

# POMPE DI CALORE E SISTEMI IBRIDI

**IDROCENTRO**



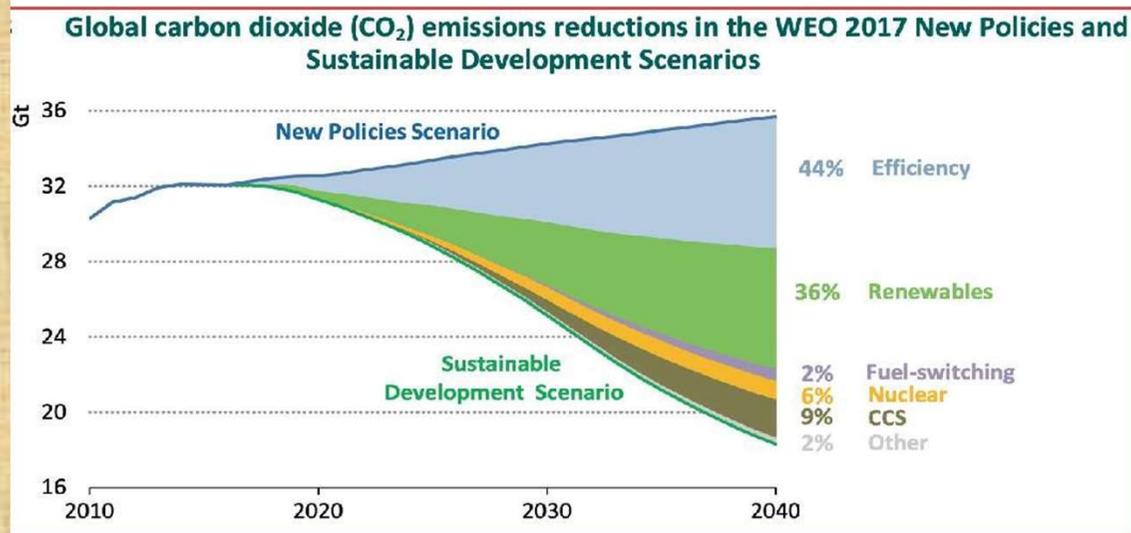
# RIDUZIONI DELLE EMISSIONI: SCENARIO

## Le riduzioni globali delle emissioni (CO<sub>2</sub>) negli scenari dell' IEA per raggiungere gli obiettivi degli accordi di Parigi

- L'efficienza energetica è la voce principale di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> negli scenari della IEA pensati per raggiungere gli obiettivi dell'Accordo di Parigi.
- la voce principale di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> negli scenari della IEA pensati per Le soluzioni per l'efficienza energetica risultano le più convenienti per conseguire gli obiettivi di decarbonizzazione
- Secondo la IEA in media gli investimenti generano tre volte il capitale nel corso della vita utile.
- Gli investimenti richiesti dovrebbero passare però dai 236 G\$ del 2017 a circa 1.300 G\$ nel 2040

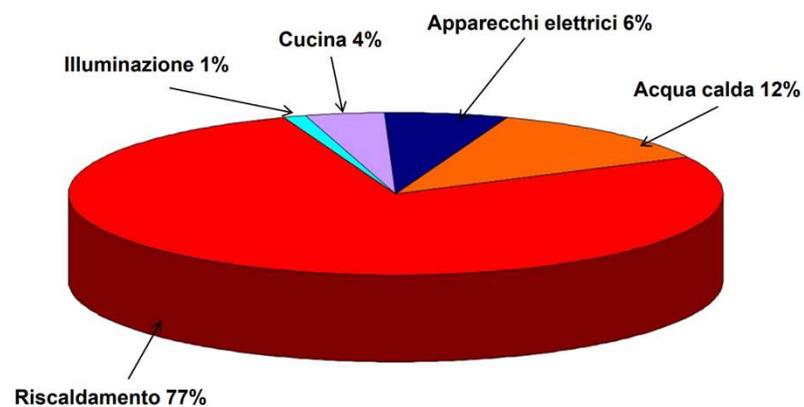
# RIDUZIONI DELLE EMISSIONI: SCENARIO

Le riduzioni globali delle emissioni (CO<sub>2</sub>) negli scenari dell' IEA per raggiungere gli obiettivi degli accordi di Parigi



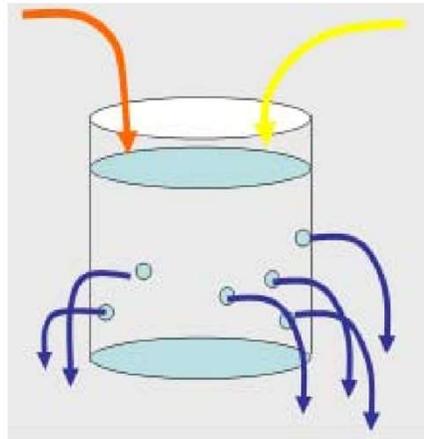
# RIDUZIONI DELLE EMISSIONI: SISTEMA EDIFICIO

## Ripartizione consumi energetici in casa



# RIDUZIONI DELLE EMISSIONI: SISTEMA EDIFICIO

## a. il sistema edificio-impianto



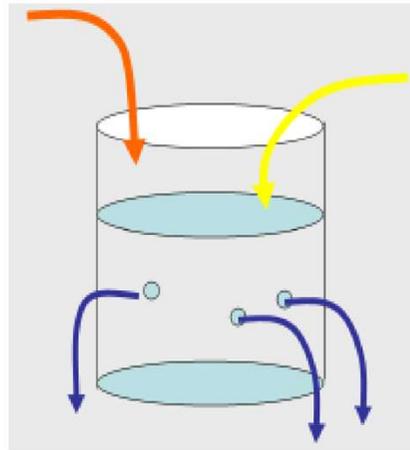
in inverno e in estate  
immettiamo grandi quantità di  
energia, sottoforma di **risorse  
primarie**: gas metano, gasolio,  
elettricità, pellets, legna, ecc.

Una parte considerevole di  
questa **energia** viene dispersa a  
causa:

- delle scarse prestazioni energetiche dell'involucro edilizio
- dello scarso rendimento degli impianti.

# RIDUZIONI DELLE EMISSIONI: SISTEMA EDIFICIO

## a. il sistema edificio-impianto



### OBIETTIVI PRINCIPALI:

- Ridurre le perdite causate dall'involucro
- Aumentare il rendimento degli impianti
- Utilizzo delle fonti rinnovabili

# IMPIANTI TERMICI: PRINCIPALI SOTTOSISTEMI

- *Impianti di riscaldamento*

- sottosistema di generazione
  - sottosistema di distribuzione
  - sottosistema di regolazione del calore in ambiente
  - sottosistema di emissione
-

# IMPIANTI TERMICI: RENDIMENTO

## Il rendimento negli impianti termici

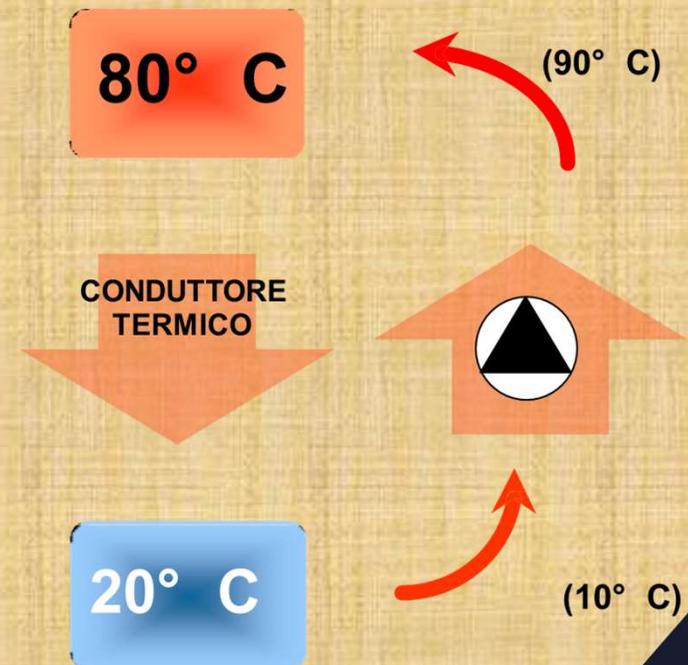
$$\eta_g = \eta_p * \eta_d * \eta_e * \eta_r$$

- $\eta_p$       *rendimento di produzione del generatore di calore*
- $\eta_d$       *rendimento rete di distribuzione*
- $\eta_e$       *rendimento di emissione*
- $\eta_r$       *rendimento di regolazione*

# POMPE DI CALORE: CONCETTI DI BASE

## Secondo principio della termodinamica

- il calore passa da un corpo caldo a un corpo freddo
- per invertire il flusso di calore bisogna utilizzare una macchina frigorifera



# POMPE DI CALORE: CONCETTI DI BASE

## **Classificazione delle Pompe di calore rispetto alla fonte energetica utilizzata**

Ognuna di queste tipologie sfrutta la fonte energetica già presente nell'aria, nell'acqua o nella terra, trasferendo l'energia termica da un elemento all'altro.

Ad esempio:

- aria-acqua,*
- aria-aria,*
- acqua-acqua,*
- acqua-aria,*
- terra-acqua.*

## **Classificazione in base alla tipologia di funzionamento**

Ad esempio:

- elettriche*
- ad assorbimento*
- endotermiche*

# POMPE DI CALORE: CONCETTI DI BASE

Le pompe di calore (PdC) sono dispositivi che trasferiscono calore da una sorgente a temperatura più bassa ad una a temperatura più alta. Questo processo è inverso rispetto a quello che avviene spontaneamente ed è possibile solo se si fornisce energia alla macchina,

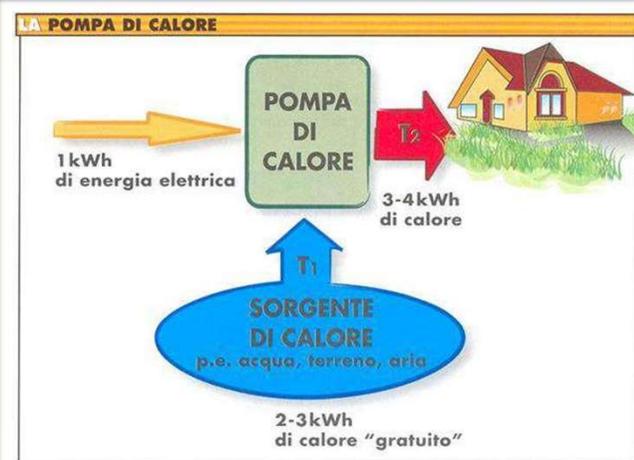
ma il vantaggio è che la PdC restituisce più energia di quanta ne utilizzi per il suo funzionamento.

**La sorgente di calore può essere:**

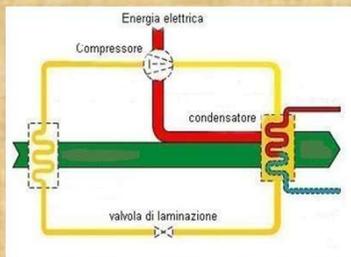
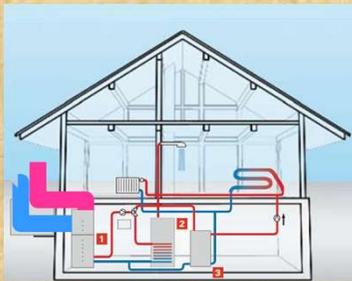
1. aria
2. acqua
3. suolo.

**Il calore ottenuto si può utilizzare:**

1. riscaldare,
2. raffreddare
3. produrre acqua calda.



# POMPE DI CALORE: CONCETTI DI BASE

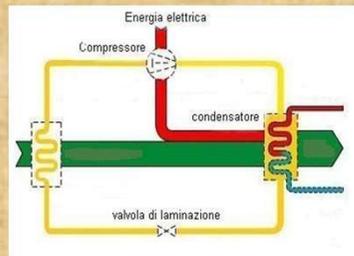
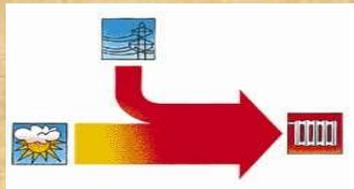


- La pompa di calore:

dispositivo che sfruttando un ciclo termodinamico **cattura un flusso di calore a bassa temperatura** (sorgente) e lo rende **disponibile ad un livello termico più elevato** (utilizzatore). Per far ciò è necessario fornire un determinato lavoro.

- Le pompe di calore ricavano energia dall'ambiente, prelevando e utilizzando l'energia termica disponibile nell'ambiente (terreno, acque di falda, aria). Questo calore naturale viene integrato dal lavoro meccanico del compressore elettrico che permette di elevare le temperature dei fluidi citati a livelli più elevati.

# POMPE DI CALORE: CONCETTI DI BASE



- La pompa di calore:

dispositivo che sfruttando un ciclo termodinamico **cattura un flusso di calore a bassa temperatura** (sorgente) e lo rende **disponibile ad un livello termico più elevato** (utilizzatore). Per far ciò è necessario fornire un determinato lavoro.

- Le pompe di calore ricavano energia dall'ambiente, prelevando e utilizzando l'energia termica disponibile nell'ambiente (terreno, acque di falda, aria). Questo calore naturale viene integrato dal lavoro meccanico del compressore elettrico che permette di elevare le temperature dei fluidi citati a livelli più elevati.

# POMPE DI CALORE: CONCETTI DI BASE

I vantaggi della tecnologia delle pompe di calore sono numerosi e possono riassumersi nei punti seguenti:

- climatizzazione a ciclo annuale (riscaldamento e raffrescamento) con un'unica macchina;
- incremento dell'efficienza energetica;
- utilizzo di fonti di energia rinnovabile;
- riduzione delle emissioni inquinanti;
- aumento della classe energetica e del valore dell'immobile;
- riduzione dei costi gestionali e manutentivi dell'impianto.

•Le pompe di calore possono essere installate all'esterno, se di tipo aerotermico, o in qualsiasi locale perché non necessitano di ambienti dedicati. Sono inoltre integrabili con altre fonti energetiche rinnovabili, come sistemi solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria e sistemi fotovoltaici.

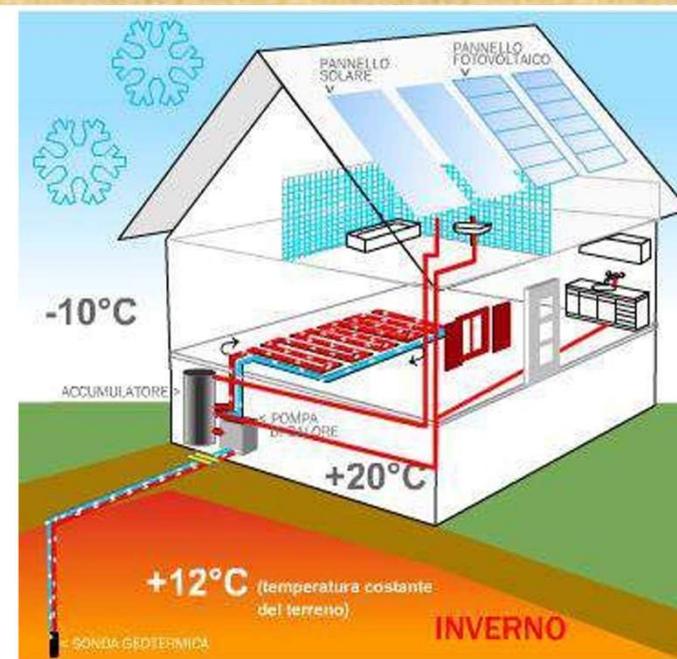
• **L'impiego ideale è in abbinamento con sistemi di emissione radianti (a bassa temperatura) e con impianti dotati di sonde geotermiche che scambiano calore col terreno o fonti termiche a temperatura mediamente stabile.**

---

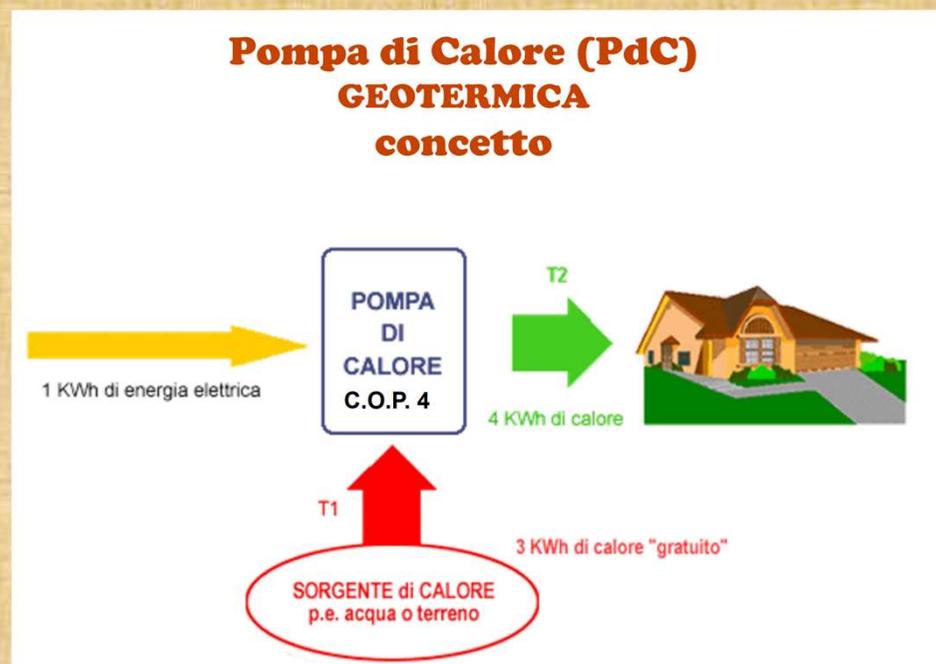
# POMPE DI CALORE: GEOTERMIA

Un impianto geotermico è composto da tre circuiti che interagiscono in maniera simbiotica:

- Sistema di captazione del calore (**sonde geotermiche**)
- La pompa di calore
- Sistema di accumulo e distribuzione del calore



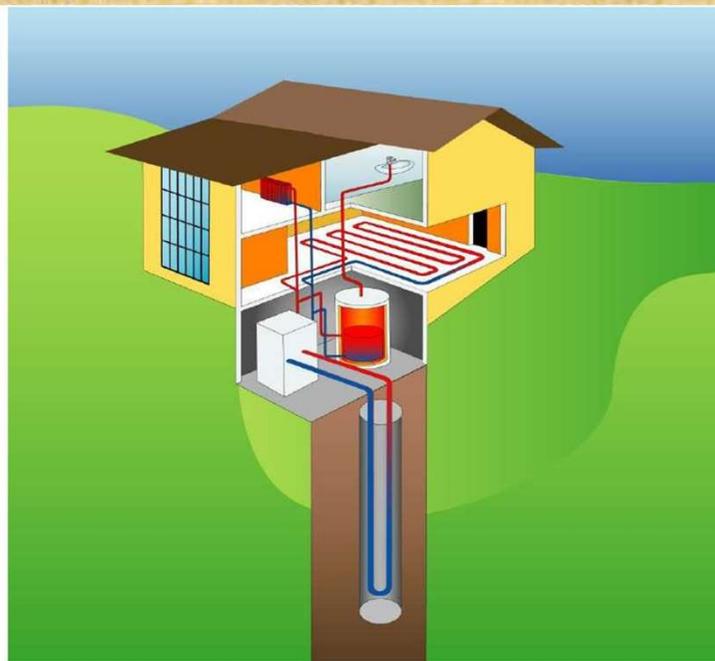
# POMPE DI CALORE: GEOTERMIA



# POMPE DI CALORE: GEOTERMIA

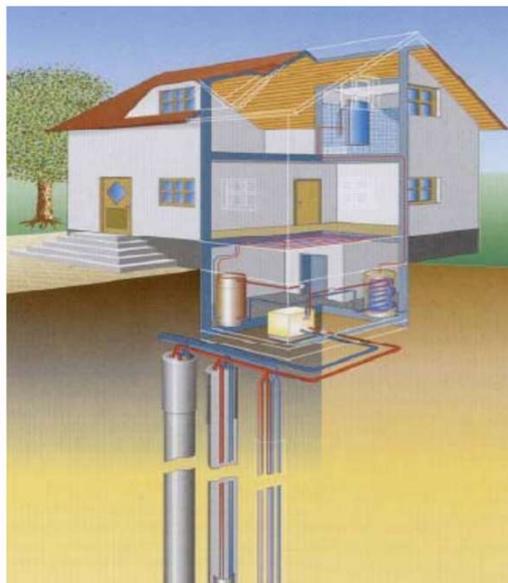
## Impianti con sonde geotermiche verticali

Il terreno viene trivellato per effettuare un foro verticale di 10-15 cm di diametro e di una lunghezza generalmente compresa tra 70 e 130 metri, dove la temperatura è di 12-17°C, ricavando un "serbatoio" di calore nel quale la temperatura del terreno resta sempre costante per tutto l'anno ed al quale si attinge per prelevare calore in inverno e cedere calore in estate. Il circuito di scambio di calore fra edificio e sottosuolo avviene per mezzo di uno scambiatore, **la sonda geotermica** immersa nel terreno.



# POMPE DI CALORE: GEOTERMIA

## **GEOTERMICO (terra/acqua)**

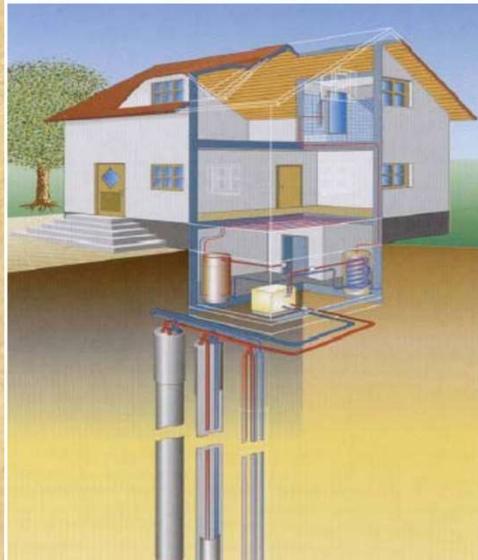


### **VANTAGGI**

- Stabilità idraulica e durata nel tempo dell'impianto
- Certezza ammortamenti
- Impatto ambientale praticamente inesistente
- Nessun impatto visivo
- Possibilità di raffrescamento naturale
- In terreni rocciosi o umidi buone prestazioni
- Iter autorizzativo meno difficoltoso e di più facile ottenimento

# POMPE DI CALORE: GEOTERMIA

## **GEOTERMICO (terra/acqua)**



### **SVANTAGGI**

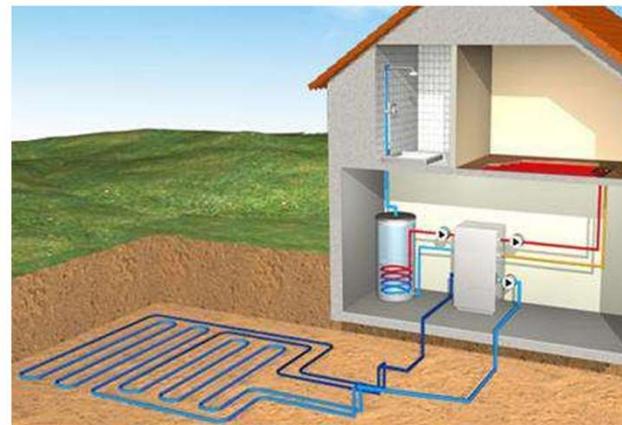
- Costi posa campo sonde (incidenza anche del 45% sul totale dell'impianto)
- Progettazione più precisa (e quindi costosa)
- Manodopera specializzata non sempre reperibile sul proprio territorio
- Difficoltà d'installazione in presenza d'impianti esistenti

# POMPE DI CALORE: GEOTERMIA

## Impianti con sonde geotermiche orizzontali

In questo caso si sfrutta il calore del terreno dovuto all'irraggiamento solare accumulato negli strati più superficiali del terreno e quindi risente dell'influenza stagionale dell'apporto solare.

Questo impianto ha bisogno di un'area più ampia per la posa in opera delle sonde rispetto agli impianti a sonde verticali, **corrispondente a 2-3 volte la superficie da riscaldare/raffrescare.**



# POMPE DI CALORE: GEOTERMIA

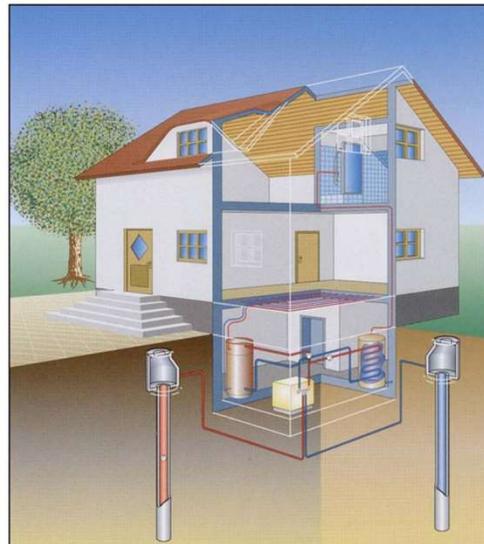
Impianti che sfruttano l'acqua come sorgente termica

Se in quantità sufficiente, l'acqua assicura la migliore efficienza complessiva grazie alla elevata capacità termica, con COP alti e bassi costi di esercizi



# POMPE DI CALORE: GEOTERMIA

## GEOTERMICO (acqua/acqua)



### VANTAGGI

- COP alti ( $> a 5$ )
- Minor investimento iniziale rispetto alle sonde verticali
- Buona certezza degli ammortamenti economici
- Impatto ambientale quasi nullo
- Possibilità di raffrescamento naturale
- Nessun impatto visivo
- Manodopera per pozzi facilmente reperibile sul territorio

# POMPE DI CALORE: GEOTERMIA

## **GEOTERMICO (acqua/acqua)**



### **SVANTAGGI**

- Tempi per autorizzazioni lunghi (diversi mesi)
- Monitoraggio costante dell'impianto e maggiore manutenzione rispetto alle sonde geotermiche
- In caso di falde profonde (> 35 m) può essere anti-economico
- Maggior consumo elettrico rispetto alle sonde
- Non utilizzabile con falde dalle scadenti chimiche/fisiche

# POMPE DI CALORE: ENDOTERMIA

- L'evoluzione della tecnologia oggi ci permette di adottare soluzioni alternative che, utilizzando il gas (metano o GPL), riducendo drasticamente l'impiego di energia elettrica di rete e ottimizzando i processi energetici, dove la climatizzazione ha assunto un aspetto rilevante.

- ❑ Utilizzare un refrigeratore/pompa di calore azionato da motore endotermico
- ❑ Utilizzare un sistema ad assorbimento
- ❑ Autoprodursi energia elettrica per alimentare un refrigeratore elettrico

- **Come funziona**

- La pompa di calore endotermica a gas e' un sistema in grado di produrre contemporaneamente due forme di energia differenti – meccanica e termica – da un'unica sorgente di energia primaria.
  - **L'energia meccanica** viene trasformata, attraverso un ciclo frigorifero a compressione, in energia frigorifera in estate ed energia termica in inverno, grazie alla reversibilità del ciclo frigorifero stesso. **L'energia termica** viene utilizzata direttamente, tramite adeguati scambiatori di calore.
  - Nella versione in pompa di calore si ottiene un risparmio energetico medio del 25% rispetto ad una pompa di calore elettrica (considerando gli attuali sistemi di produzione di energia elettrica in Italia), con una conseguente riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera.
-

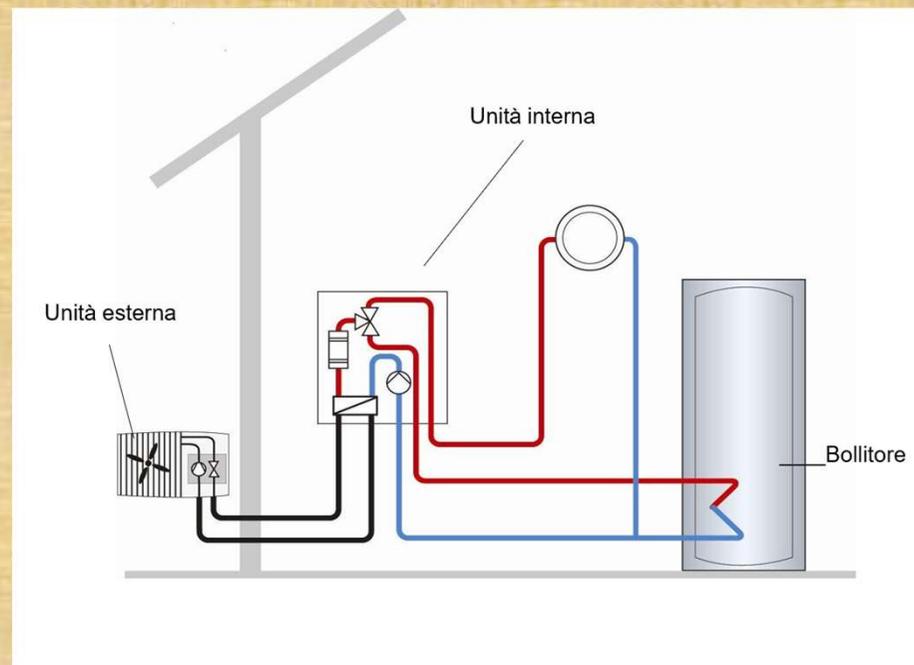
# POMPE DI CALORE: ASSORBIMENTO

Le **pompe di calore ad assorbimento** sono delle unità con la medesima funzione delle pompe di calore tradizionali: riscaldare (o raffreddare) un fluido secondario, normalmente acqua.

La differenza maggiore tra le pompe di calore ad assorbimento e le pompe di calore tradizionali (o elettriche) a gas è l'**assenza della fase di compressione**. In questa tipologia di macchine la fase di compressione è totalmente sostituita con due fasi distinte: la generazione e l'assorbimento.

[ROBUR K18 - Ciclo di funzionamento - YouTube](#)

# POMPE DI CALORE: AEROTERMIA



# POMPE DI CALORE: AEROTERMIA

## PdC aerotermica (aria/acqua)

### VANTAGGI

- ❖ Fonte sempre disponibile
- ❖ Tecnologia sperimentata ed affidabile (*per le monoblocco*)
- ❖ + economiche e di + facile installazione
- ❖ Con temperature esterne non troppo alte ( $18-28^{\circ}\text{C}$ ) molto efficienti x acs

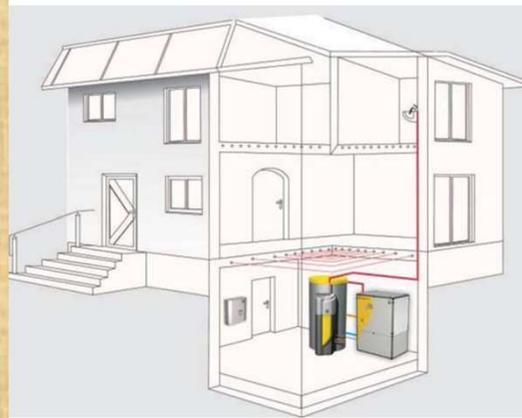
### SVANTAGGI

- ❖ Con temperature esterne basse ( $<0^{\circ}\text{C}$ ) poco efficienti per riscaldamento e acs
- ❖ Con temperature esterne alte ( $25-35^{\circ}\text{C}$ ) poco efficienti per raffrescamento
- ❖ Spazio occupato maggiore (*per le monoblocco*)
- ❖ Rumorosità ed espulsione aria
- ❖ Impatto visivo

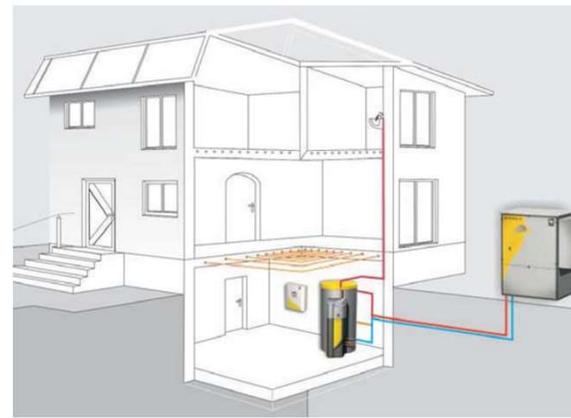
# POMPE DI CALORE: AEROTERMIA

## **PdC aerotermica (aria/acqua) MONOBLOCCO**

***(INSTALL. INTERNA)***



***(INSTALL. ESTERNA)***



# POMPE DI CALORE: AEROTERMIA

## **PdC aerotermica (aria/acqua) "SPLITTATE"**



**UNITA' ESTERNA**

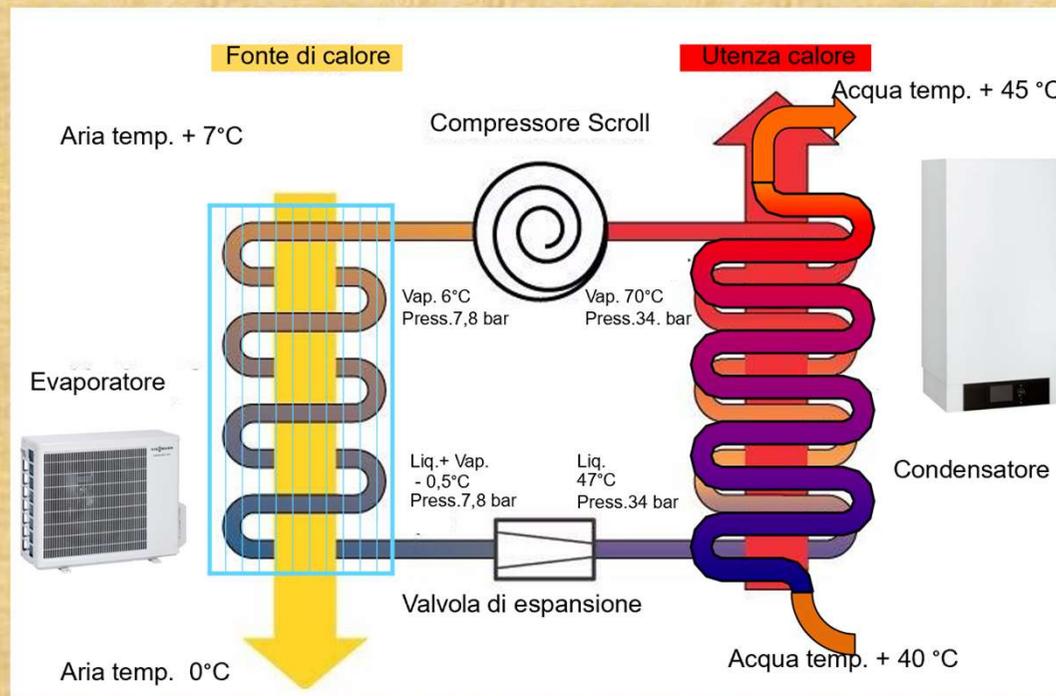


**UNITA' INTERNA  
con accumulo acs**

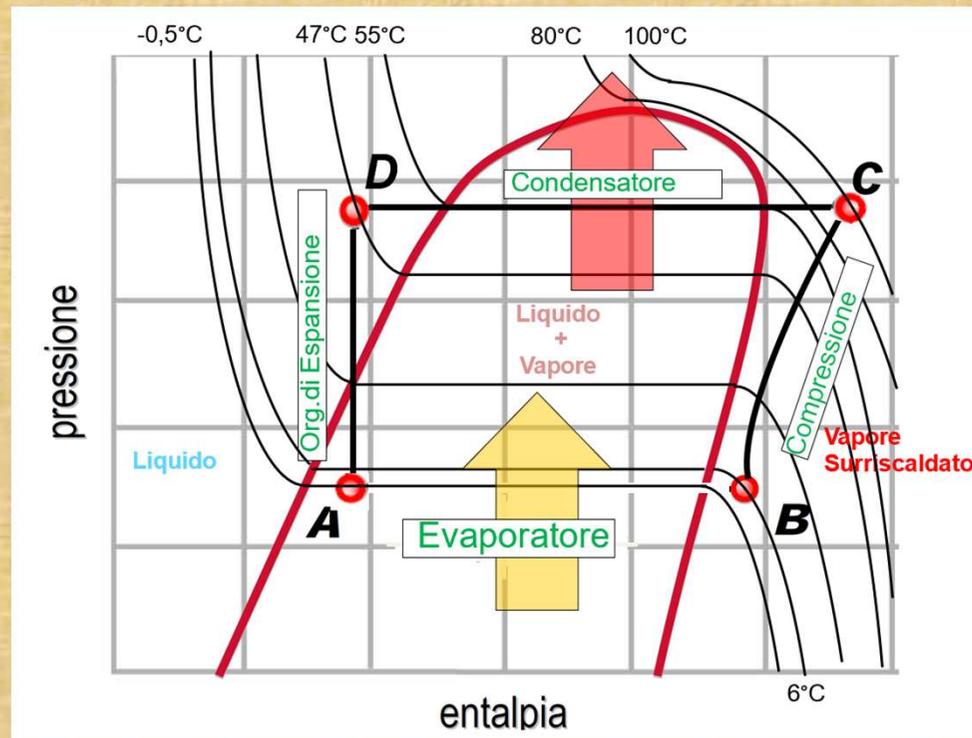


**UNITA' INTERNA  
senza accumulo**

# POMPE DI CALORE: CONCETTI DI BASE



# PROCESSO CIRCUITO POMPA DI CALORE: DIAGRAMMA PRESSIONE ENTALPIA



# POMPE DI CALORE: CONCETTI DI BASE

## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Il ciclo frigorifero

**sorgente di calore**

**utenza termica**

Aria est.  
+7°C

Mandata risc.  
35°C

Vapore  
7 bar  
+ 1°C

Vapore  
24 bar  
+ 65°C

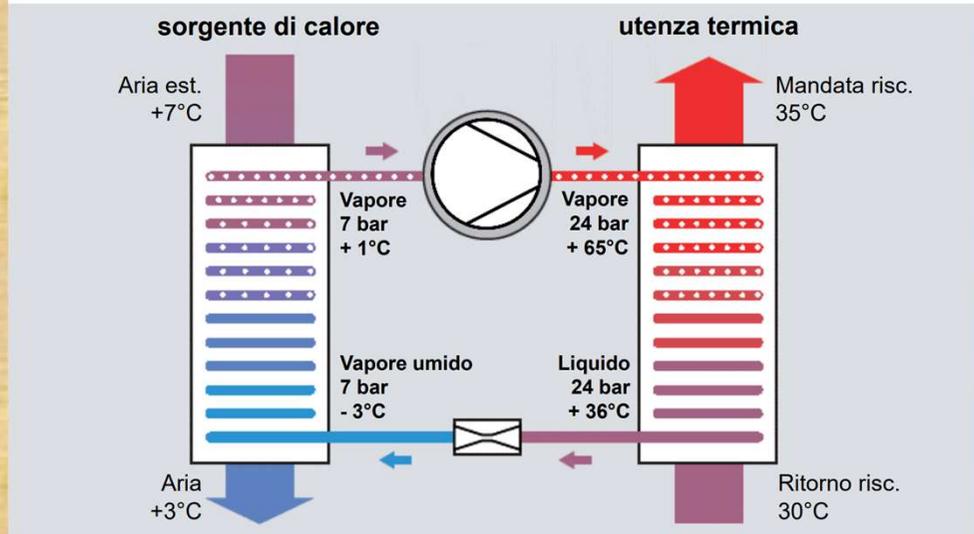
Vapore umido  
7 bar  
- 3°C

Liquido  
24 bar  
+ 36°C

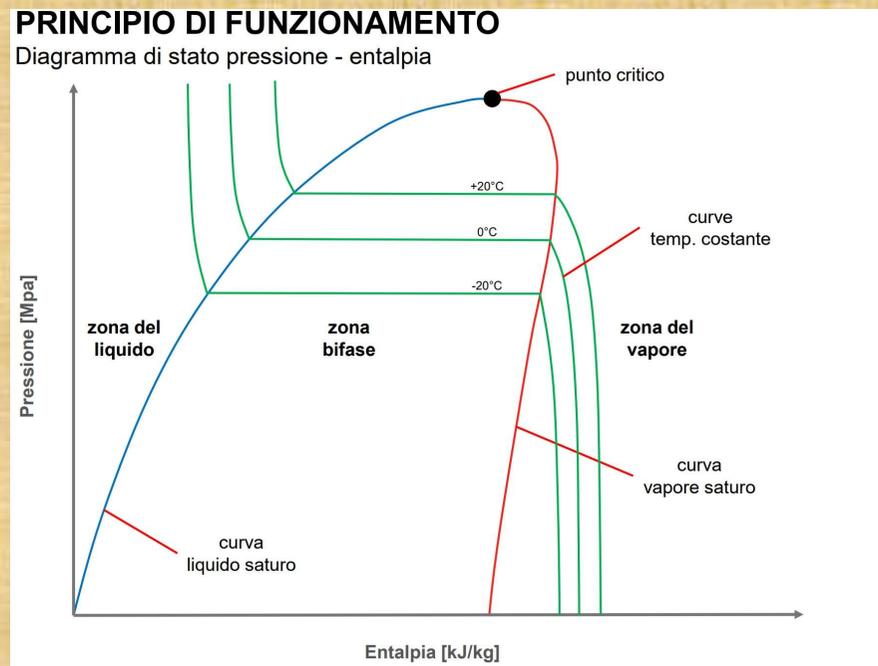
Aria  
+3°C

Ritorno risc.  
30°C

R410A



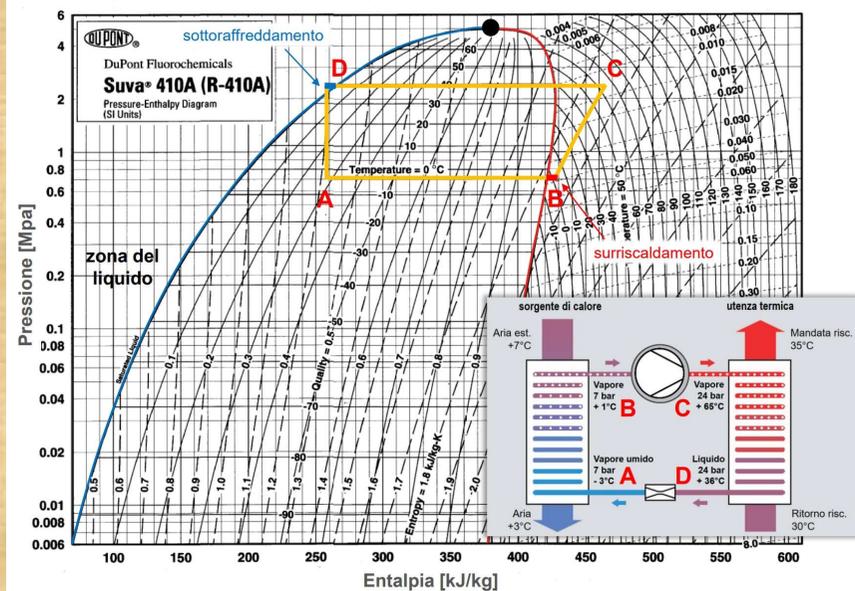
# PROCESSO CIRCUITO POMPA DI CALORE: DIAGRAMMA PRESSIONE ENTALPIA



# PROCESSO CIRCUITO POMPA DI CALORE: DIAGRAMMA PRESSIONE ENTALPIA

## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Il ciclo frigorifero sul diagramma P - H

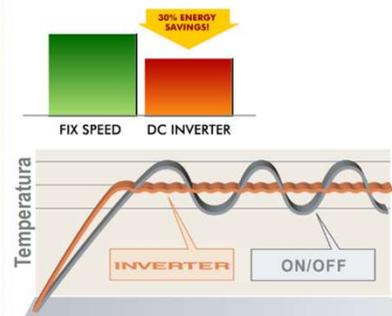


# POMPE DI CALORE: COMPRESSORI

## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Compressore - tecnologia inverter

Il **compressore** è l'elemento che costituisce il cuore del circuito frigorifero. Esso è incaricato far circolare il fluido refrigerante all'interno del circuito, quindi di aspirarlo allo stato gassoso dall'evaporatore e comprimerlo, aumentandone la pressione, verso il condensatore.



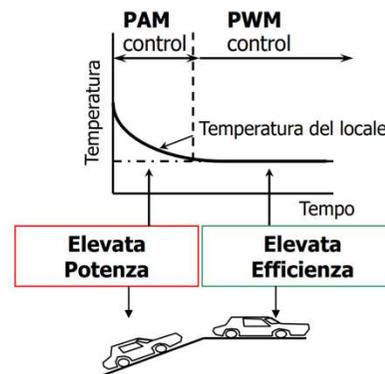
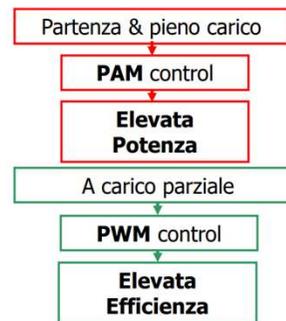
Per tecnologia **INVERTER** intendiamo il sistema di software, hardware di controllo e di potenza in grado di modificare l'alimentazione elettrica di un motore per poterne modulare la velocità.

Ne possono beneficiare compressori, pompe e ventilatori.

# POMPE DI CALORE: COMPRESSORI

## POMPE DI CALORE INVERTER

### L'Inverter Ibrido DC

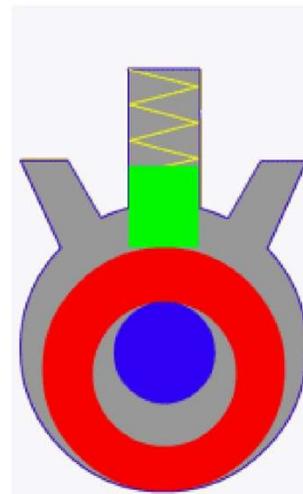


- L'Inverter Ibrido DC ha il controllo PWM & PAM per il compressore
- Il controllo PWM offre Elevata Efficienza attraverso la variazione di frequenza
- Il controllo PAM offre Elevata Potenza attraverso la variazione di tensione e una coppia di spunto del compressore elevata

# POMPE DI CALORE: COMPRESSORI

## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Compressore ROTARY e TWIN-ROTARY



# POMPE DI CALORE: COMPRESSORI

## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Compressore SCROLL



# POMPE DI CALORE: COMPRESSORI

## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Compressore SCROLL



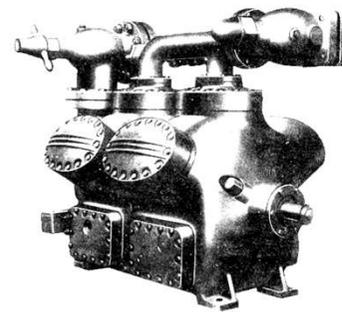
# POMPE DI CALORE: COMPRESSORI

## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

COMPRESSORE VOLUMETRICO ALTERNATIVO



Semiermetico

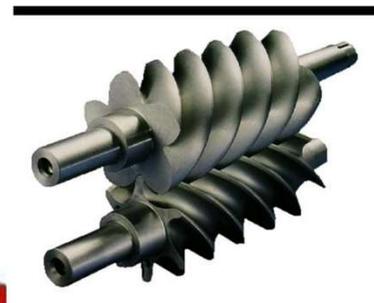
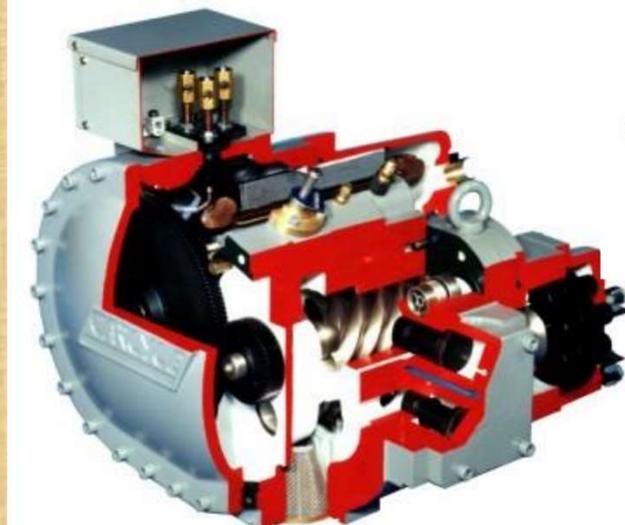


Aperto

# POMPE DI CALORE: COMPRESSORI

## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Compressore a VITE



# POMPE DI CALORE: COMPRESSORI

## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO Compressore CENTRIFUGO



# POMPE DI CALORE: COMPRESSORI

## COMPRESSORI

Tipologie e campi di impiego

Tipologia di Compressore	*Potenza Frigorifera [kW]
Pistoni	0,5 ÷ 1000
Palette- Rotativo	0,5 ÷ 10
Scroll	2,5 ÷ 100
Vite	50 ÷ 1000
Centrifughi	> 500

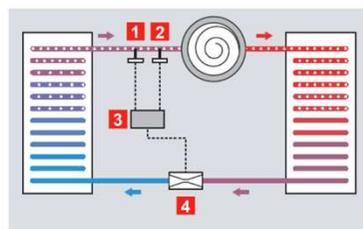
\* Valori puramente indicativi

# POMPE DI CALORE: VALVOLA DI ESPANSIONE

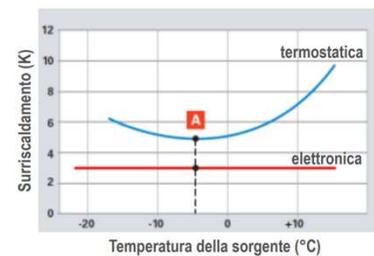
## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Valvola di espansione

L'organo di laminazione può essere un semplice tubo capillare di diametro ridotto, una valvola termostatica oppure elettronica. Attraversandolo, il refrigerante liquido torna a bassa pressione e bassa temperatura pronto per evaporare. Si tratta di un organo di strozzamento che degrada l'energia di pressione in attrito e regola il flusso di refrigerante.



1 Sensore di temperatura    2 Trasduttore di pressione  
3 Regolatore    4 Valv. di espansione



A Punto di progetto

# POMPE DI CALORE: VALVOLA 4 VIE

## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

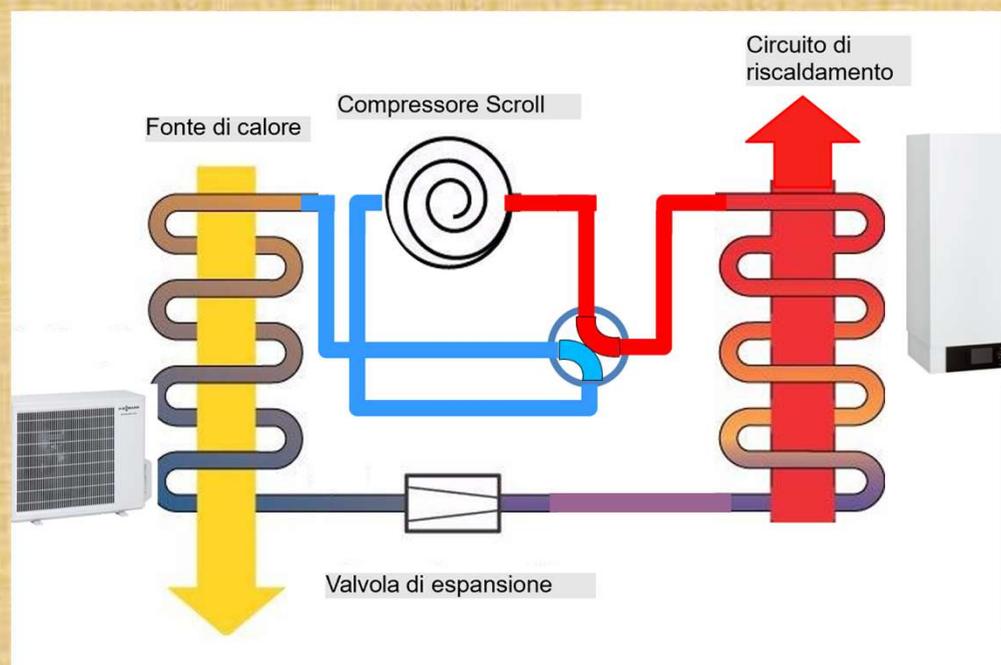
Evaporatore / Condensatore - Valvola 4 vie

Evaporatore e condensatore sono scambiatori di calore, di diverso tipo. Nell'**evaporatore** il refrigerante cattura calore dalla sorgente rinnovabile (acqua o aria) per passare allo stato di vapore, nel **condensatore** il refrigerante cede calore all'utenza (acqua o aria) ritornando allo stato liquido.

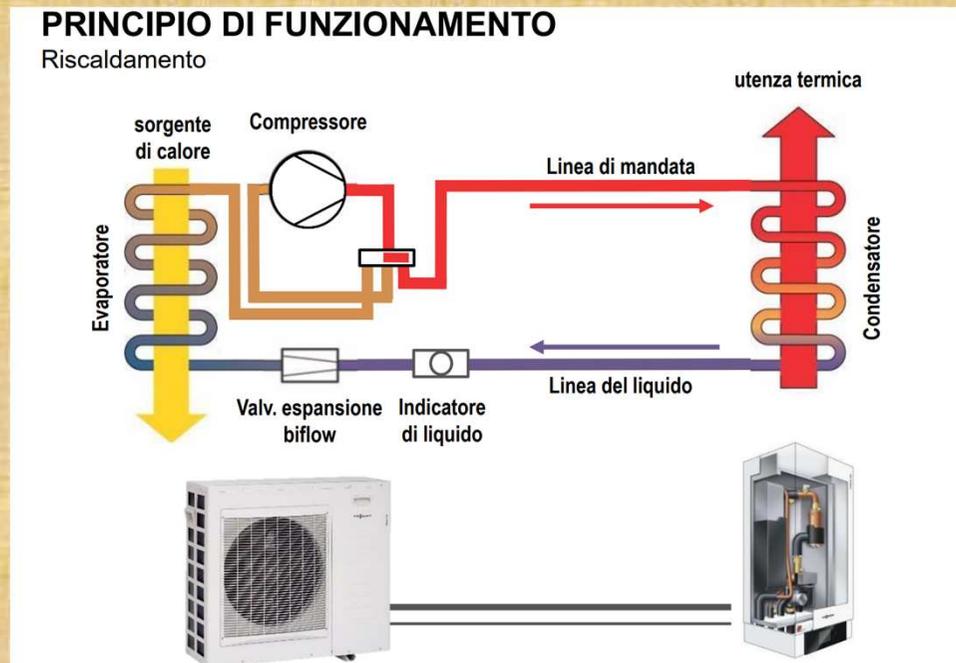


La **valvola 4 vie** è il dispositivo che nelle pompe di calore reversibili inverte il circuito frigorifero, scambiando evaporatore e condensatore, per passare dal riscaldamento al raffreddamento (sbrinamento).

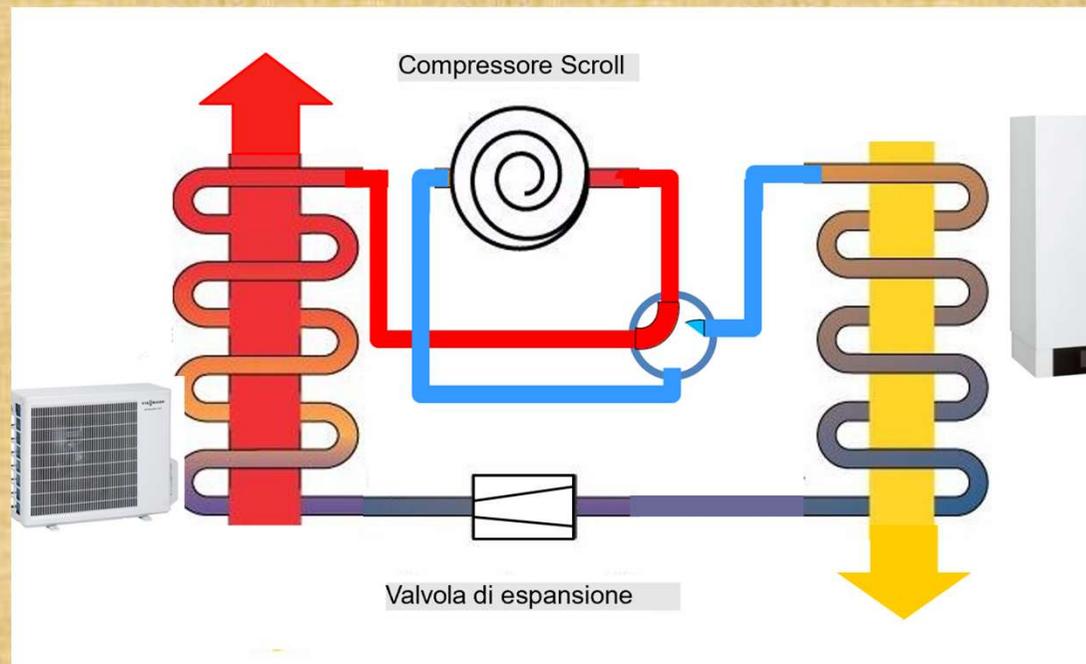
# PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO POMPA DI CALORE: RISCALDAMENTO



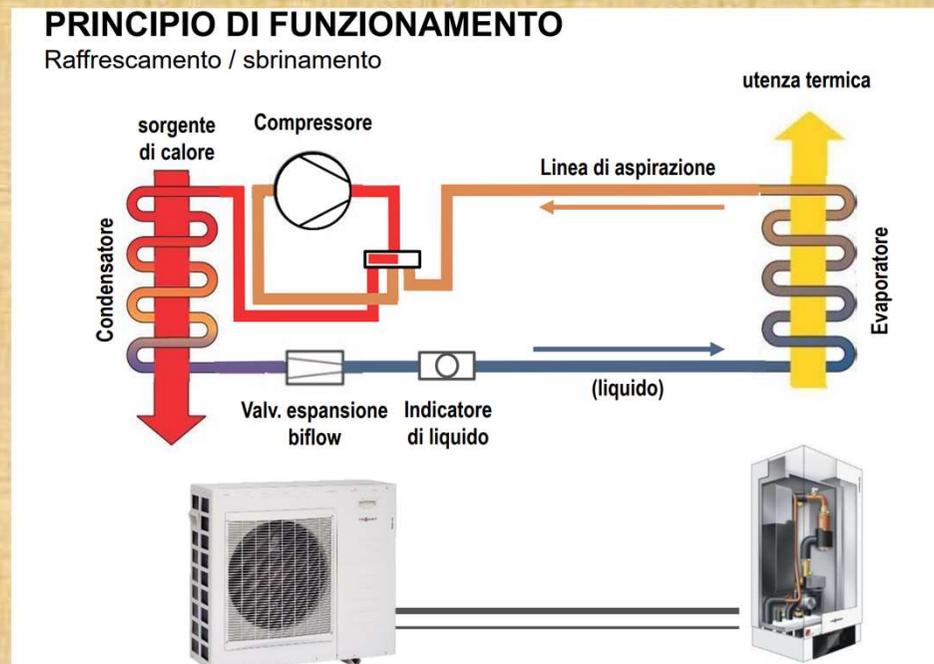
# PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO POMPA DI CALORE: RISCALDAMENTO



# PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO POMPA DI CALORE: RAFFRESCAMENTO



# PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO POMPA DI CALORE: RAFFRESCAMENTO



# GAS REFRIGERANTI

**GAS REFRIGERANTI.... QUESTI SCONOSCIUTI!**

R410



HFC

R290

CFC

R404



HCFC

R744

R134

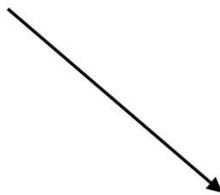
# GAS REFRIGERANTI

## REFRIGERANTI PIÙ COMUNI NATURALI E ARTIFICIALI

Naturali



Artificiali



- Ammoniaca
- Anidride Carbonica
- Idrocarburi

- CFC = CloroFluoroCarburi
- HCFC = IdroCloroFluoroCarburi
- HFC = IdroFluoroCarburi

# GAS REFRIGERANTI

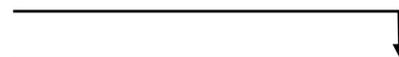
## REFRIGERANTI – PURI E MISCELE

Puri



➤ Fluido **monocomponente**

Miscele



Miscele **pluricomponente**

- Zeotropiche = **Differenza di temperatura (glide)** durante un cambiamento di fase isobaro.
- Azeotropiche = **Temperatura costante** durante un cambiamento di fase isobaro.
- Quasi azeotropiche = **glide ridotto**.

# GAS REFRIGERANTI

## **REFRIGERANTI – PURI E MISCELE**

### **Perché miscelare più gas**

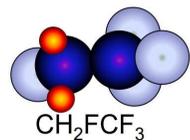
- Per modificare/calibrare le caratteristiche di un refrigerante puro.
  - Per variarne la densità del vapore in aspirazione al compressore.
  - Ridurre la temperatura di mandata del compressore.
  - Ottenere un voluto grado di miscibilità con l'olio lubrificante.
  - Rendere un refrigerante non infiammabile.
-

# GAS REFRIGERANTI

## REFRIGERANTI – CLASSIFICAZIONE ASHRAE (STANDARD 34)

Numero di atomi di carbonio -1  
(omesso se uguale a 0)

Numero di atomi di  
idrogeno +1



Tetrafluoroetano R134a

R = refrigerante

R

1

3

4

a

Il numero di atomi di cloro  
viene trovato per differenza.  
n° doppi legami insaturi.

Numero atomi di fluoro

Simmetria della molecola

# GAS REFRIGERANTI

## **REFRIGERANTI – CLASSIFICAZIONE ASHRAE (STANDARD 34)**

R 50 = Metano

R 170 = Etano

R 290 = Propano

R 4... = Miscela Zeotropiche

R 5... = Miscela Azeotropiche

# GAS REFRIGERANTI

## REFRIGERANTI – CLASSIFICAZIONE ASHRAE (Standard 34)

- Classe A: bassa tossicità
- Classe B: alta tossicità
  
- Gruppo 1: non infiammabili
- Gruppo 2: debolmente infiammabili
- Gruppo 3: altamente infiammabili

<b>A3</b> R600a (Isobutano) R290 (Propano)	<b>B3</b> R1140 (Cloruro di vinile)
<b>A2</b> HFC 32, HFC 143a HFC 152a, HFC 1234yf (A2L)	<b>B2</b> R 717 (Ammoniaca)
<b>A1</b> CFC 11, CFC 12, HCFC 22, HFC 134, HFC 410 a	<b>B1</b> HCFC 123

# GAS REFRIGERANTI

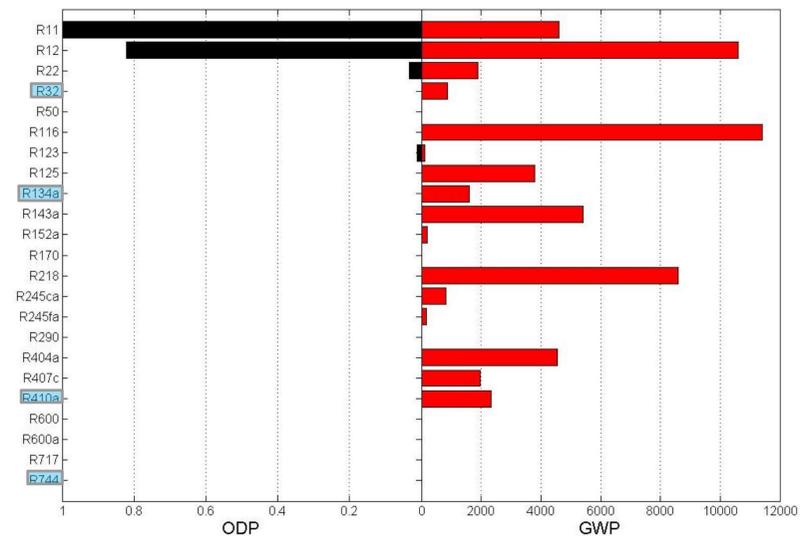
## REFRIGERANTI – IMPATTO AMBIENTALE

- **Atmospheric Lifetime** = Tempo di permanenza in atmosfera. Indica la persistenza media del refrigerante, se rilasciato in atmosfera o fino alla sua decomposizione o alla reazione con altri composti chimici.
- **O.D.P. (Ozone Depletion Potential)** = Potenziale di distruzione dell'ozono. Esprime la capacità della sostanza in questione di impoverire lo strato di ozono atmosferico. È un valore adimensionale, riferito al valore unitario assunto per l'R11 (**O.D.P. R11 = 1**).
- **G.W.P. (Global Warming Potential)** = Potenziale di riscaldamento globale. Esprime il contributo diretto della sostanza in questione al riscaldamento globale. È un valore numerico adimensionale, riferito al valore unitario assunto per l'anidride carbonica (**G.W.P. CO<sub>2</sub> = 1**).

N.B. Occorre inoltre considerare anche l'impatto ambientale indiretto (combustione in centrale).

# GAS REFRIGERANTI

## REFRIGERANTI – IMPATTO AMBIENTALE



# GAS REFRIGERANTI

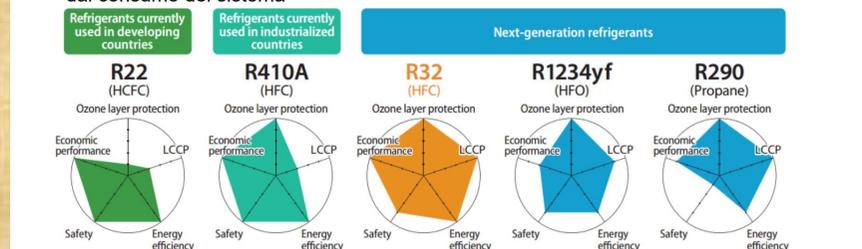
## REFRIGERANTI – IMPATTO AMBIENTALE

Cos'è T.E.W.I.?

- T.E.W.I. (Total Equivalent Warming Impact) = Effetto serra diretto + effetto serra indiretto.
- **Effetto serra diretto** = perdita di refrigerante dal sistema che ne fa uso.
- **Effetto serra indiretto** = emissioni di anidride carbonica derivanti dal consumo del sistema.

**T.E.W.I. = Effetto serra diretto + effetto serra indiretto**

perdita di refrigerante dal sistema + emissioni di anidride carbonica derivanti dal consumo del sistema

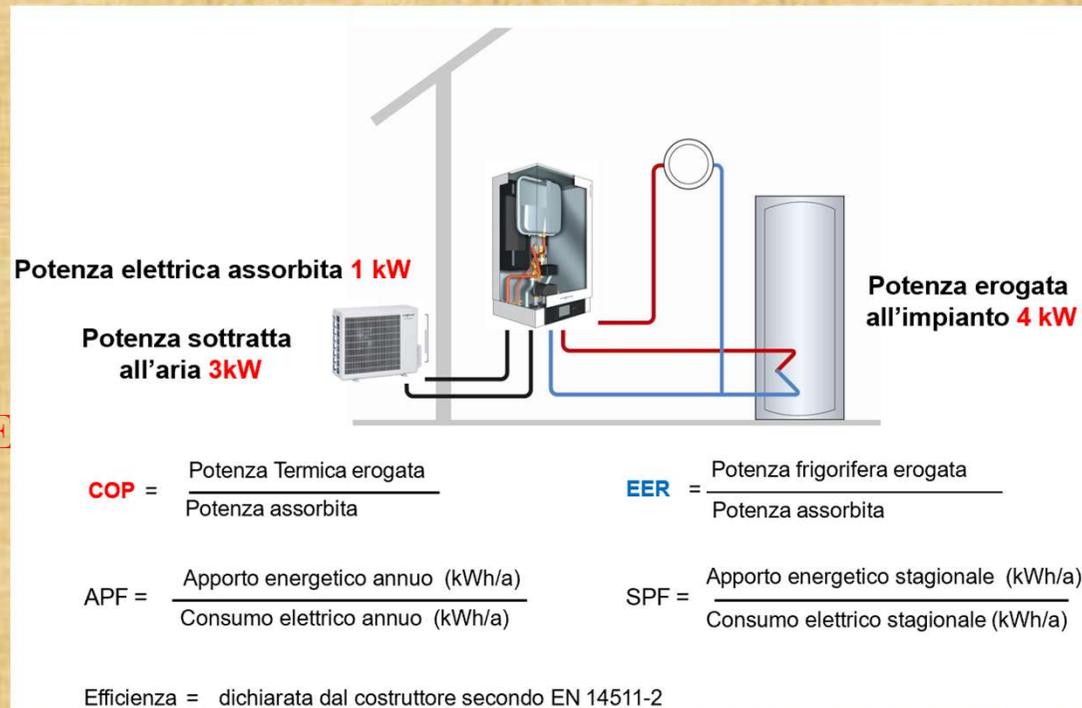


# POMPE DI CALORE: EFFICIENZE DI FUNZIONAMENTO

- **Definizione COP,EER,APF,SPF**
  - **Efficienze teoriche e reali**
  - **Sensibilità alle temperature di funzionamento**
-

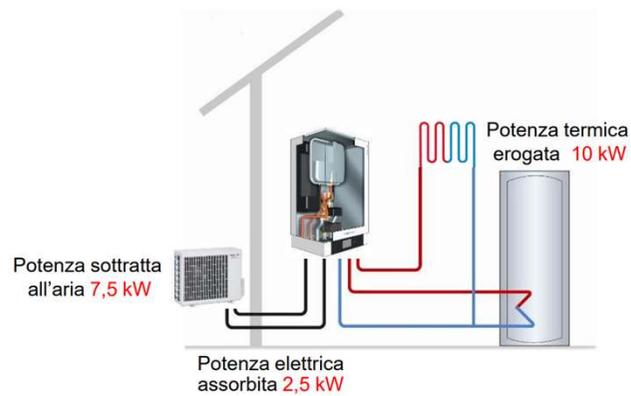
# POMPE DI CALORE: EFFICIENZE DI FUNZIONAMENTO

COP:  
COEFFICIENT  
OF  
PERFORMANCE



# POMPE DI CALORE: EFFICIENZE DI FUNZIONAMENTO

## EFFICIENZA - COP Coefficient Of Performance



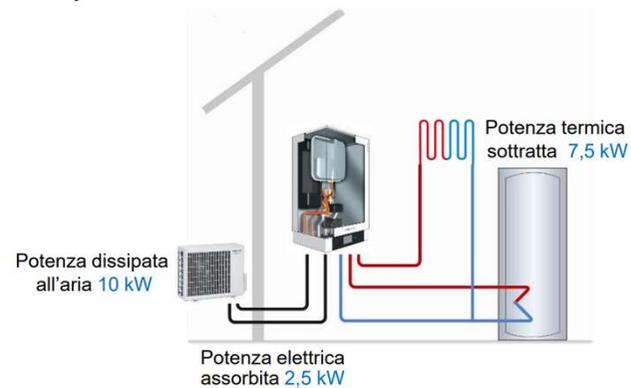
$$\text{COP} = \frac{\text{potenza termica erogata}}{\text{potenza el. assorbita}} = \frac{10 \text{ kW}}{2,5 \text{ kW}} = 4$$

Efficienza dichiarata dal costruttore secondo EN 14511-2

# POMPE DI CALORE: EFFICIENZE DI FUNZIONAMENTO

## EFFICIENZA - EER

Energy Efficiency Ratio



$$\text{EER} = \frac{\text{potenza frigorifera erogata}}{\text{potenza el. assorbita}} = \frac{7,5 \text{ kW}}{2,5 \text{ kW}} = 3$$

Efficienza dichiarata dal costruttore secondo EN 14511-2

# POMPE DI CALORE: EFFICIENZE DI FUNZIONAMENTO

## EFFICIENZA STAGIONALE

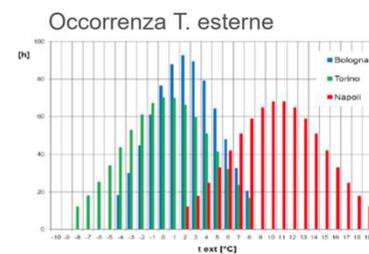
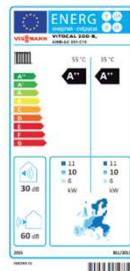
SPF - Seasonal Performance Factor

$$\text{SPF SCOP-SEER} = \frac{\text{apporto energetico stagionale (kWh)}}{\text{consumo energetico stagionale (kWh)}}$$

**PRODUTTORE**  
SCOP ( $\eta_s$ )  
a Strasburgo



**PROGETTISTA**  
Calcolo fabbisogni  
secondo UNI/TS 11300



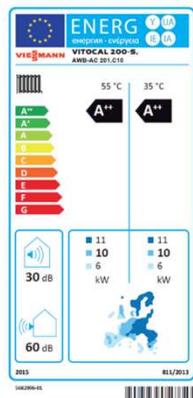
# POMPE DI CALORE: EFFICIENZE DI FUNZIONAMENTO

## EFFICIENZA STAGIONALE

SPF - Seasonal Performance Factor

$$\text{SPF} = \frac{\text{apporto energetico stagionale (kWh)}}{\text{consumo energetico stagionale (kWh)}}$$

La direttiva ErP introduce il concetto di prestazione stagionale per le pompe di calore. Progettazione ecocompatibile (Reg.813/2013) fino a 400 kW fissa requisiti in termini di prestazioni, rumorosità, informazioni di prodotto. Etichettatura (Reg.811/2013) fino a 70 kW.



$\eta_s$  «efficienza energetica stagionale del riscaldamento d'ambiente»  
Rapporto fra la domanda di riscaldamento d'ambiente per una data stagione di riscaldamento, erogata da un apparecchio di riscaldamento, e il consumo energetico annuo necessario a soddisfare tale domanda, espresso in %

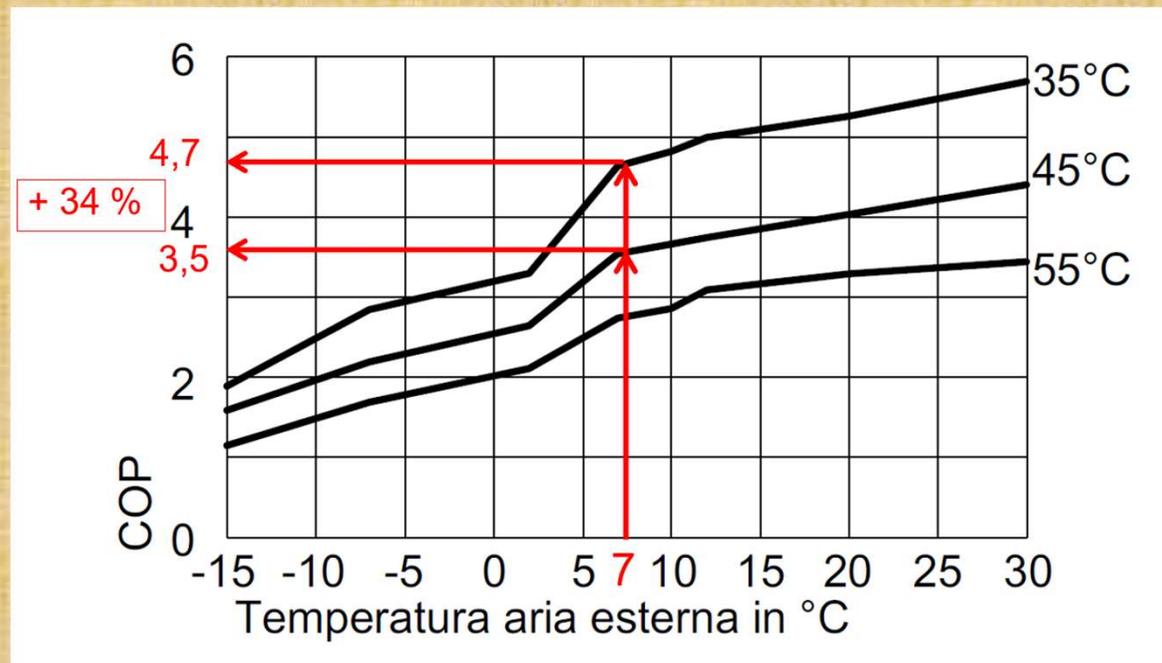
CLASSI DI EFFICIENZA		$\eta_{s,h}$	SCOP aria/acqua	SCOP terra/acqua acqua/acqua
A+++ (dal 2019)	MT	$\geq 150\%$	3,825	3,950
	BT	$\geq 175\%$	4,450	4,575
A++	MT	$\geq 125\%$	3,200	3,325
	BT	$\geq 150\%$	3,825	3,950
A+	MT	$\geq 110\%*$	2,825	2,950
	BT	$\geq 125\%*$	3,200	3,325

### Passaggi chiave

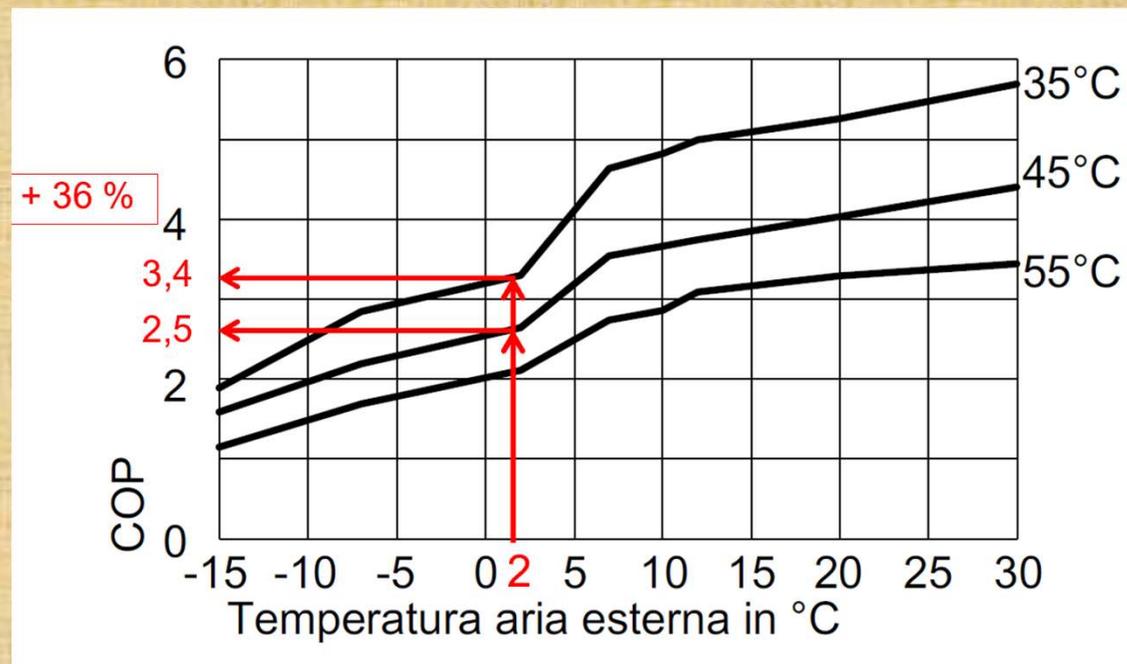
- 26 set 2015  
Classi da A++ a G
- 26 set 2017  
requisiti minimi più stringenti:  
\* $\eta_s$  min 110 % MT; 125% BT
- 26 set 2019  
Classi da A+++ a D

© Viessmann Group

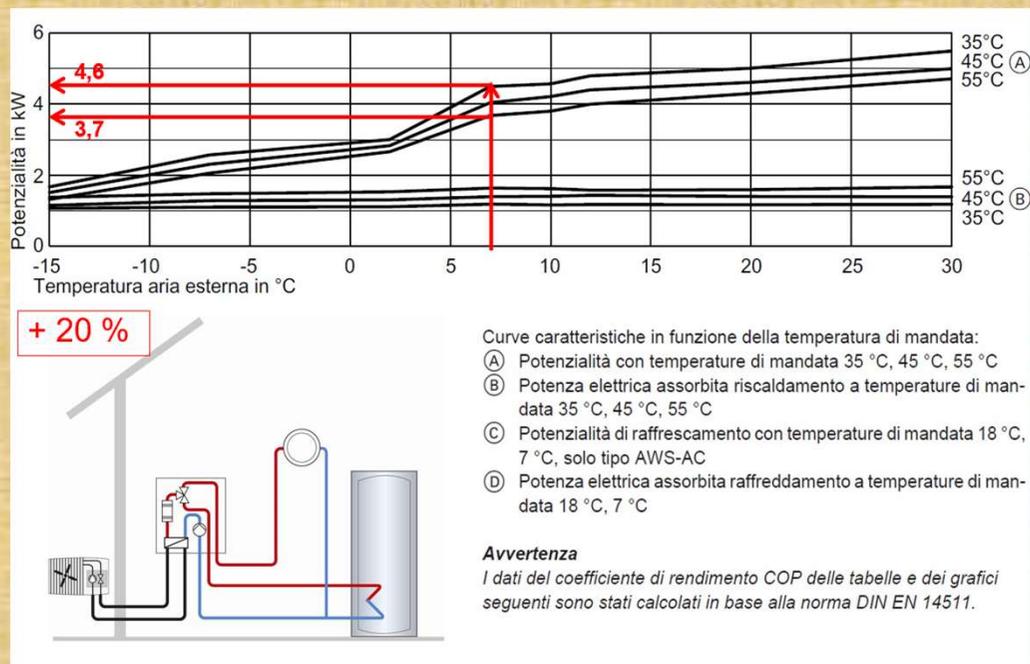
# EFFICIENZA E DIFFERENZA DI TEMPERATURA



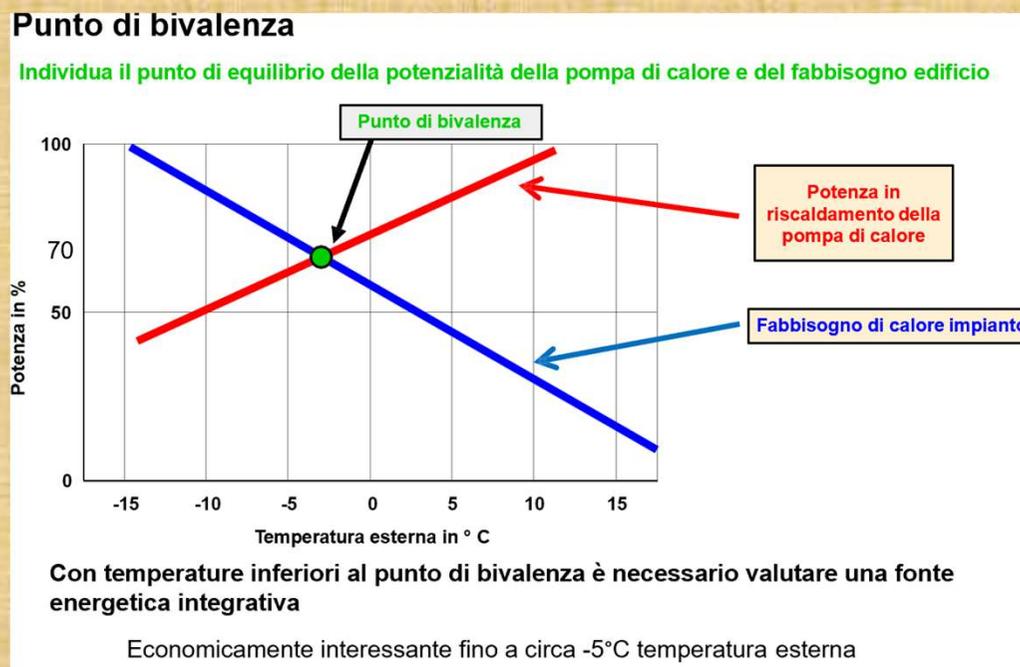
# EFFICIENZA E DIFFERENZA DI TEMPERATURA



# EFFICIENZA, DIFFERENZA DI TEMPERATURA, POTENZA ELETTRICA

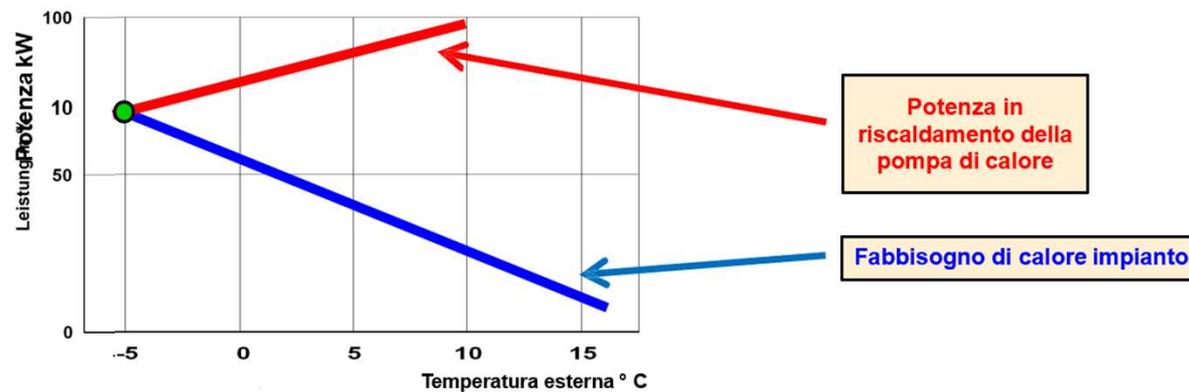


# SCELTA DELLA POTENZIALITA' DELLA POMPA DI CALORE



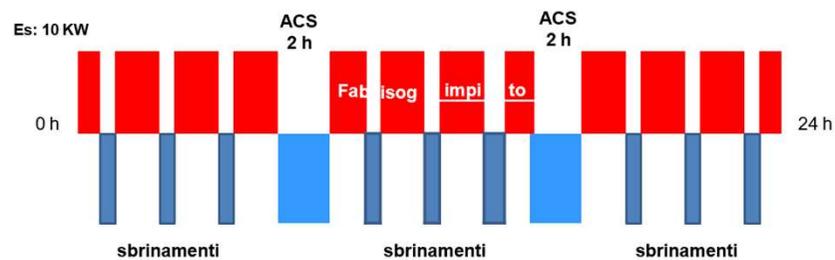
# FUNZIONAMENTO DELLA POMPA DI CALORE

Funzionamento monovalente



# FUNZIONAMENTO DELLA POMPA DI CALORE

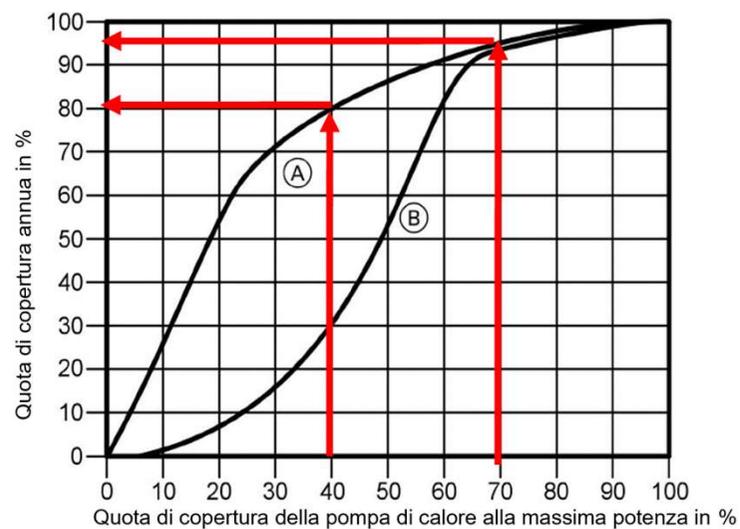
## Funzionamento monovalente



Con la sola pompa di calore dimensionata in condizioni di progetto  
bisogna tenere conto della produzione ACS e degli sbrinamenti!

# FUNZIONAMENTO DELLA POMPA DI CALORE

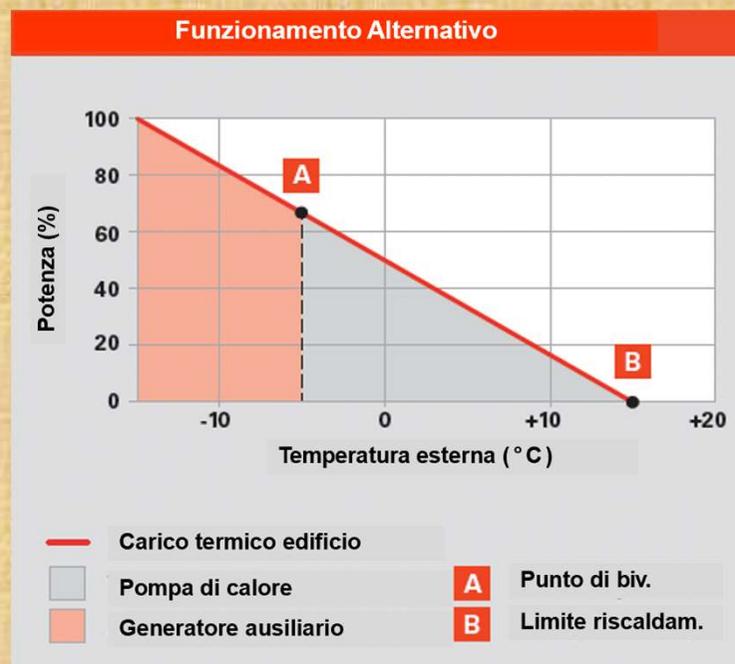
Funzionamento bivalente



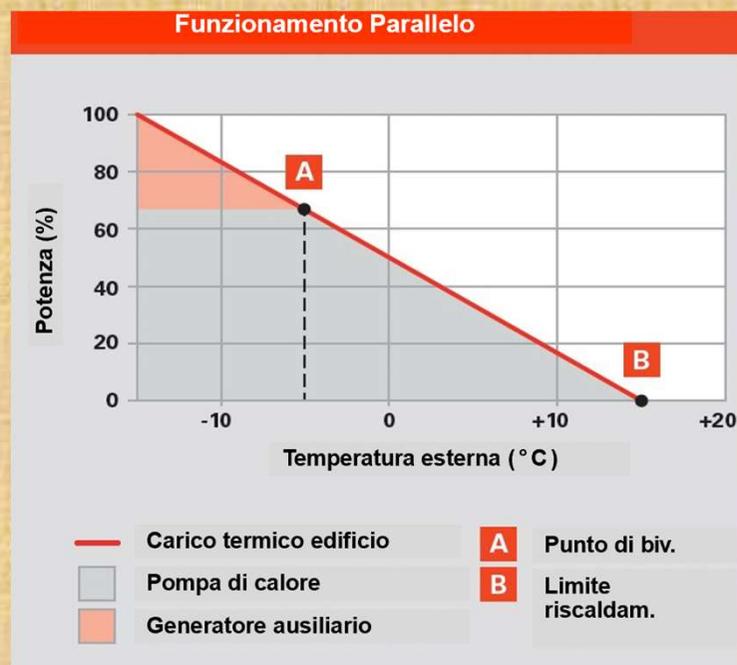
A Modo di funzionamento bivalente-parallelo

B Modo di funzionamento bivalente-alternativo

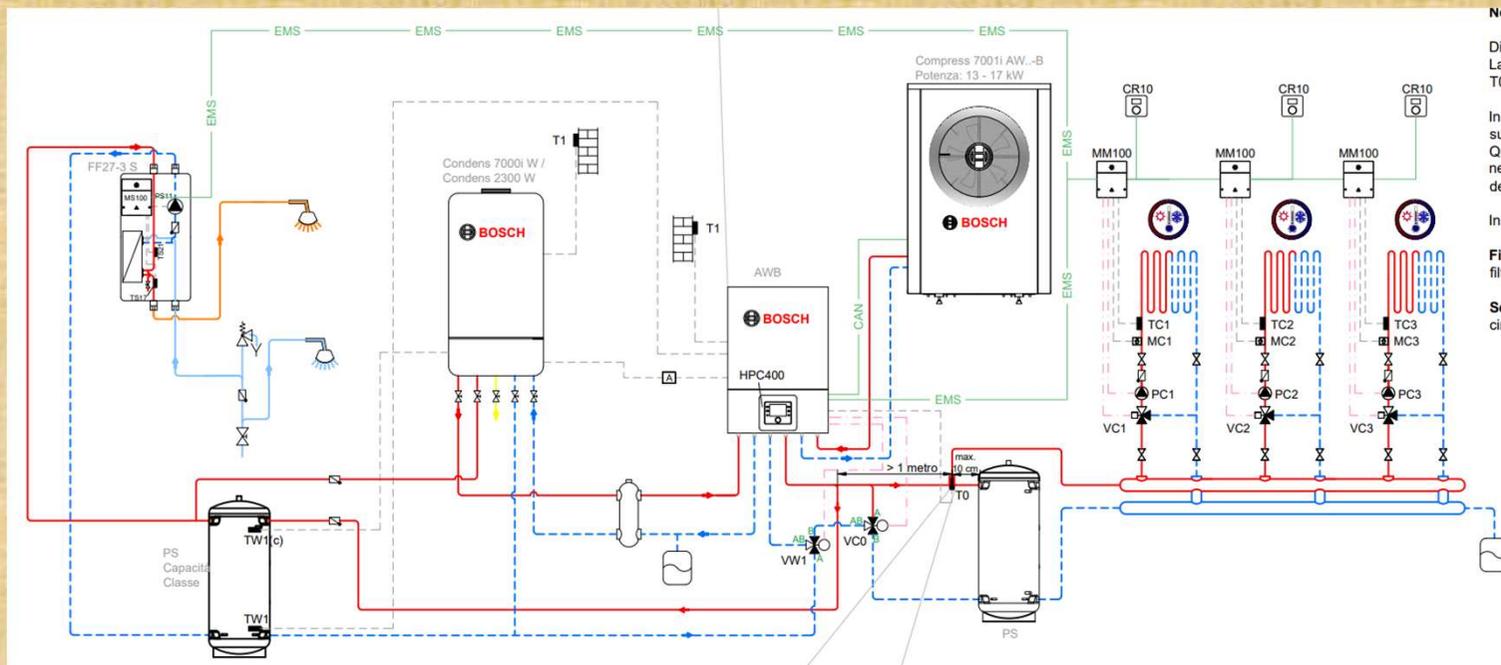
# FUNZIONAMENTO DELLA POMPA DI CALORE: BIVALENTE ALTERNATIVO



# FUNZIONAMENTO DELLA POMPA DI CALORE: BIVALENTE PARALLELO



# FUNZIONAMENTO DELLA POMPA DI CALORE: BIVALENTE PARALLELO-SCHEMA ESEMPLIFICATIVO

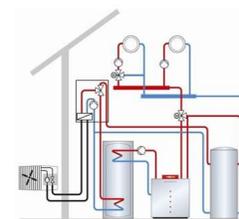
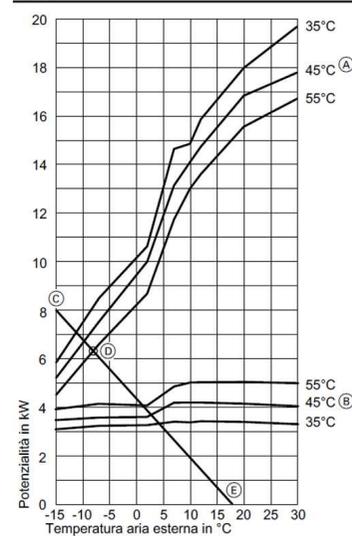


Nota  
Dista  
La d  
T0 d  
In ca  
sull'i  
Qua  
nei s  
desi  
In ca  
Filtr  
filtro  
Sec  
cirt

# FUNZIONAMENTO DELLA POMPA DI CALORE: BIVALENTE PARALLELO

## Integrazione con caldaia Funzionamento parallelo

Esempio



- Curve caratteristiche in funzione della temperatura di mandata:
- (A) Potenzialità con temperature di mandata 35 °C, 45 °C, 55 °C
  - (B) Potenza elettrica assorbita riscaldamento a temperature di mandata 35 °C, 45 °C, 55 °C
  - (C) Carico termico
  - (D) Punto di bivalenza per sistema a radiatori
  - (E) Temperatura limite di riscaldamento

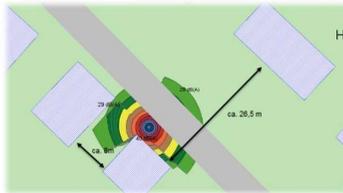
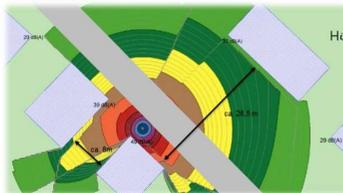
Carico termico secondo  
DIN EN 12831: 8 kW  
Temperatura esterna minima: -15 °C  
Temperatura limite di riscaldamento: 18 °C  
Temperatura massima di mandata: 55 °C

Con un carico termico di 8 Kw, dal diagramma di potenza risulta che con un impianto a pavimento, il punto di bivalenza risulta a - 12 °C.

# FUNZIONAMENTO DELLA POMPA DI CALORE: EMISSIONI ACUSTICHE

Ottimizzazione delle prestazioni acustiche

PdC tradizionale



- Progettazione dell'unità esterna per **contenere le emissioni sonore**
- Riduzione delle vibrazioni con **supporti antivibranti e circuito frigorifero installato su piastra oscillante**
- Gestione dei **ventilatori a velocità differenziate**

## Risultati conseguiti

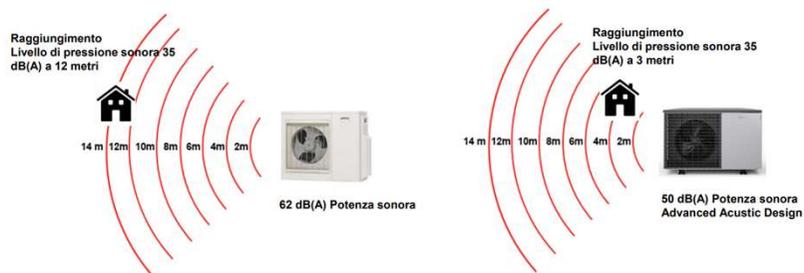
- Abbassamento del livello di potenza sonora
- **Pressione sonora 35dB (A) a 3m** in funzionamento notturno

# FUNZIONAMENTO DELLA POMPA DI CALORE: EMISSIONI ACUSTICHE

## CONTENIMENTO EMISSIONI ACUSTICHE

Ruolo del generatore

Sorgente di rumore	Livello sonoro (dB)	Percezione umana
Fruscio di foglie, bisbiglio, ambiente abitativo silenzioso di notte	20-25	Calma, silenzio
Ambiente abitativo silenzioso di notte, biblioteca, ambiente rurale notte	25-35	
Ambiente domestico di giorno, strada tranquilla, conversazione tranquilla	40-50	Possibile deconcentrazione, inizio disturbi del sonno
Conversazione normale, ufficio rumoroso, strada trafficata, ristorante, Tv e radio ad alto volume	60-70	Interferenza nelle conversazioni, fastidio, telefono difficile da usare
Sveglia, asciugacapelli, autostrada	80	Fastidio
Camion nelle vicinanze, macchinari industria e artigianato, passaggio treno, motosega	90	Molto fastidio
Discoteca, carotatrice, concerto rock, autobetoniera, martello pneumatico	100-110	Dolore
Sirena, clacson a 1 metro,	120	
Decollo aereo	130	

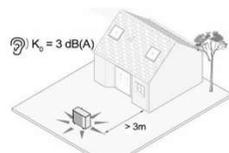


# FUNZIONAMENTO DELLA POMPA DI CALORE: EMISSIONI ACUSTICHE

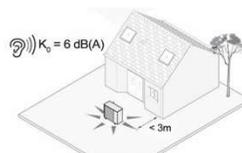
## CONTENIMENTO EMISSIONI ACUSTICHE

Scelta del posizionamento e ruolo del generatore

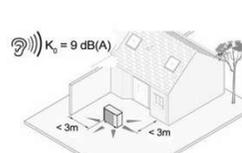
Campo aperto (Q=2)



Parete (Q=4)



Angolo (Q=8)



Aumento rumore a parità di potenza sonora

$$L_p = L_w - 10 \lg 4 \pi r^2 + K_0 = L_w - 20 \lg r - 11 + K_0$$



In applicazioni residenziali ad elevata densità, l'indice di direzionalità  $K_0$  è inevitabile.  
La scelta del posizionamento è spesso vincolata. Determinante quindi la riduzione a monte della sorgente di rumore.

# FUNZIONAMENTO DELLA POMPA DI CALORE: EMISSIONI ACUSTICHE

## CONTENIMENTO EMISSIONI ACUSTICHE

Errori da evitare



↩ Aumento di circa 9 dB(A) rispetto ai dati di catalogo per i recettori della palazzina opposta  
....se avevate considerato 50 dB(A) ora vi trovate 59 dB(A)!

# FUNZIONAMENTO DELLA POMPA DI CALORE: EMISSIONI ACUSTICHE

## CONTENIMENTO EMISSIONI ACUSTICHE

Errori da evitare



Aumento di circa 9  $dB(A)$  rispetto ai dati di catalogo per effetto cassa di risonanza  
....se avevate considerato 50  $dB(A)$  ora vi trovate 59  $dB(A)$ !

# FUNZIONAMENTO DELLA POMPA DI CALORE: EMISSIONI ACUSTICHE

## CONTENIMENTO EMISSIONI ACUSTICHE

Errori da evitare



Aumento di circa 11 dB(A) rispetto ai dati di catalogo per i recettori posti sopra la bocca di lupo  
....se avevate considerato 50 dB(A) ora vi trovate 61 dB(A)!

# POMPE DI CALORE: DIMENSIONAMENTO ACCUMULO INERZIALE

## **DIMENSIONAMENTO**

Le attenzioni impiantistiche

### **POMPA DI CALORE: le indispensabili attenzioni lato idronico**

- **Adeguate volume di impianto**
  - volume minimo - vedere dati tecnici
  - volume consigliato - in base all'impianto
- **Adeguate circolazione idronica**
  - attenersi sempre ai dati tecnici
- **Adeguate superfici di scambio**
  - es. bollitori ACS adeguati

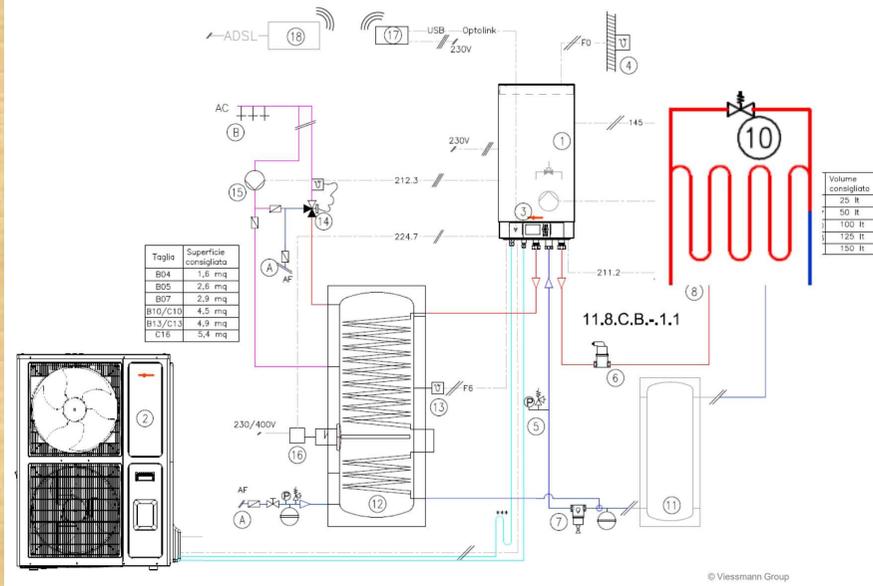
### ***NB: per salvaguardare la vita e l'efficienza del gruppo frigorifero***

- *Ridurre al minimo gli avviamenti e gli arresti del compressore*
- *Lavorare il più possibile con un carico costante*

# POMPE DI CALORE: ACCUMULO INERZIALE

## VOLUME DI IMPIANTO

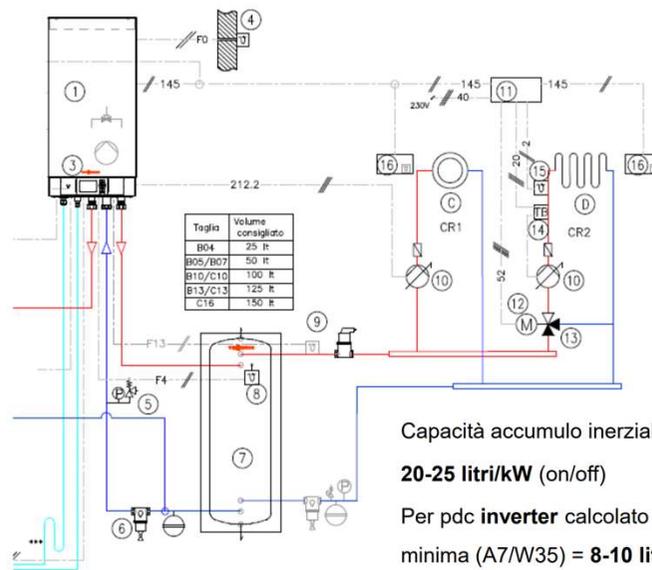
Inserimento in serie sul ritorno



# POMPE DI CALORE: ACCUMULO INERZIALE

## VOLUME DI IMPIANTO

Inserimento come disaccoppiamento idraulico



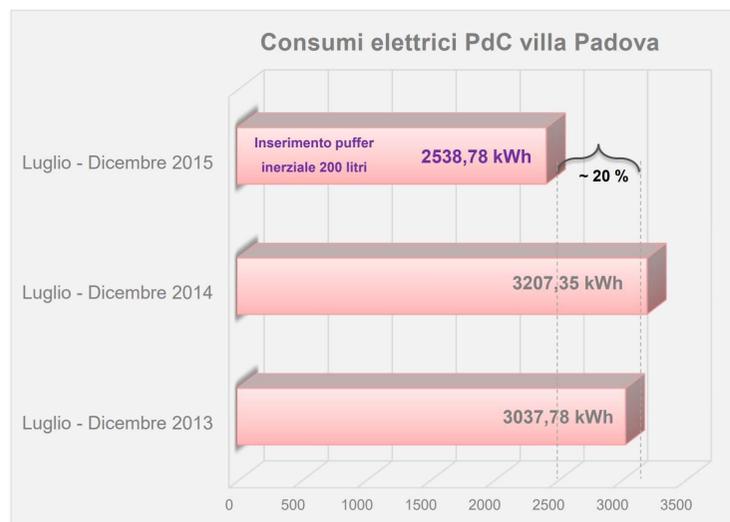
# POMPE DI CALORE: ACCUMULO INERZIALE

## CASE STUDY

Gli effetti dell'accumulo inerziale

Villa in classe B, impianto a pavimento a zone e scaldasalviette.

Installazione puffer 1 luglio 2015.



# POMPE DI CALORE: ACCUMULO INERZIALE

## CASE STUDY

Gli effetti dell'accumulo inerziale

Villa in classe B, impianto a pavimento a zone e scaldasalviette.

Installazione puffer 1 luglio 2015.

MESE	T° MED MENSILE	T° MED MENSILE	T° MED MENSILE	T° MED MENSILE	T° MED MENSILE
	INVERNO CALCOLO L10/91	INVERNO 2012-2013	INVERNO 2013-2014	INVERNO 2014-2015	INVERNO 2015-2016
OTTOBRE	13,8	13,6	17,0	16,2	14,0
NOVEMBRE	8,2	10,5	10,2	12,0	8,4
DICEMBRE	3,6	2,9	4,5	5,9	3,9

Il miglioramento dell'efficienza **misurato** di quasi il 20% si è verificato nonostante il trimestre invernale con la temperatura esterna media più bassa degli ultimi 3 anni, a conferma dell'importanza dell'adeguato contenuto d'acqua nell'impianto.

# POMPE DI CALORE: SCELTA

## DIMENSIONAMENTO

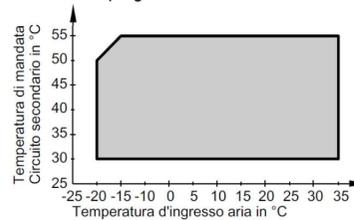
Scegliere la pompa di calore

### CHECK LIST

- Tipo di applicazione
- Temperature di funzionamento
  - Fonte primaria
  - Impianto
- Carico termico
  - Riscaldamento
  - Produzione di acqua calda sanitaria
  - Raffrescamento
- Integrazioni termiche
- Alimentazione elettrica



Limiti di impiego secondo EN14511

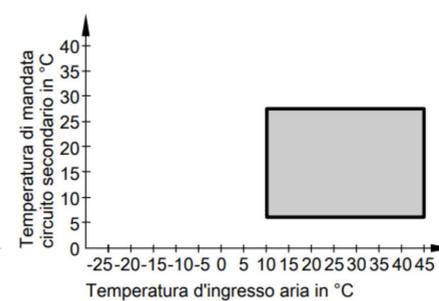
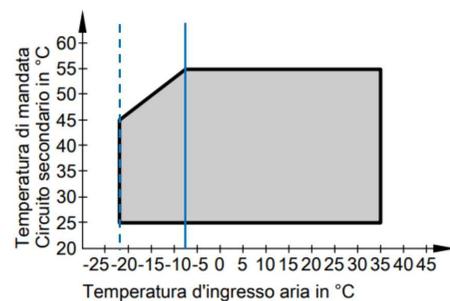


# POMPE DI CALORE: LIMITI OPERATIVI

## LIMITI OPERATIVI

Temperatura mandata fino a 55°C

Pompa di calore aria-acqua split inverter



Limiti di impiego secondo EN14511-2

- Riscaldamento:  $-22^{\circ}\text{C} \leq \text{Text} \leq 35^{\circ}\text{C}$
- Raffrescamento:  $10^{\circ}\text{C} \leq \text{Text} \leq 45^{\circ}\text{C}$

# POMPE DI CALORE: CIRCOLAZIONE IDRONICA

## CASE STUDY

Gli effetti dell'accumulo inerziale

Villa in classe B, impianto a pavimento a zone e scaldasalviette.

Installazione puffer 1 luglio 2015.

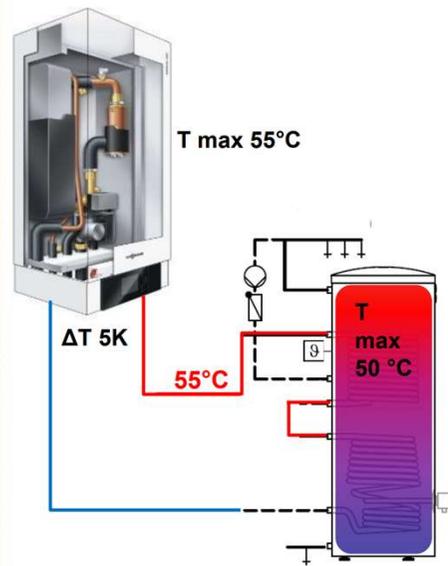
MESE	T° MED MENSILE INVERNO CALCOLO L10/91	T° MED MENSILE INVERNO 2012-2013	T° MED MENSILE INVERNO 2013-2014	T° MED MENSILE INVERNO 2014-2015	T° MED MENSILE INVERNO 2015-2016
OTTOBRE	13,8	13,6	17,0	16,2	14,0
NOVEMBRE	8,2	10,5	10,2	12,0	8,4
DICEMBRE	3,6	2,9	4,5	5,9	3,9

Il miglioramento dell'efficienza **misurato** di quasi il 20% si è verificato nonostante il trimestre invernale con la temperatura esterna media più bassa degli ultimi 3 anni, a conferma dell'importanza dell'adeguato contenuto d'acqua nell'impianto.

# POMPE DI CALORE: PRODUZIONE ACS

## PRODUZIONE DI ACS

Bollitore con serpentino



Produzione di ACS tramite il serpentino del bollitore con superfici maggiorate

**Superficie minima serpentino:**

Potenza PdC (kW) x 0,3 m<sup>2</sup>/kW  
es: 10 kW → 3 m<sup>2</sup>

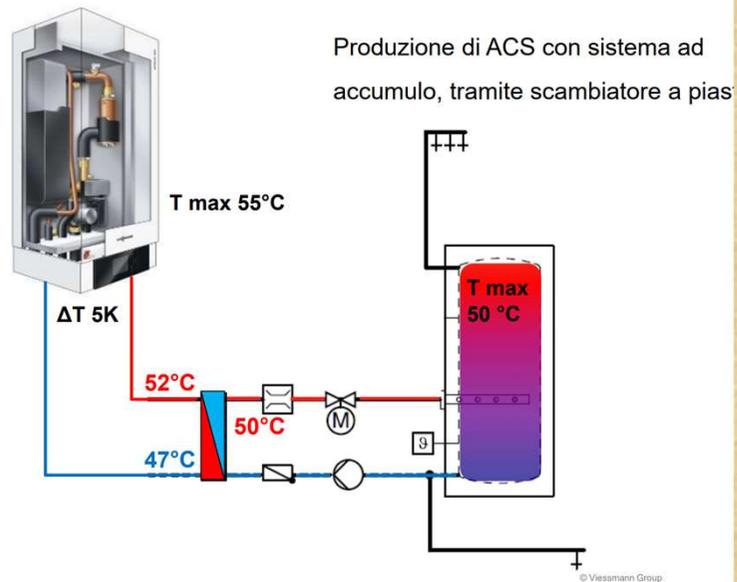


Nel caso di bollitore bivalente, si possono unire i serpentini in serie per raggiungere le superfici di scambio ottimali.

# POMPE DI CALORE: PRODUZIONE ACS

## PRODUZIONE DI ACS

Sistema ad accumulo



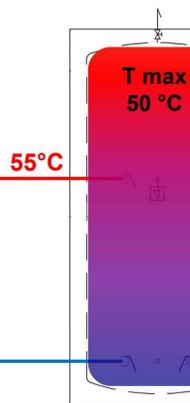
# POMPE DI CALORE: PRODUZIONE ACS

## PRODUZIONE DI ACS

Con scambiatore istantaneo



T max 55°C



T max 50°C

55°C

$\Delta T$  5K

Produzione di ACS con scambiatore istantaneo



T max ???



Non presente accumulo a bassa temperatura e quindi non insorge proliferazione «Legionella»

# POMPE DI CALORE: RAFFRESCAMENTO

## RAFFRESCAMENTO

Umidità e comfort ambiente

### Raffrescamento con pompa di calore

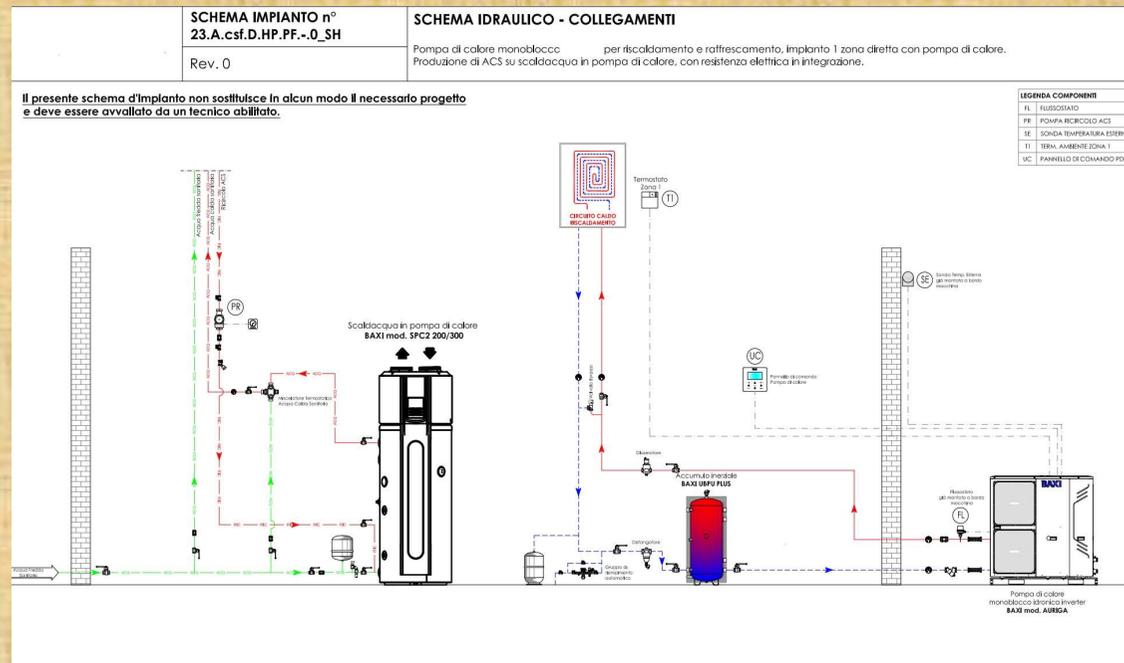
- Unico dispositivo per riscaldamento, ACS e raffrescamento
- Coibentazioni idonee (evitare condensa)
- Impianto di distribuzione adeguato



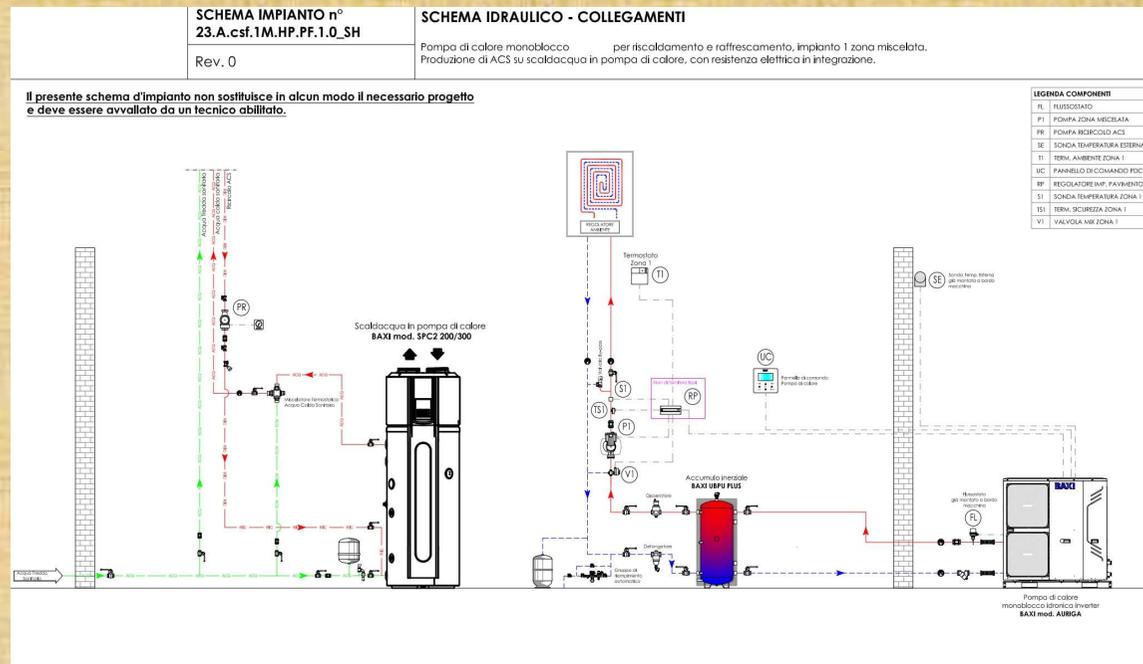
### I fattori che influenzano il benessere ambiente:

- Temperatura, umidità, movimento dell'aria
- Temperatura superficiale delle pareti
- Qualità dell'aria
- Tipo di abbigliamento e attività svolte

# POMPE DI CALORE: SCHEMI DI IMPIANTO

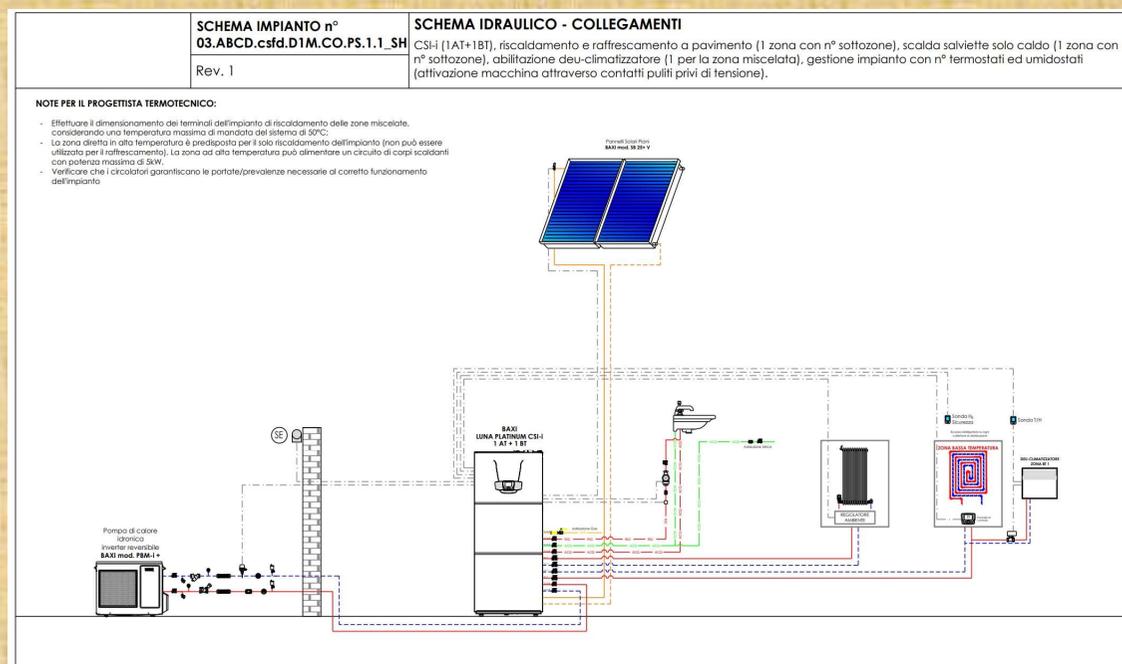


# POMPE DI CALORE: SCHEMI DI IMPIANTO

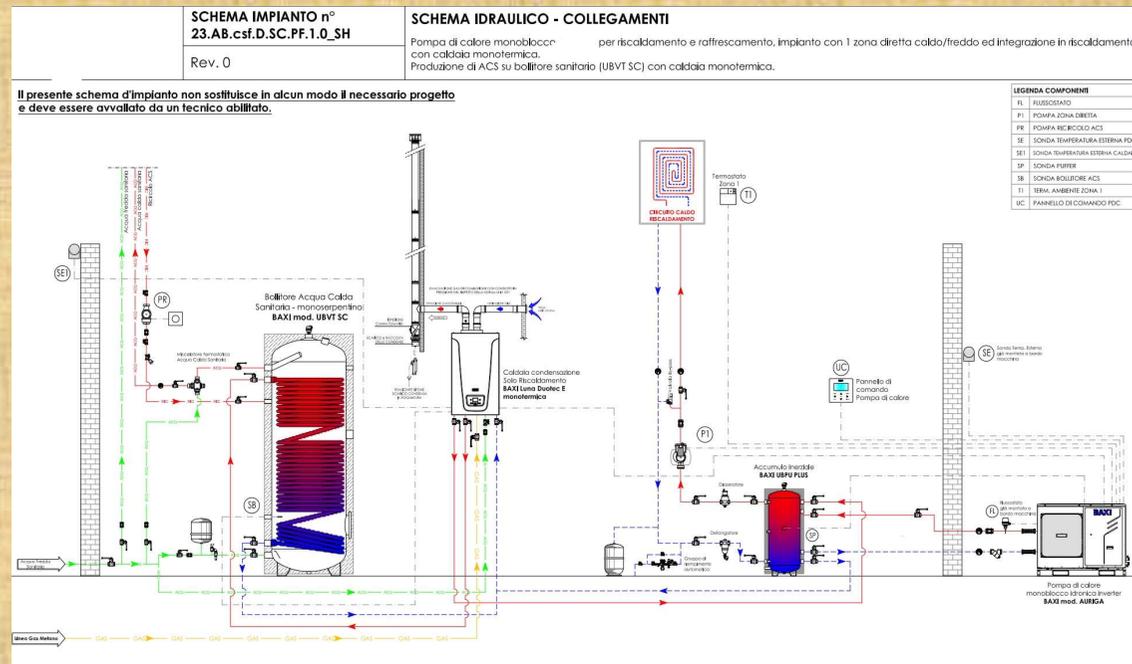




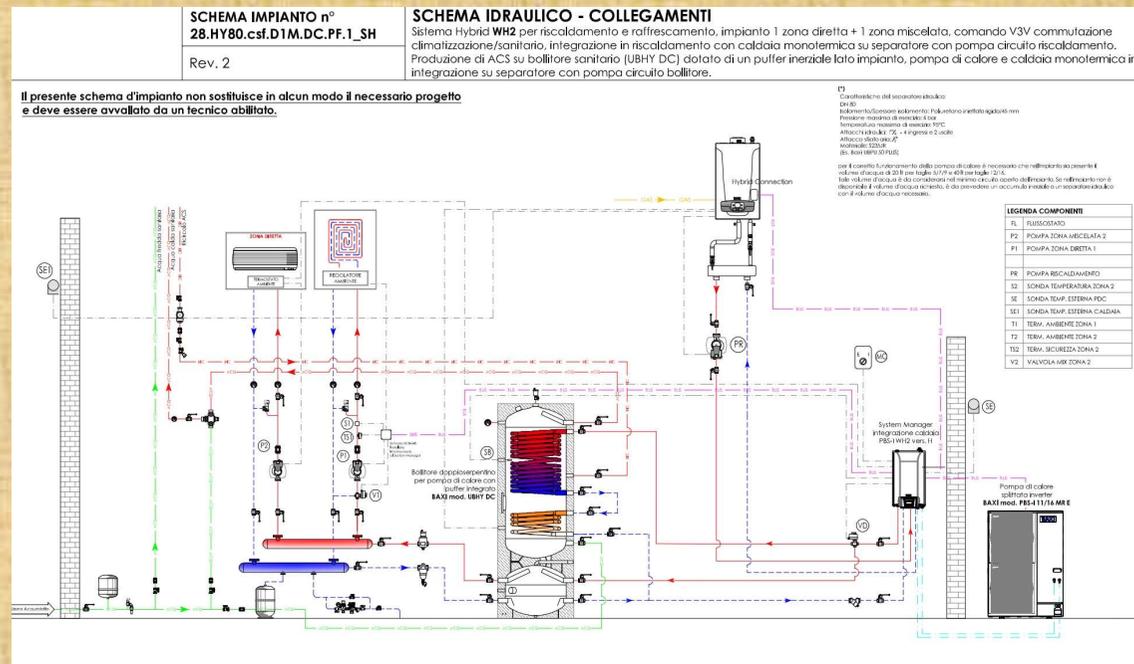
# POMPE DI CALORE: SCHEMI DI IMPIANTO



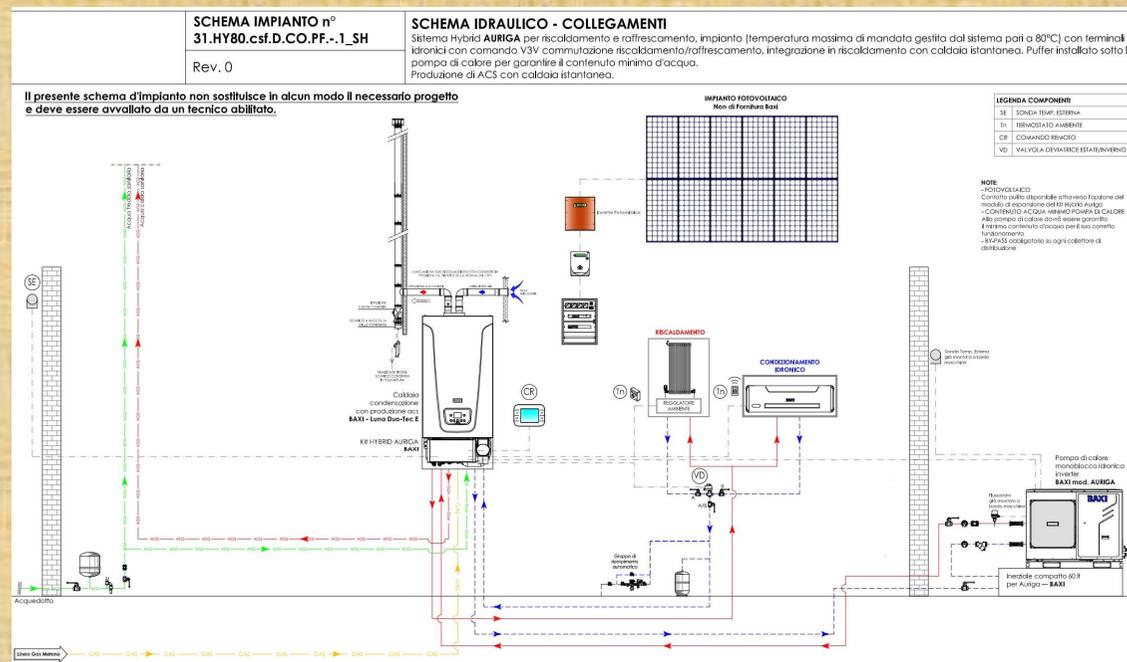
# POMPE DI CALORE E CALDAIA: SCHEMI DI IMPIANTO



# POMPE DI CALORE E CALDAIA: SCHEMI DI IMPIANTO



# POMPE DI CALORE E CALDAIA: SCHEMI DI IMPIANTO



GRAZIE PER L'ATTENZIONE  
BUONA GIORNATA A TUTTI

**IDROCENTRO**

---

---