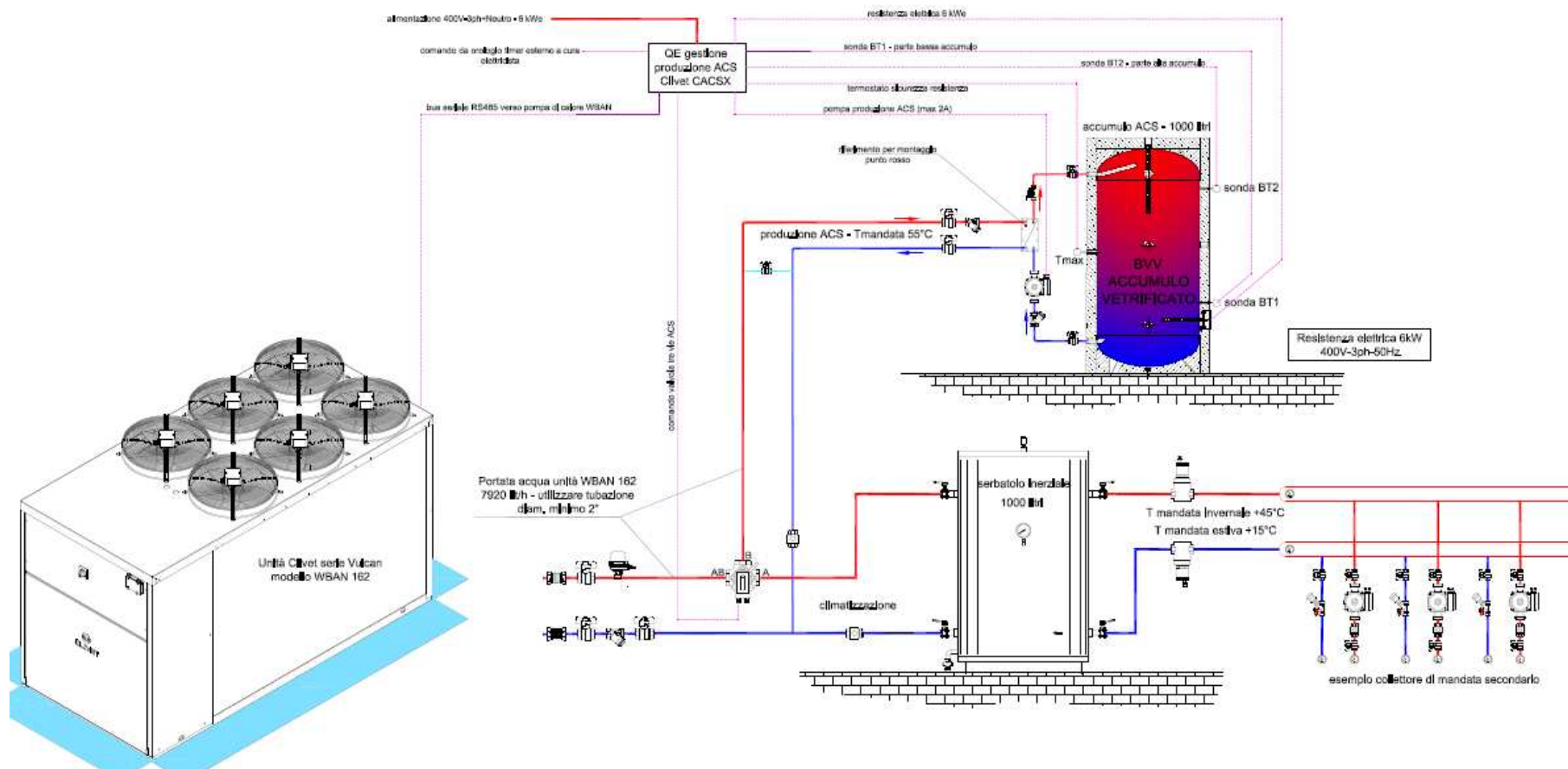
L'utilizzo del desurriscaldatore in un impianto sviluppato in funzione della massima efficienza energetica e con richiesta di acqua calda, è una scelta quasi obbligatoria per macchine di questa taglia perché permette di recuperare gratuitamente del calore altrimenti disperso in ambiente. Il recupero di calore parziale è composto da scambiatori a piastre idonei a recuperare il 25% della potenza termica dell'unità (potenza frigorifera + elettrica dei compressori).

Con il desurriscaldatore attivo le prestazioni dell'unità migliorano in quanto si ha un abbassamento della temperatura di condensazione. Indicativamente la potenza frigorifera aumenta del 3.2% e la potenza assorbita dai compressori cala del 3.6%. Se le temperature dell'acqua da riscaldare sono relativamente basse, è opportuno inserire nel circuito idraulico una valvola di regolazione per mantenere la temperatura in uscita al recupero maggiore di 35 C per evitare di condensare.

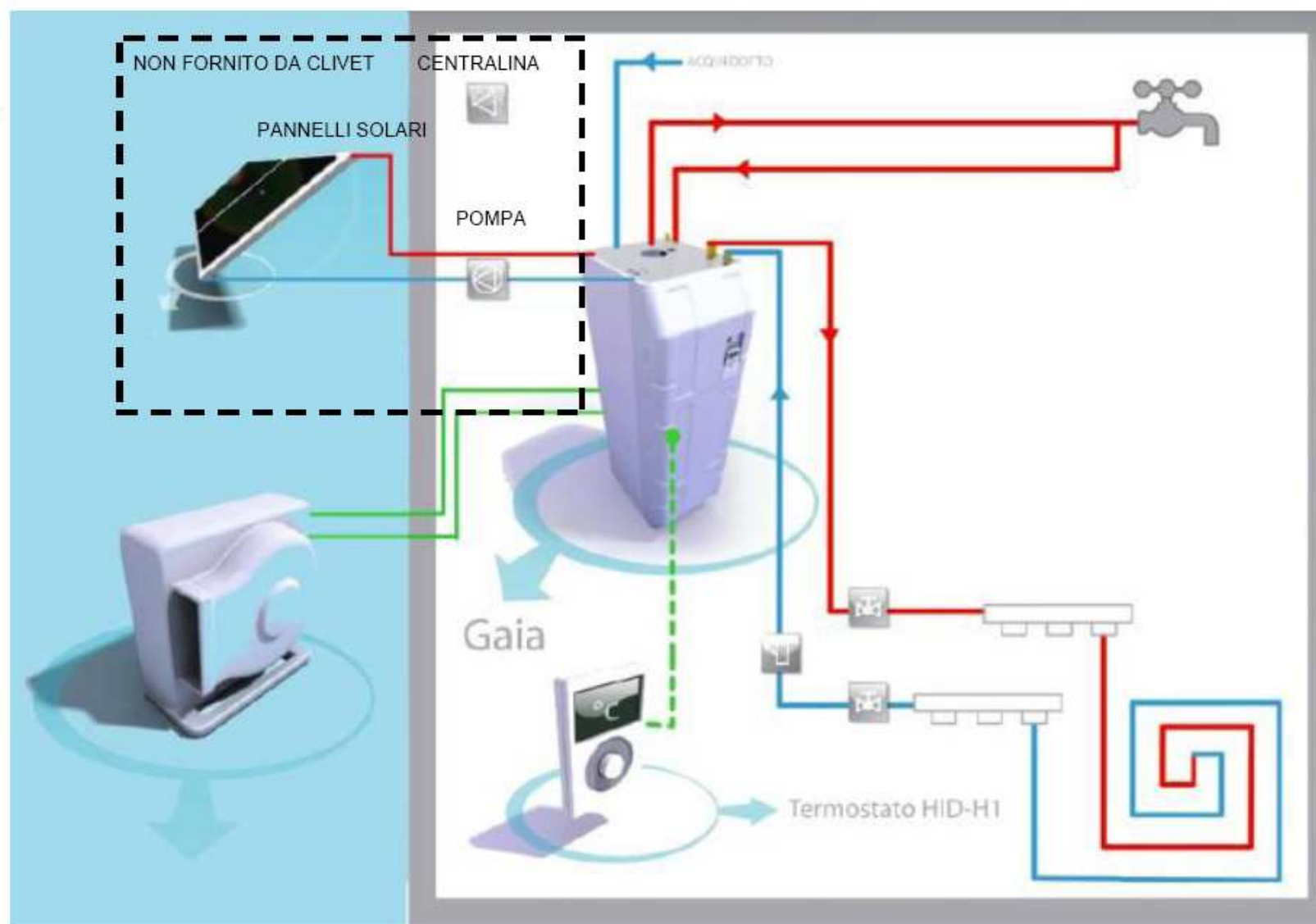
DESURRISCALDATORI



2° Vantaggio: possibilità di produzione ACS



2° Vantaggio: possibilità di produzione ACS integrata



3° Vantaggio: Centralizzazione domotica

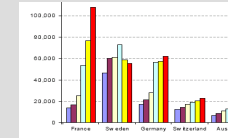
ELFOControl

- CONTROLLO IMPIANTO COMPLETO
- PROGRAMMAZIONE ORARIA
- GESTIONE PERSONALIZZATA
- OTTIMIZZAZIONE DELL'ENERGIA
- DISPLAY TOUCH SCREEN



Conclusioni

1 Il mercato Europeo delle pompe di calore cresce ovunque
La U.E. ne favorirà l'impiego con leggi comunitarie



2 L'Italia dovrà presentare un piano d'azione per rientrare
negli obiettivi del -20%. Incentivi alle pompe di calore



3 Verifica COAER: Con solo il 30% di impianti a pompa di calore
si raggiunge il rispetto dei parametri UE !!

Target 2020			
	2008	2020	Variazione
Riduzione dei consumi	34.3	28.15	-18%
Riduzione della CO ₂	78.9	64.7	-18%
Impiego di rinnovabile			22%

4 La tecnologia negli ultimi 25 anni ha fatto passi da gigante,
portando le pompe di calore ad efficienze doppie

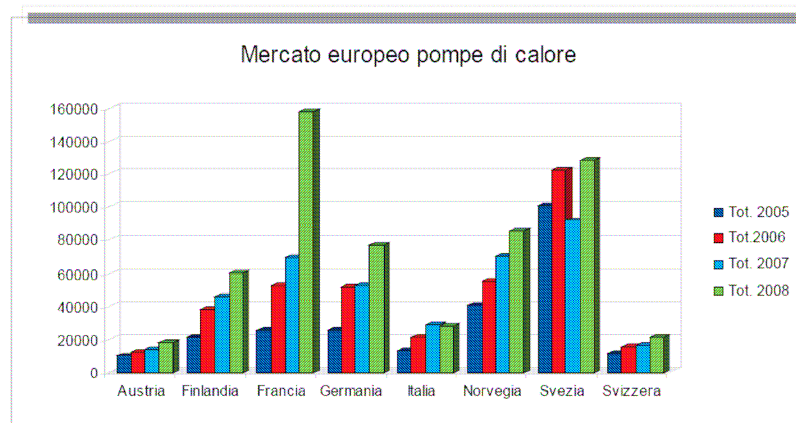
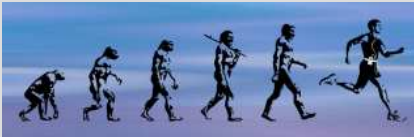
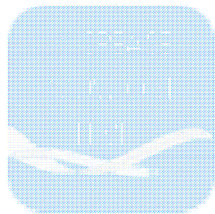


Grafico 1 : Mercato europeo Pompe di Calore - unità (fonte "OUTLOOK 2009" EHPA)

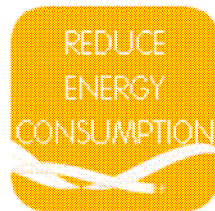
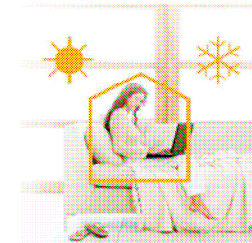
Conclusioni: motivazioni per la scelta dell'impianto

I valori di un impianto

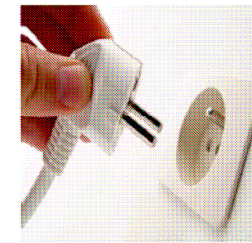
Le scelte impiantistiche devono essere volte a:



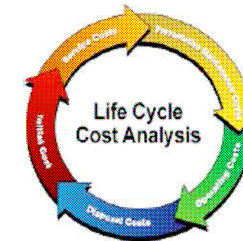
Garantire il comfort all'interno degli ambienti...



...con un ridotto consumo energetico...



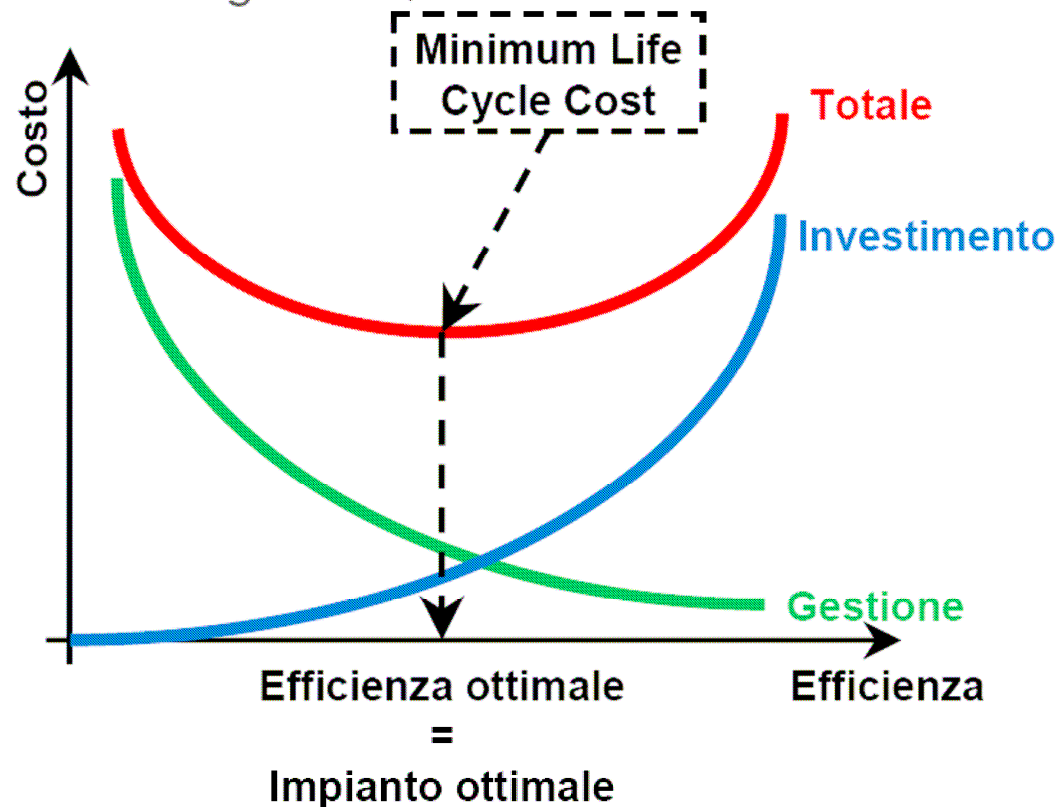
...con il minimo costo nel ciclo di vita (total life cycle cost)



Conclusioni: motivazioni per la scelta dell'impianto

Costi di investimento e di gestione

- La ricerca del minimo costo globale nel ciclo di vita (costo di investimento + di gestione)



Pompe di Calore CLIVET per il residenziale



VULCAN
ARIA/ACQUA
DA
ESTERNO



HORUS
ARIA/ACQUA
DA
ESTERNO



SMALL
ARIA/ACQUA
DA INTERNO



**EXTENDE
D**
ARIA/ACQUA
DA
ESTERNO



HORUS+
ARIA/ACQUA
DA
ESTERNO



GROUND
ACQUA/ACQUA
DA INTERNO



COMPACT
ARIA/ACQUA
DA
ESTERNO



GAIA con ACS
integrato



MEDIUM
ARIA/ACQUA
DA
ESTERNO