

The background of the slide features a close-up of a white cup filled with coffee and a thick, golden-brown foam. The cup is positioned in the upper left corner. Below and to the right of the cup is a green folder or document. The folder has a white logo consisting of a stylized coffee cup with steam rising from it. Below the logo, the text "Coffee with" is written in a smaller font, and "CALEFFI" is written in a larger, bold font. At the bottom of the folder, the words "Training Webinar" are visible. The entire scene is set against a light-colored, textured surface, possibly a table. A green curved line is visible in the bottom right corner of the slide.

**TERMOREGOLAZIONE E CONTROLLO
DELLA POTENZA EMESSA**

21/04/2022



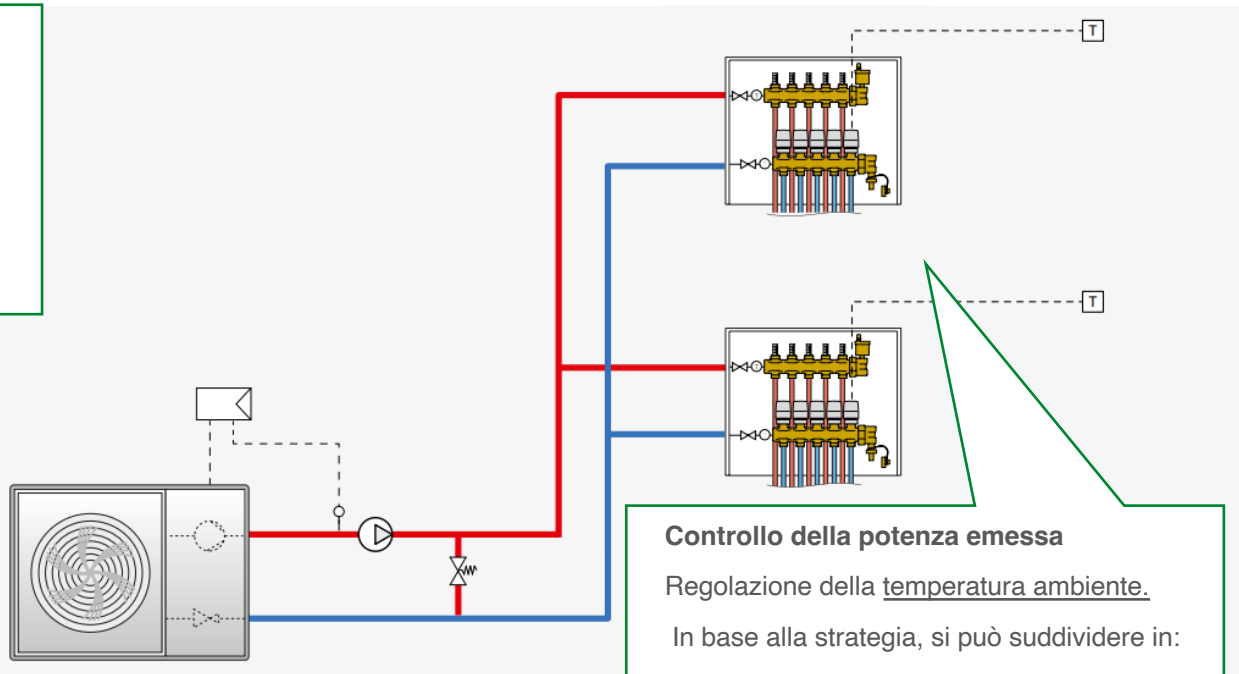
REGOLAZIONE DELLA POTENZA

Controllo della potenza prodotta

Regolazione della temperatura di mandata.

In base alla strategia, si può suddividere in:

- regolazione a punto fisso
- regolazione a punto fisso compensato
- regolazione climatica



Controllo della potenza emessa

Regolazione della temperatura ambiente.

In base alla strategia, si può suddividere in:

- regolazione ON/OFF
- regolazione modulante

CONTROLLO DELLA POTENZA EMESSA

REGOLAZIONE AL TERMINALE DI EMISSIONE

La potenza termica può essere espressa in maniera semplificata come:

$$P = G \cdot (T1 - T2)$$

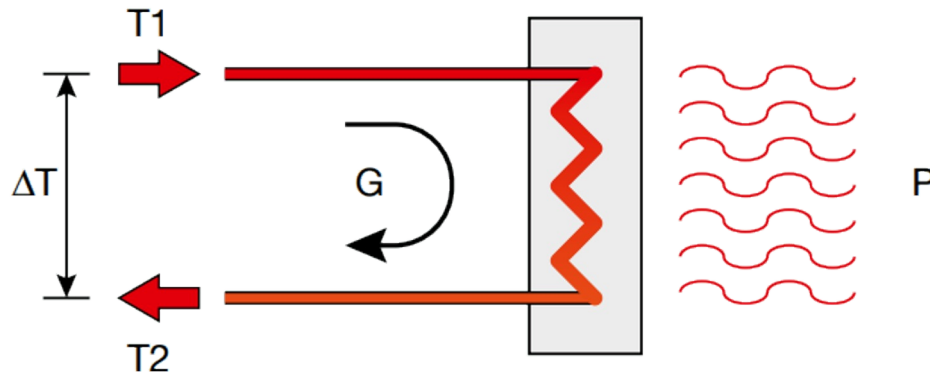
dove:

P = potenza termica scambiata, kcal/h

G = portata volumetrica, l/h

T1 = temperatura del fluido in ingresso al terminale, °C

T2 = temperatura del fluido in uscita dal terminale, °C



Appare quindi evidente che **variare la portata** è un metodo efficace per controllare la potenza emessa.

IMPIANTI A PORTATA VARIABILE

REGOLAZIONE AL TERMINALE DI EMISSIONE

CIRCUITO A TRE VIE

(valvola in deviazione)

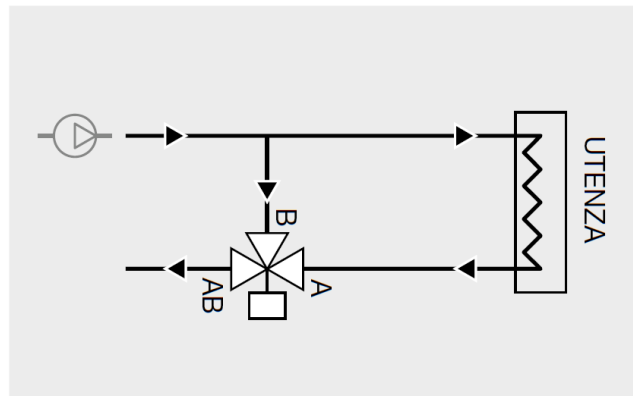
TIPO DI REGOLAZIONE

Regolazione
della portata



DISPOSITIVO DI REGOLAZIONE

Valvola a 3 vie



CIRCUITO A DUE VIE

(valvola in limitazione)

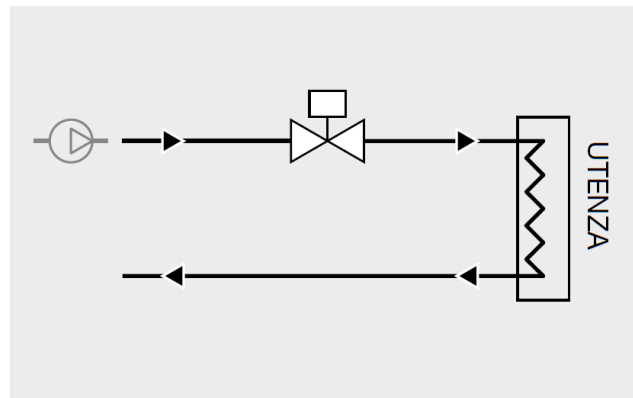
TIPO DI REGOLAZIONE

Regolazione
della portata



DISPOSITIVO DI REGOLAZIONE

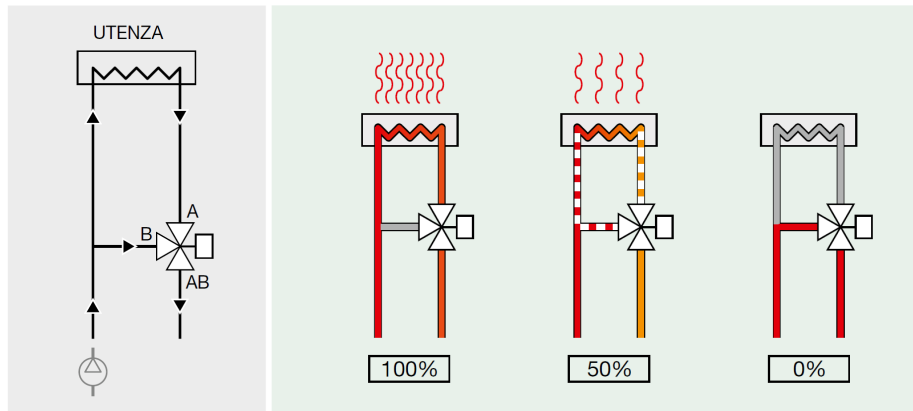
Valvola a 2 vie



REGOLAZIONE AL TERMINALE DI EMISSIONE – Circuito a tre vie

La porzione di circuito a valle della valvola a tre vie (lato utenza) funziona a **portata variabile**, mentre quella a monte (lato pompa/generatore) è a **portata costante**.

Nel funzionamento a pieno carico la via (A) è completamente aperta e pertanto si ha la portata massima nel circuito utenza. Durante la regolazione, la via di bypass (B) viene progressivamente aperta, limitando di conseguenza il flusso nel circuito utenza.

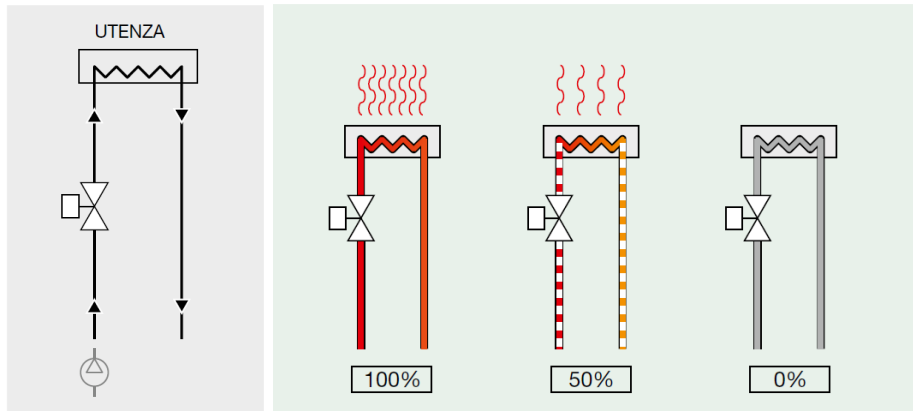


- ✔ Pronta risposta del sistema (la continua circolazione mantiene il ramo caldo/freddo)
- ✔ Portata totale del sistema costante
- ✔ Condizioni del sistema (Δp) costanti
- ⚠ Bassi salti termici (portata in bypass)
- ⚠ Potenziale riscaldamento per conduzione a valvola chiusa
- ⚠ Costi di pompaggio costanti (100% anche a carico ridotto)

REGOLAZIONE AL TERMINALE DI EMISSIONE – Circuito a due vie

Questa tipologia di circuito è sempre a **portata variabile**.

Nel funzionamento a pieno carico, la valvola a due vie è completamente aperta. Durante la regolazione il grado di apertura della valvola viene gestito in funzione del carico richiesto.

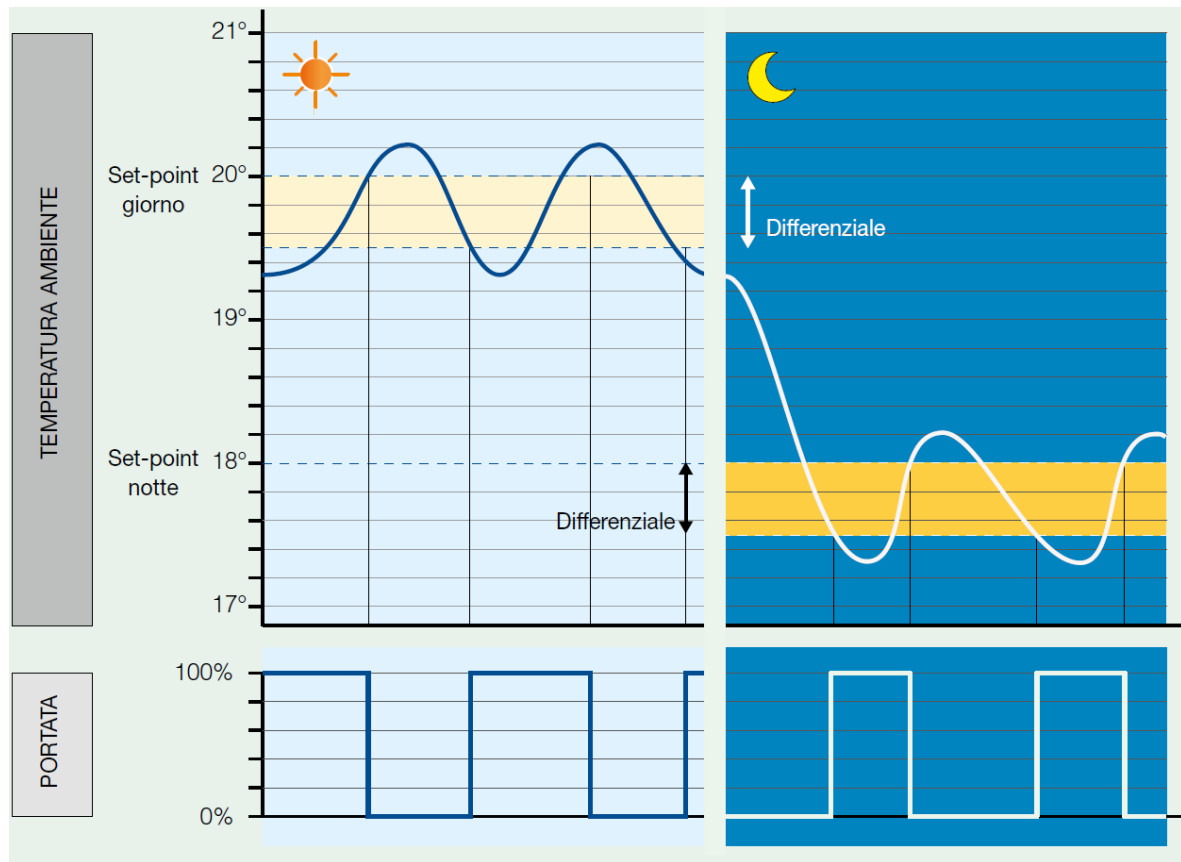


- 👍 Salto termico massimizzato anche a carichi parziali
- 👍 Portata totale del sistema minimizzata
- ⚠️ Potenziali ritardi in avviamento
- ⚠️ Sensibilità a problemi di trafilamento
- ⚠️ Condizioni del sistema (Δp) variabili

REGOLAZIONE AL TERMINALE DI EMISSIONE – ON/OFF

Il regolatore è un termostato ON/OFF; la portata (e quindi la potenza emessa dal terminale) può essere solo 100% (ON) o 0% (OFF).

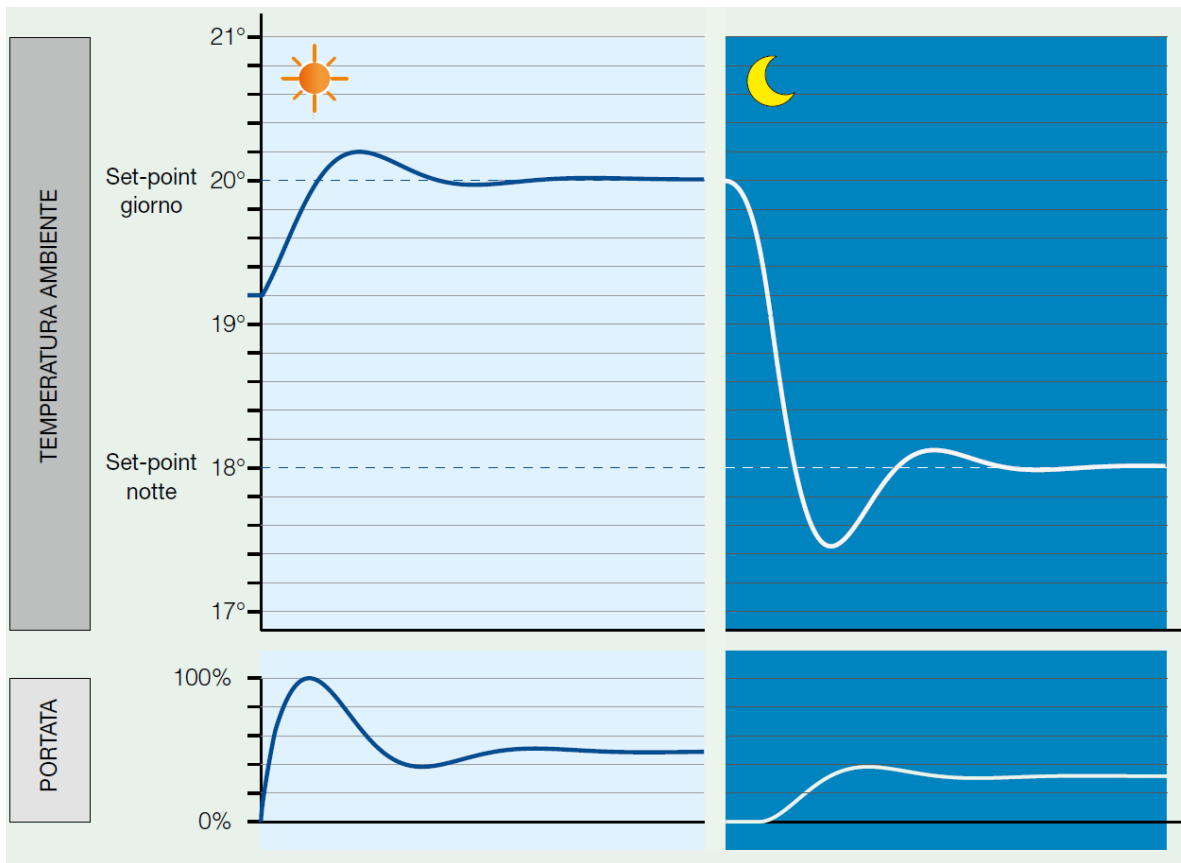
- 👍 Piccoli impianti a radiatori
- 👍 Impianti a pannelli radianti
- ⚠ Impianti a ventilconvettori



REGOLAZIONE AL TERMINALE DI EMISSIONE – MODULAZIONE

Il regolatore è un'unità in grado di inseguire un set point e di adattarsi velocemente alle variazioni di carico; la portata (e quindi la potenza emessa dal terminale) può variare da 0% a 100%.

- 👍 Medio/grandi impianti a radiatori
- 👍 Impianti a ventilconvettori
- ⚠️ Impianti a pannelli radianti



MODULAZIONE DELLA PORTATA E CONTROLLO DELLA POTENZA EMESSA

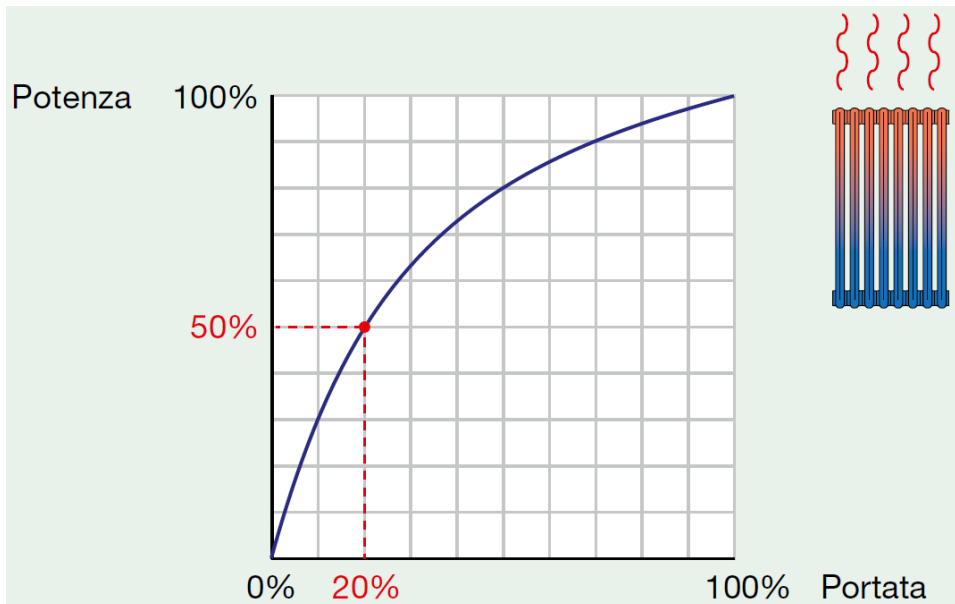
MODULAZIONE DELLA PORTATA E CONTROLLO DELLA POTENZA

Caratteristica termica degli scambiatori

Il rapporto potenza termica scambiata/portata non è lineare ma segue una curva.

Ad alte portate, la diminuzione di portata comporta un calo contenuto della potenza termica scambiata; al contrario, per valori di portata bassi, la potenza termica scambiata cala rapidamente

Portata		Potenza
100%	➔	100%
90%	➔	96%
80%	➔	88%
...	➔	...
40%	➔	73%
30%	➔	64%



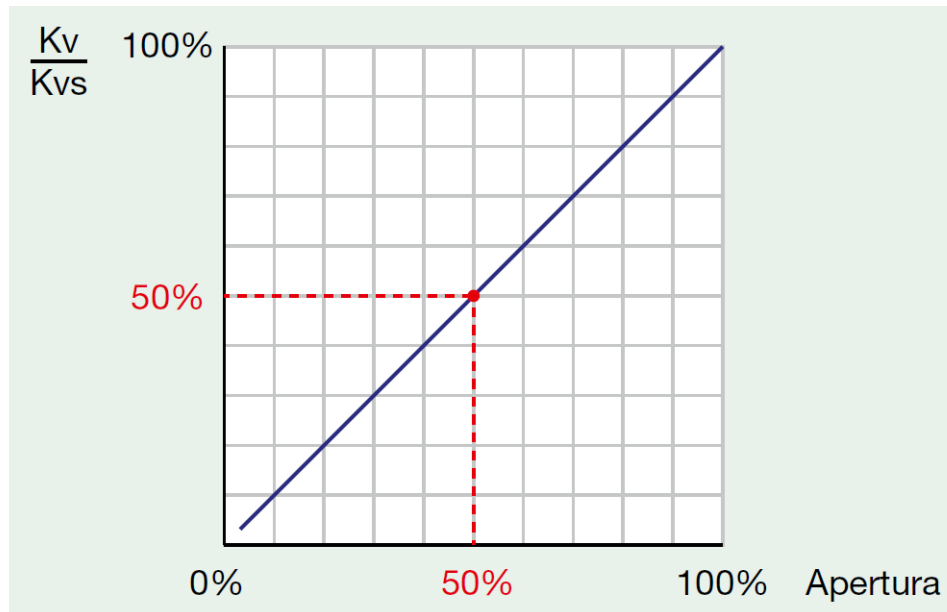
MODULAZIONE DELLA PORTATA E CONTROLLO DELLA POTENZA

Valvola con caratteristica di regolazione lineare

Le valvole con caratteristica lineare sono in grado di far variare la portata proporzionalmente al loro grado di apertura. La percentuale di apertura della valvola corrisponde in ugual misura a quella della portata che la attraversa.

A parità di corsa della valvola si hanno uguali variazioni di Kv.

- 👍 Regolazione della portata
- ⚠️ Regolazione della potenza termica



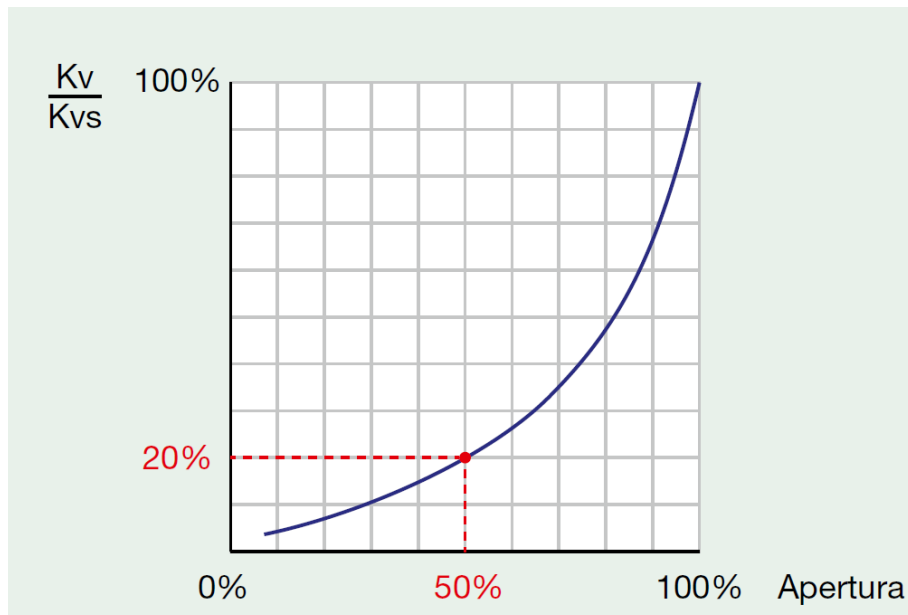
MODULAZIONE DELLA PORTATA E CONTROLLO DELLA POTENZA

Valvola con caratteristica di regolazione equipercentuale

Per compensare la caratteristica termica degli scambiatori e migliorare l'efficacia nella regolazione della potenza, sono state ideate e realizzate dai costruttori valvole ad apertura lenta, comunemente dette equipercentuale.

Valvole di questo tipo presentano una curva caratteristica molto piatta a bassi gradi di apertura ma che diventa sempre più "ripida" quanto più ci si avvicina all'apertura massima.

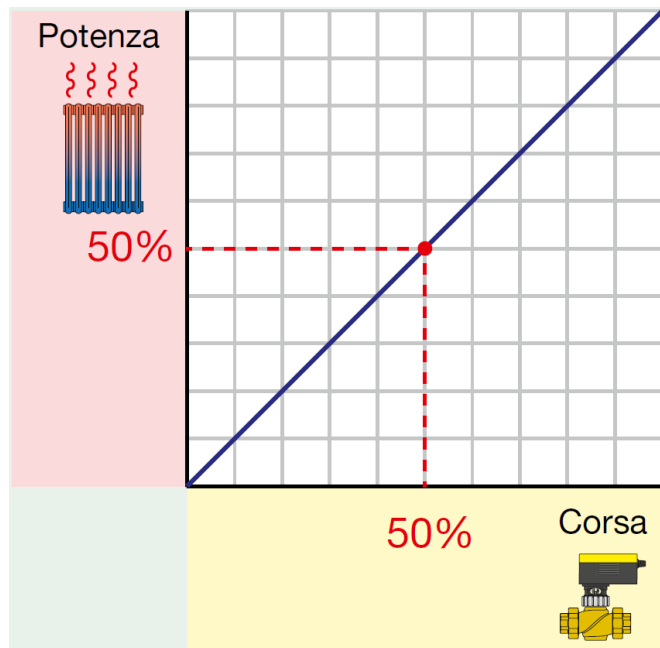
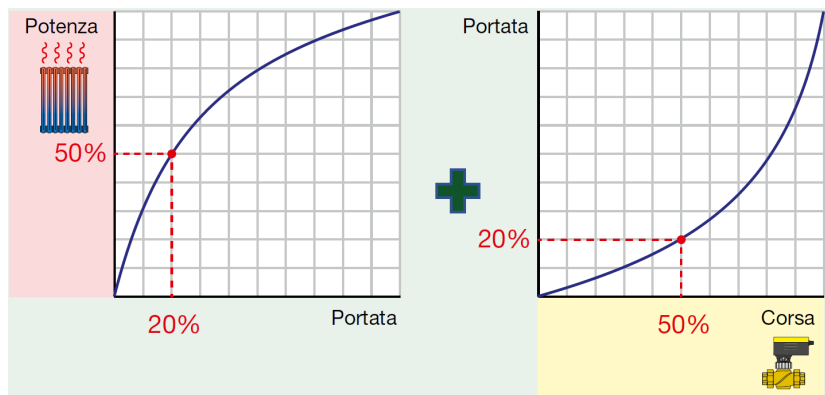
A variazioni uguali di corsa della valvola si hanno uguali variazioni in % di Kv.



MODULAZIONE DELLA PORTATA E CONTROLLO DELLA POTENZA

Valvola con caratteristica di regolazione equipercentuale

La potenza emessa risulta proporzionale al grado di apertura della valvola. Le valvole con caratteristica equipercentuale sono in grado di sfruttare efficacemente tutta la loro corsa nelle applicazioni in cui è richiesto il controllo dell'emissione termica

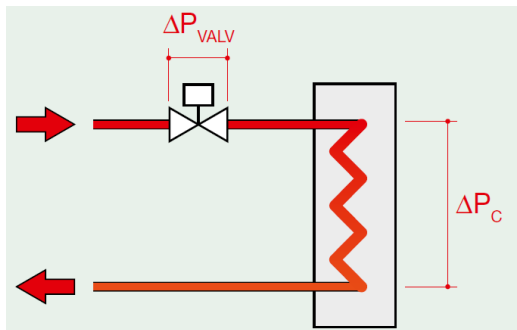


Regolazione della potenza termica

REGOLAZIONE AL TERMINALE DI EMISSIONE

Dimensionamento della valvola di regolazione: il concetto di autorità

Questa caratteristica permette di valutare la capacità di regolare la portata della valvola all'interno del circuito idraulico in cui è installata:



$$a = \frac{\Delta P_{VALV}}{\Delta P_{VALV} + \Delta P_C}$$

ΔP_{VALV} = perdita di carico della valvola alla portata di progetto (completa apertura)

ΔP_C = perdite di carico di tutti i componenti del circuito, esclusa la valvola

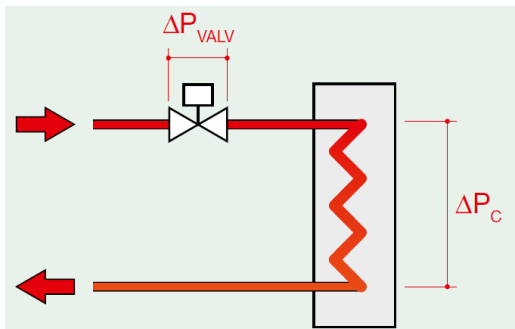
Il valore di autorità esprime quanto è grande la caduta di pressione della valvola (tutta aperta) rispetto alle perdite di carico totali del circuito (valvola compresa), ciò si traduce in una maggiore o minore efficacia nel far variare la portata.

- ⚠ Bassi valori di autorità determinano basse perdite di carico della valvola ma scarsa capacità di regolare la portata all'interno del circuito.
- ⚠ Alti valori di autorità generano elevate perdite di carico ma una forte efficacia nella regolazione della portata.

REGOLAZIONE AL TERMINALE DI EMISSIONE

Il ruolo dell'autorità nel dimensionamento della valvola di regolazione:

Risulta necessario trovare un compromesso tra le prestazioni di regolazione ed il contenimento dei costi di pompaggio. Il valore ottimale di autorità per il funzionamento in limitazione (2 vie) o in deviazione (3 vie) è compreso tra 0,3 e 0,5.



$$a = \frac{\Delta P_{VALV}}{\Delta P_{VALV} + \Delta P_C}$$

ΔP_{VALV} = perdita di carico della valvola alla portata di progetto (completa apertura)

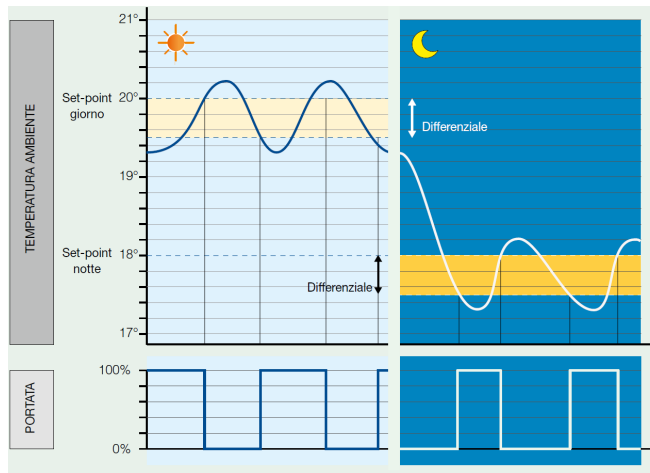
ΔP_C = perdite di carico di tutti i componenti del circuito, esclusa quella della valvola



$$a = 0,3 \rightarrow \Delta P_{VALV} \approx 0,5 \Delta P_C$$

$$a = 0,5 \rightarrow \Delta P_{VALV} = \Delta P_C$$

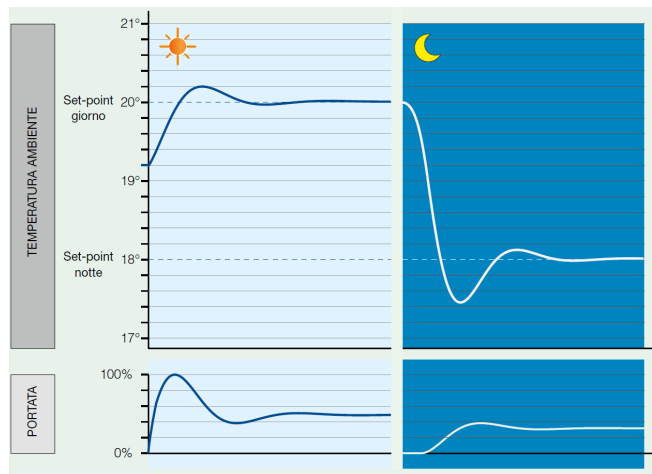
REGOLAZIONE AL TERMINALE DI EMISSIONE – Scelta del servomotore



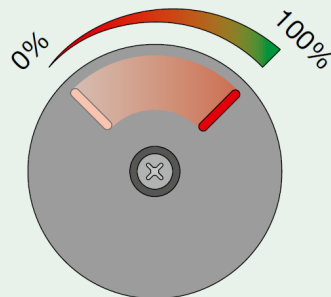
REGOLAZIONE ON/OFF

- ✔ Tecnologia attuatore semplice
- ✔ Tecnologia regolatore semplice
- ⚠ Limitata efficienza dei terminali di emissione
- ⚠ Andamento della temperatura fluttuante (comfort instabile)

REGOLAZIONE AL TERMINALE DI EMISSIONE – Scelta del servomotore



COMANDO PROPORZIONALE



REGOLAZIONE MODULANTE

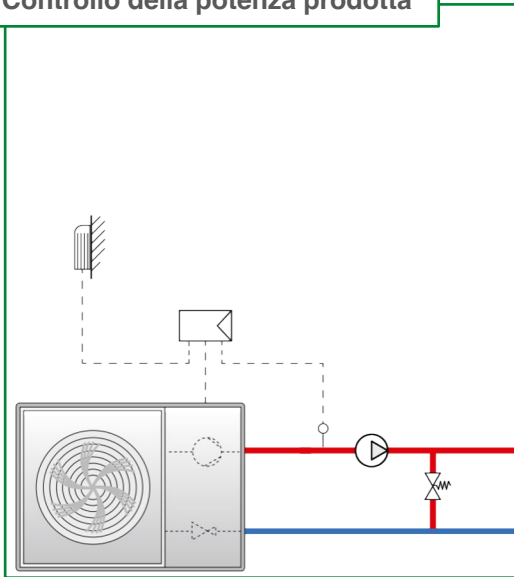
- ⚠ Tecnologia attuatore più raffinata
- ⚠ Tecnologia regolatore più raffinata
- 👍 Elevata efficienza dei terminali di emissione
- 👍 Andamento della temperatura regolare (comfort stabile)

COSA SIGNIFICA TERMOREGOLARE UN EDIFICIO?

Cosa significa termoregolare un edificio?

IL CONTROLLO DELLA POTENZA PRODOTTA

Controllo della potenza prodotta



I sistemi di controllo della potenza prodotta permettono di ridurre i consumi di fonti primarie (rinnovabili o non rinnovabili) allo stretto necessario per garantire il corretto apporto di energia all'edificio.

Questa strategia di controllo può essere attuata:

- Modulando la potenza del generatore (impianti di piccole dimensioni)
- Modulando la portata in circolazione nell'impianto
- Variando la temperatura di distribuzione del fluido vettore

Luogo di installazione

Centrale termica

Grandezze controllate

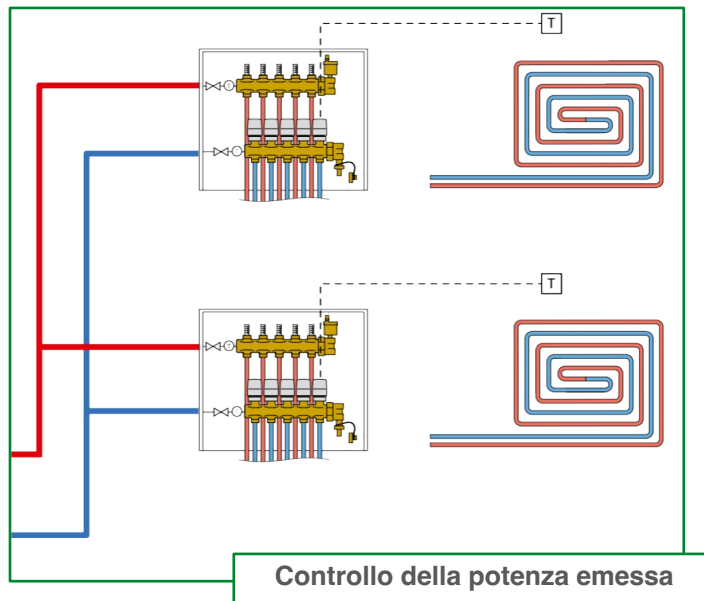


Dispositivi di regolazione



Cosa significa termoregolare un edificio?

IL CONTROLLO DELLA POTENZA EMESSA



I sistemi di controllo della potenza emessa consentono di garantire il corretto comfort termico in tutte le zone dell'edificio.

Questa strategia di controllo può essere attuata:

- Azione ON/OFF
- Azione modulante

Luogo di installazione

Terminali di climatizzazione

Grandezze controllate

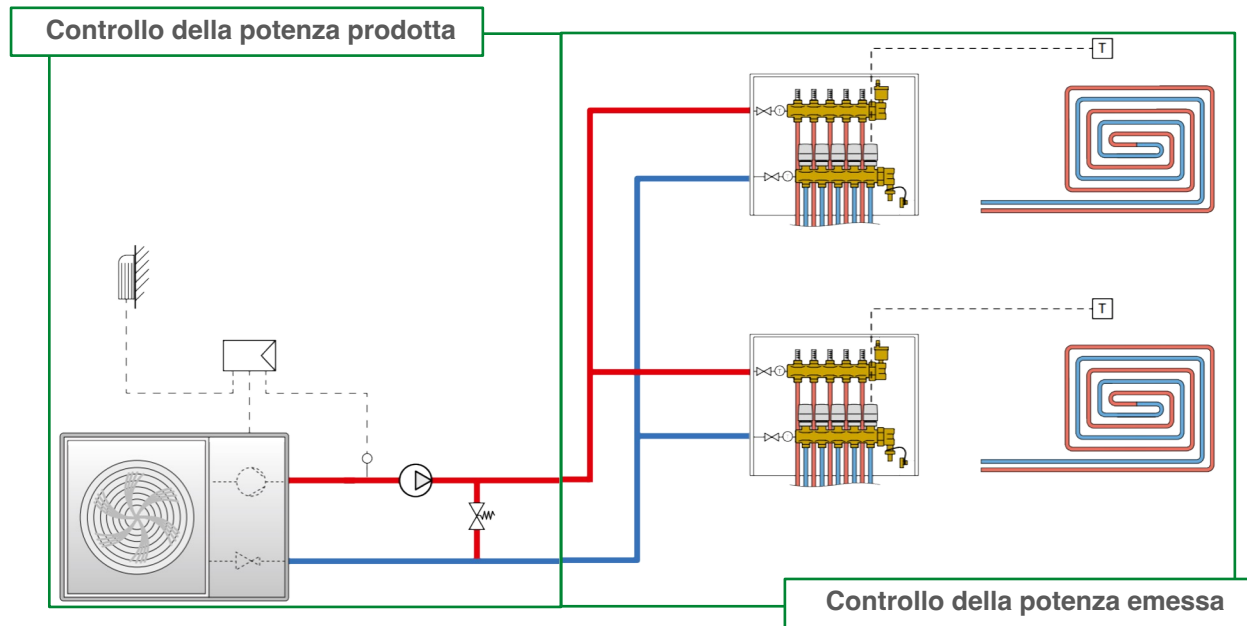


Dispositivi di regolazione



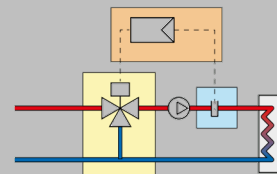
Cosa significa termoregolare un edificio?

LA TERMOREGOLAZIONE NEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE



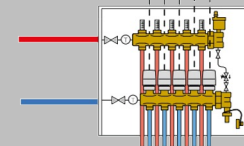
Parametri da controllare per un impianto efficiente

Regolazione della potenza prodotta

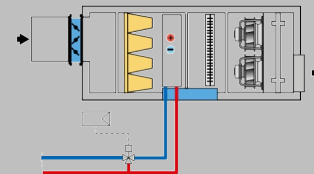


Regolazione della potenza emessa

Camera T --- T Bagno
Cucina T --- T Soggiorno



Controllo della qualità dell'aria



APPLICAZIONI TIPICHE DELLE REGOLAZIONI NEGLI IMPIANTI CON CALDAIA E RADIATORI

REGOLAZIONE CLIMATICA E VALVOLE TRADIZIONALI

La modulazione della potenza prodotta consente di limitare la temperatura ambiente, in base alle variazioni climatiche.



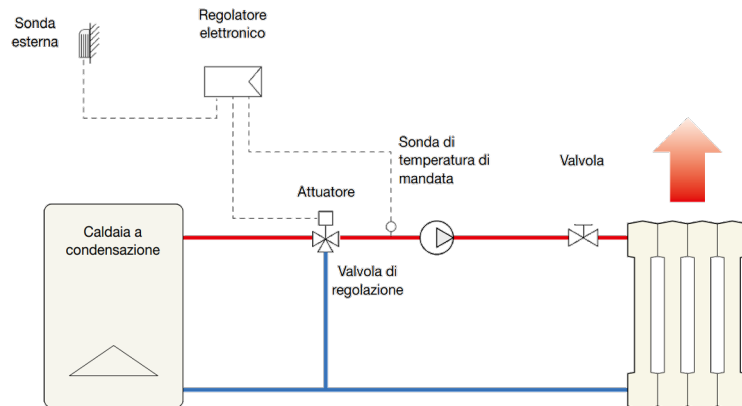
VANTAGGI

- Economico e di facile realizzazione

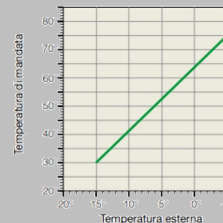


SVANTAGGI

- Non considera gli apporti gratuiti
- Non consente la gestione delle singole zone

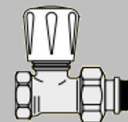


Strategia di termoregolazione della potenza prodotta



Regolazione climatica semplice

Strategia di termoregolazione della potenza emessa



Nessuna / valvola manuale

REGOLAZIONE A PUNTO FISSO E VALVOLE TERMOSTATICHE

L'utilizzo dei comandi termostatici consente di gestire e regolare la temperatura ambiente secondo le differenti necessità e apporti termici gratuiti, evitando eccessivi surriscaldamenti.



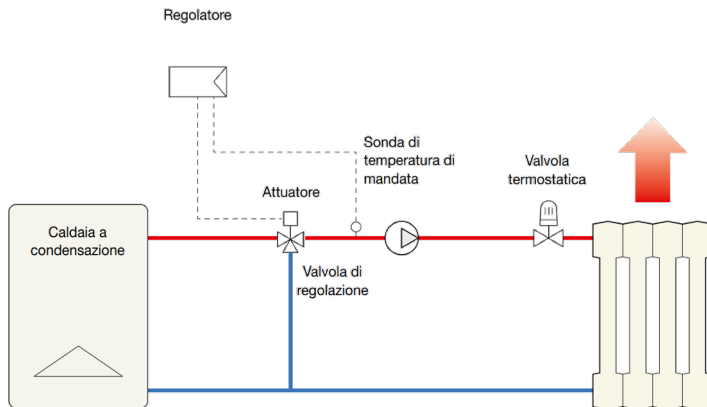
VANTAGGI

- Consente la regolazione ambiente anche in caso di apporti gratuiti
- Permette di regolare a valori differenti ogni ambiente

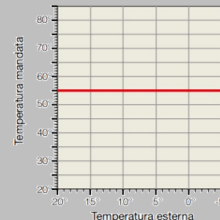


SVANTAGGI

- Non consente la gestione degli ambienti in base all'effettivo utilizzo
- Potrebbe creare problemi di instabilità di regolazione in impianti non bilanciati

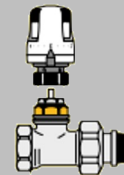


Strategia di termoregolazione della potenza prodotta



Regolazione a punto fisso

Strategia di termoregolazione della potenza emessa



Modulante / valvola termostatica

REGOLAZIONE CLIMATICA E VALVOLE TERMOSTATICHE

L'abbinamento di un sistema di modulazione della potenza prodotta ad una termoregolazione locale consente di ridurre al minimo i costi dell'impianto, ottimizzando il comfort termico.



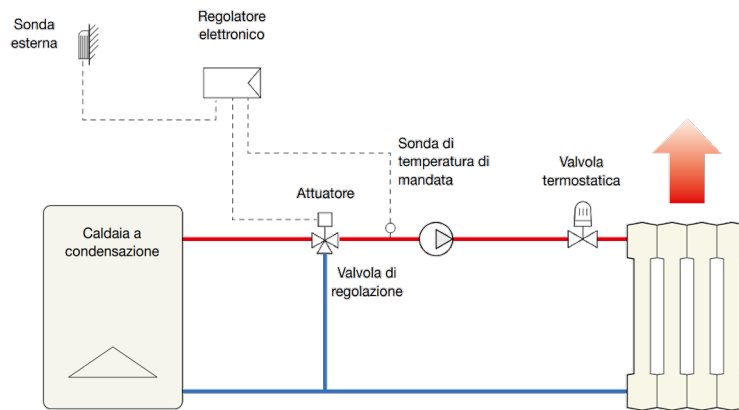
VANTAGGI

- Consente di adattarsi alle variazioni climatiche
- Consente la regolazione ambiente anche in caso di apporti gratuiti
- Permette di regolare a valori differenti ogni ambiente

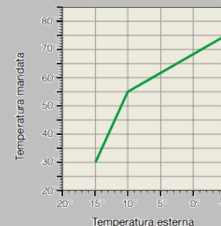


SVANTAGGI

- Non consente la gestione degli ambienti in base all'effettivo utilizzo

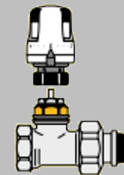


Strategia di termoregolazione della potenza prodotta



Regolazione con curva climatica a tratti

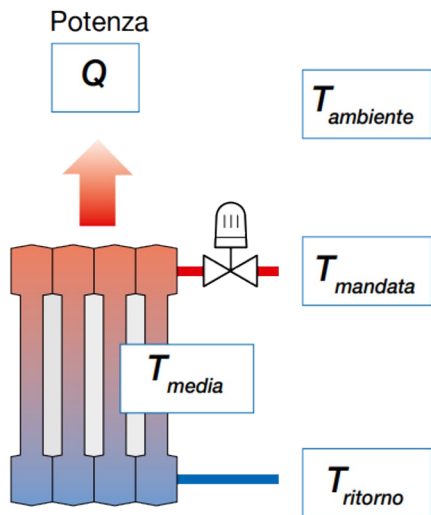
Strategia di termoregolazione della potenza emessa



Modulante / valvola termostatica

LA POTENZA TERMICA EMESSA DA UN RADIATORE

La potenza termica emessa da un radiatore è legata alla differenza tra la temperatura media del fluido e la temperatura ambiente.



$$Q = B * \left(\frac{T_{mandata} + T_{ritorno}}{2} - T_{ambiente} \right)^{1,3}$$

$T_{mandata}$ (°C)	$T_{ritorno}$ (°C)	T_{media} (°C)	ΔT (°C)	G (l/h)
65	55	60	10	120
70	50		20	60
75	45		30	40

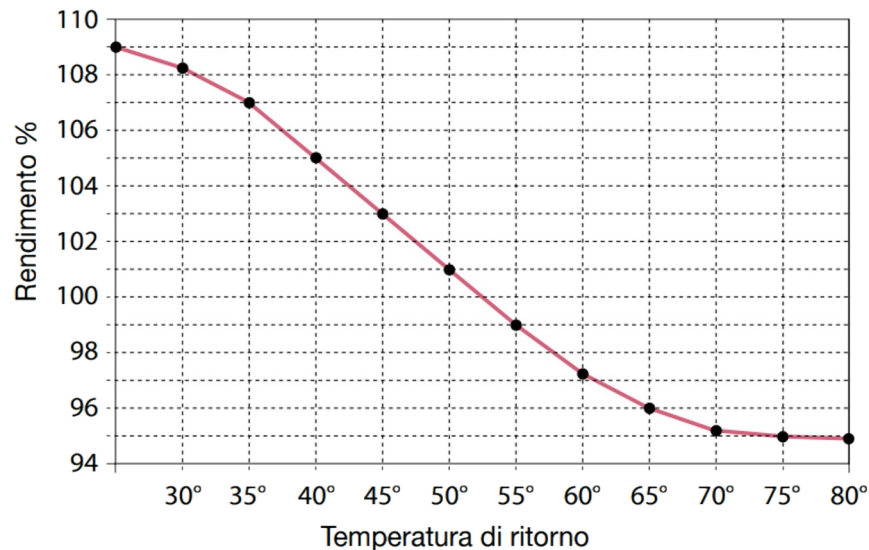
$$Q = G * \Delta T$$

RENDIMENTO DELLA CALDAIA A CONDENSAZIONE

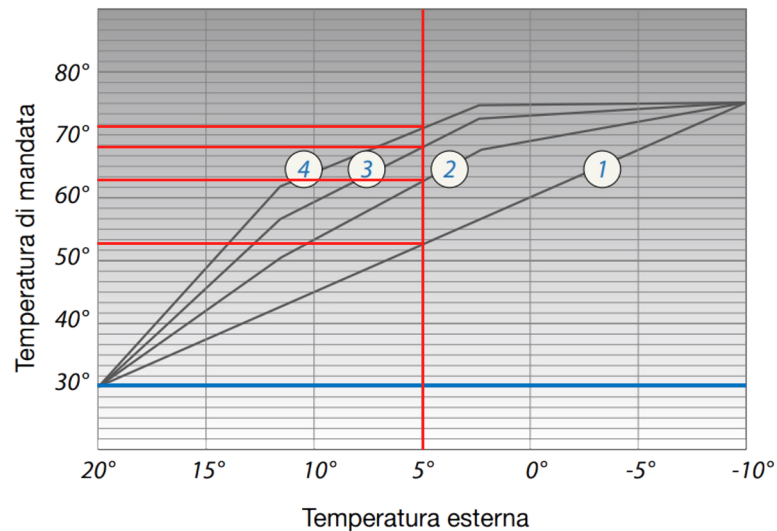
Il rendimento delle moderne caldaie a condensazione dipende in particolare dal valore della temperatura di ritorno. Infatti più questa è bassa e maggiore sarà la quantità dei fumi che condensano, incrementando, in tal modo, la resa termica delle caldaie stesse.

Le valvole termostatiche sono in grado di regolare la portata in modo da avere una potenza emessa sostanzialmente pari a quella richiesta, sono in grado di migliorare l'efficienza dell'impianto.

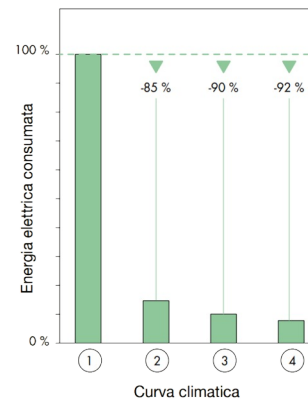
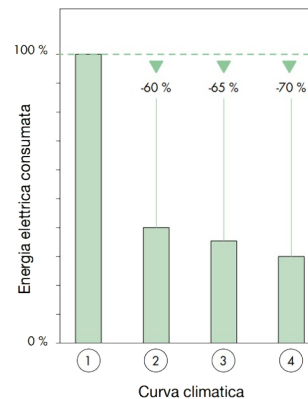
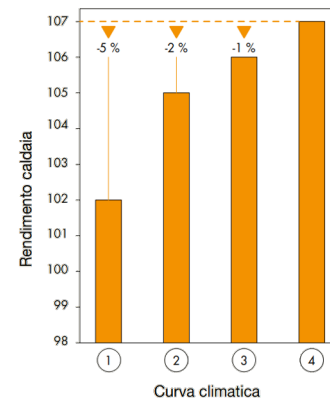
Possiamo sfruttare questo comportamento a nostro favore intuendo che **un'alta temperatura di mandata**, regolata tramite la curva climatica, comporterà **ampi salti termici** e, allo stesso tempo, **basse portate** garantendo le **condizioni di comfort richieste**.



RENDIMENTO DELLA CALDAIA A CONDENSAZIONE



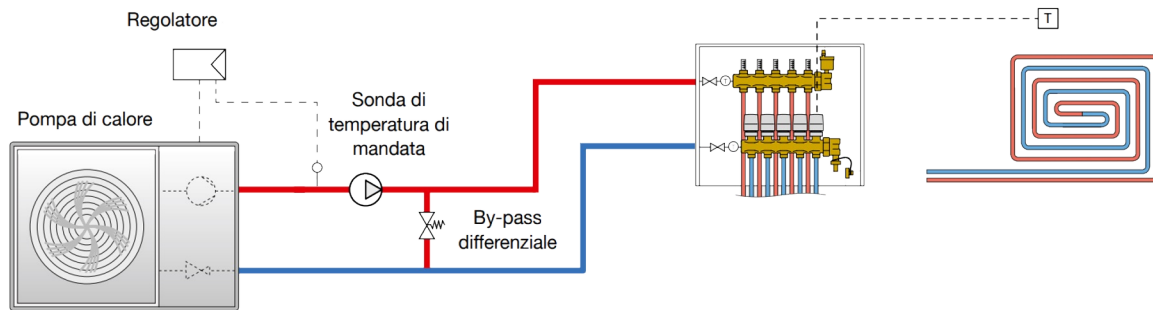
Curva	$T_{\text{man.}}$ (°C)	$T_{\text{rit.}}$ (°C)	ΔT (°C)
1	52	30	22
2	62		32
3	68		38
4	71		41



APPLICAZIONI TIPICHE DELLE REGOLAZIONI NEGLI IMPIANTI CON POMPE DI CALORE E PANNELLI RADIANTI

REGOLAZIONE A PUNTO FISSO E VALVOLE ON-OFF

L'inerzia termica degli impianti a pannelli si adatta ai sistemi di termoregolazione ambiente di tipo ON-OFF.



VANTAGGI

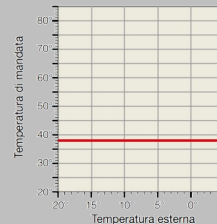
- Economico e di facile realizzazione



SVANTAGGI

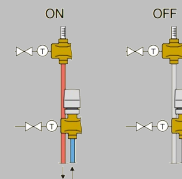
- Resa non ottimale delle pompe di calore

Strategia di termoregolazione della potenza prodotta



Regolazione a punto fisso

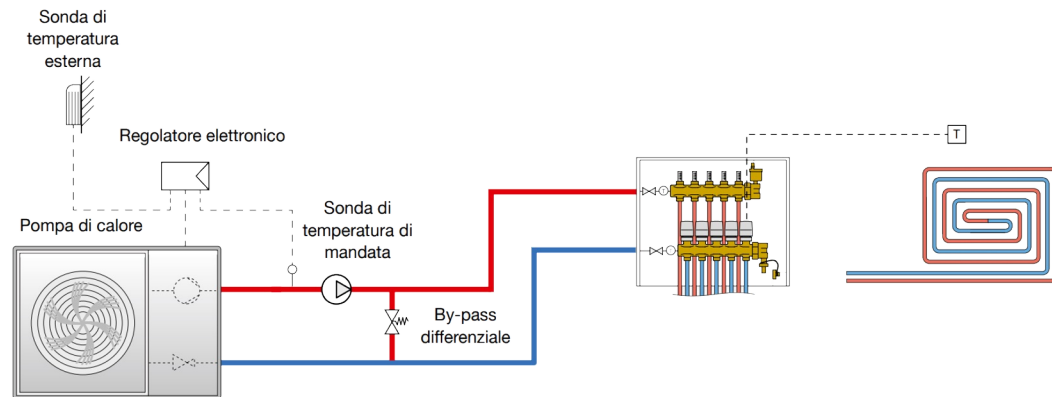
Strategia di termoregolazione della potenza emessa



ON-OFF

REGOLAZIONE CLIMATICA E VALVOLE ON-OFF

La regolazione climatica permette di modulare la temperatura di mandata in base alle effettive esigenze dell'impianto, riducendo gli effetti dell'inerzia termica degli impianti a pannelli.



VANTAGGI

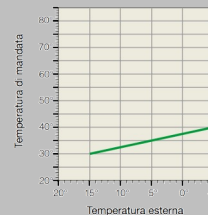
- Le pompe di calore lavorano in condizioni di massima resa



SVANTAGGI

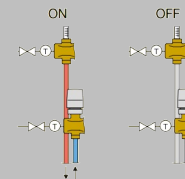
- Programmazione adeguata del regolatore climatico

Strategia di termoregolazione della potenza prodotta



Regolazione a punto fisso

Strategia di termoregolazione della potenza emessa

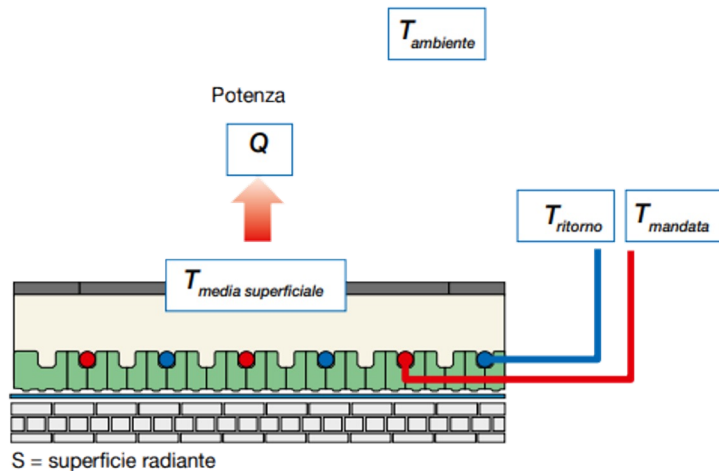


ON-OFF

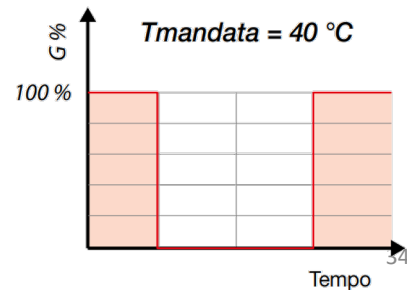
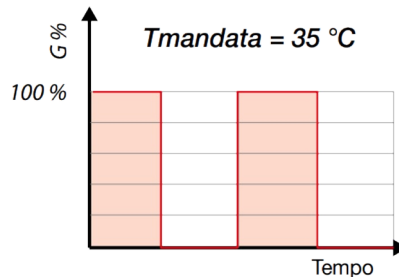
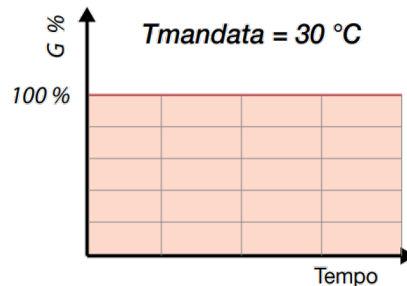
LA POTENZA TERMICA EMESSA DAL PANNELLO RADIANTE

Negli impianti a pannelli radianti, la potenza termica emessa è legata alla differenza di temperatura tra la superficie radiante e quella dell'ambiente riscaldato.

$$Q = 8,92 * S * (T_{media\ sup.} - T_{ambiente})^{1,1}$$



A parità di potenza termica richiesta, una bassa temperatura di mandata determina un'accensione costante dell'impianto ed un miglior comfort.



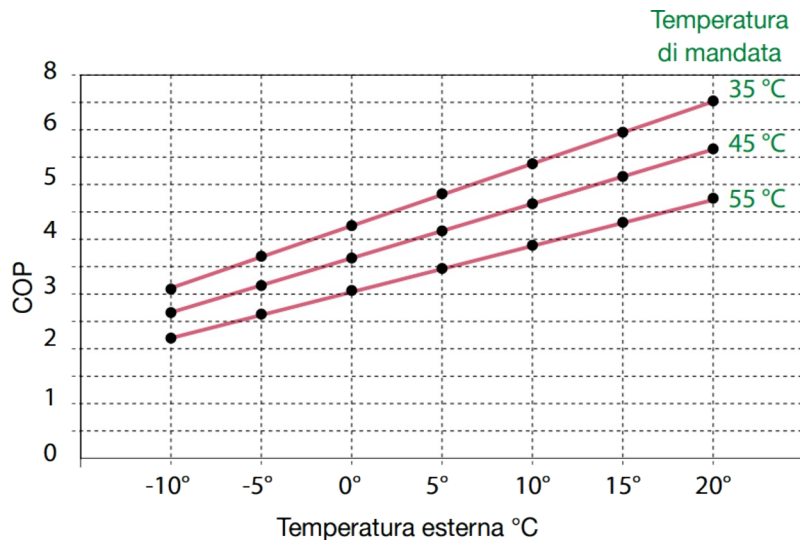
IL COP DELLA POMPA DI CALORE

Le prestazioni delle pompe di calore sono generalmente indicate tramite il coefficiente COP (Coefficient Of Performance). Il suo valore è dato dal rapporto fra il calore ceduto al fluido caldo e l'energia richiesta sia dal compressore sia dai mezzi ausiliari integrati nella pompa di calore. Ciò significa quindi che più è elevato il valore di COP, minore sarà il dispendio energetico per generare la potenza termica richiesta.

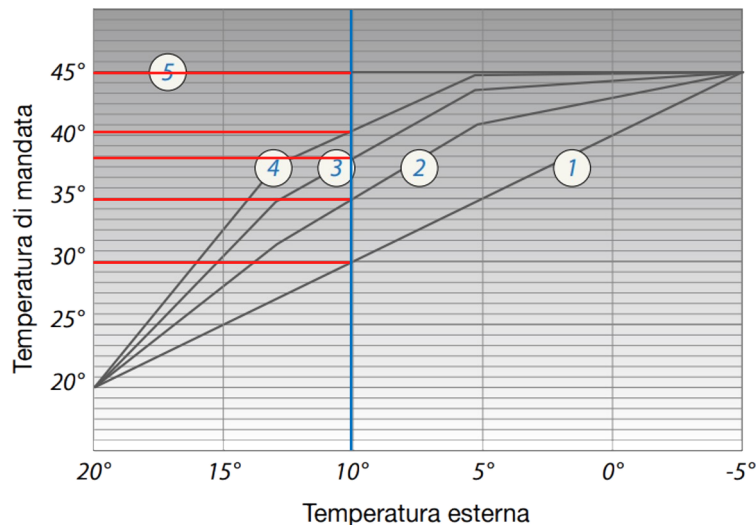
Negli impianti a pannelli radianti, la potenza termica emessa è legata alla differenza di temperatura tra la superficie radiante e quella dell'ambiente riscaldato.

Gli impianti a pannelli radianti si trovano a lavorare con **portate costanti** per la maggior parte del tempo di utilizzo, eventualmente **alternando fasi di accensione e spegnimento**.

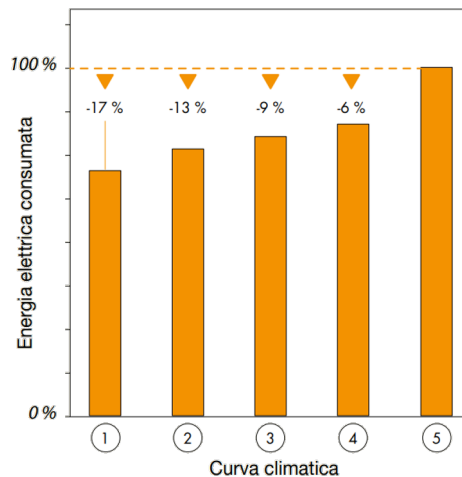
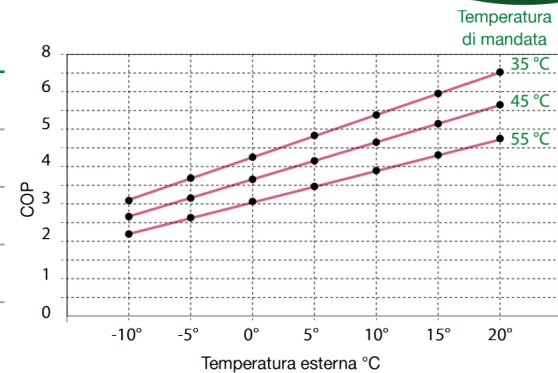
Questa alternanza dipende sostanzialmente dalla **temperatura di mandata** e quindi dalla sua regolazione durante la stagione.



IL COP DELLA POMPA DI CALORE



Curva	$T_{\text{man.}}$ (°C)	$T_{\text{est.}}$ (°C)	ΔT (°C)
1	30	10	20
2	35		25
3	38		28
4	42		31
5	45		35



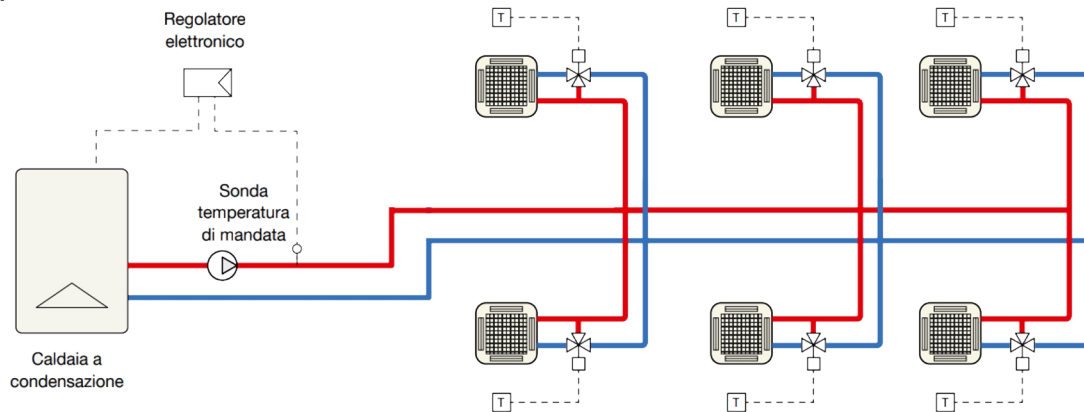
La maggiore resa delle pompe di calore è raggiunta tramite l'utilizzo di curve climatiche caratterizzate da **temperature di mandata mediamente basse**, come ad esempio quella semplice (curva 1).

Riuscendo a mantenere basse le temperature di mandata, il valore di **COP** della pompa di calore rimane **relativamente alto** durante la stagione di funzionamento, a beneficio di un **ridotto consumo energetico**.

APPLICAZIONI TIPICHE DELLE REGOLAZIONI NEGLI IMPIANTI CON CALDAIA A CONDENSAZIONE E VENTILCONVETTORI

REGOLAZIONE A PUNTO FISSO E VALVOLE A 3 VIE ON-OFF

Negli impianti ad aria è bene lavorare costantemente con temperature di mandata superiori ai 50°C, per evitare flussi d'aria troppo freddi, perciò si tende sempre alla regolazione a punto fisso.



VANTAGGI

- Economico e di facile realizzazione

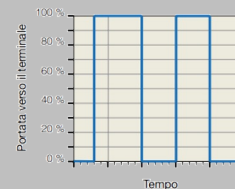


SVANTAGGI

- Oscillazione della temperatura ambiente

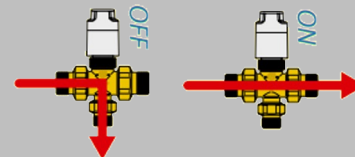
Strategia di termoregolazione della potenza emessa

Regolazione ON/OFF



Regolazione ON-OFF

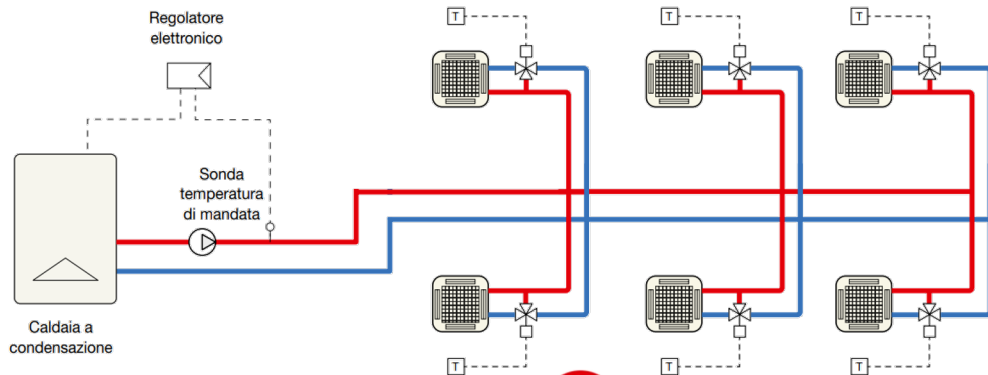
Strategia di termoregolazione della potenza emessa



Valvola a 3 vie ON-OFF

REGOLAZIONE A PUNTO FISSO E VALVOLE A 2 VIE MODULANTE

I sistemi a portata variabile consentono di aumentare il salto termico al generatore.



VANTAGGI

- Riduzione dei costi di pompaggio
- Regolazione stabile della temperatura ambiente

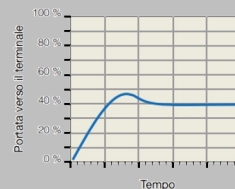


SVANTAGGI

- Possono non funzionare correttamente senza un adeguato bilanciamento

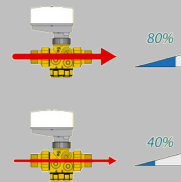
Strategia di termoregolazione della potenza emessa

Regolazione modulante



Regolazione modulante

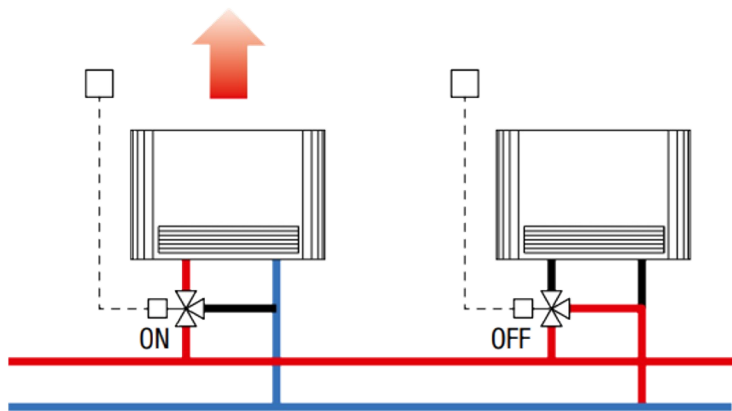
Strategia di termoregolazione della potenza emessa



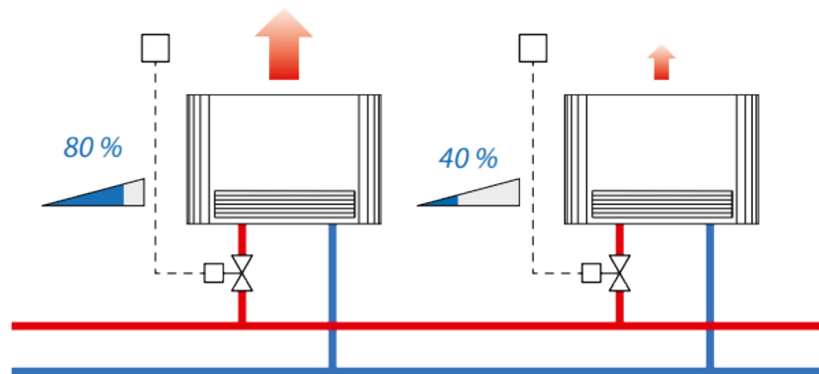
Valvola a 2 vie modulante

LA REGOLAZIONE DELLA TA NEGLI IMPANTI A VENTILCONVETTORI

La regolazione della temperatura di mandata nel caso di presenza di batterie di riscaldamento dell'aria ha un effetto limitato sull'efficienza. Ciò è dovuto al fatto che, allo scopo di non creare flussi d'aria eccessivamente freddi, la temperatura di mandata viene di norma mantenuta al di sopra dei 50 °C. Per tale motivo, in questi casi, assume particolare importanza la modalità di regolazione della temperatura nei singoli ambienti, poiché influenza in maniera diretta il rendimento dei generatori ed i costi di pompaggio.



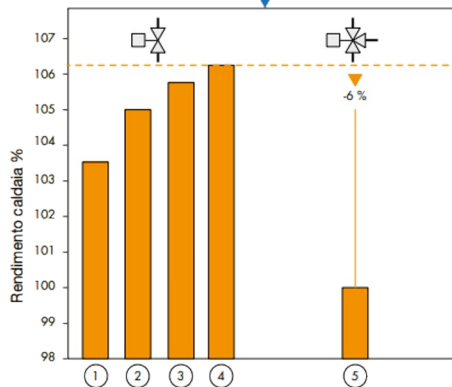
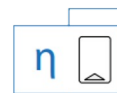
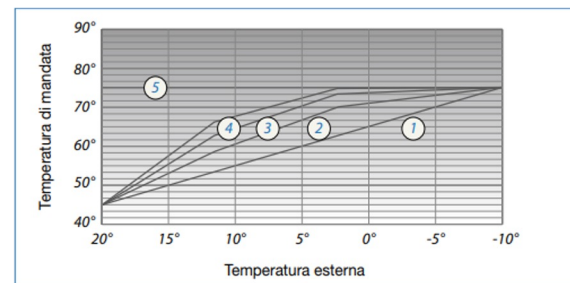
Regolazione ON/OFF con valvole a 3 vie



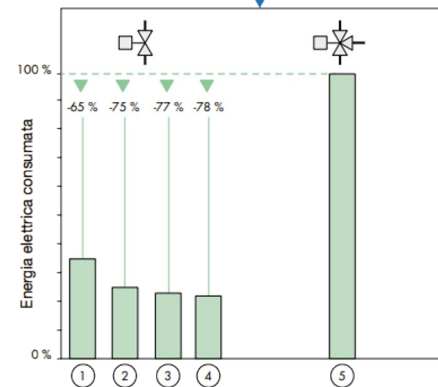
Regolazione modulante con valvole a 2 vie

IL COP DELLA POMPA DI CALORE

1. la regolazione ON/OFF con valvola a 3 vie risulta essere quella meno efficiente, a causa delle **temperature di ritorno mediamente alte** e della presenza del by-pass nelle valvole a 3 vie che **mantiene sempre la massima portata**
2. La regolazione modulante abbinata a valvole a 2 vie permette di far lavorare l'impianto a **portata variabile** in funzione del fabbisogno richiesto ed è quindi in grado di garantire le condizioni di **massima resa per le caldaie a condensazione** e della **minore portata in circolo**.
3. Occorre garantire temperature di mandata indicativamente al di sopra di circa 50 °C. Per questo motivo le curve climatiche adottate, non potendo essere eccessivamente "inclinate" comportano minime differenze di rendimento.



Curva climatica



Curva climatica

IMPIANTI A PORTATA VARIABILE CRITICITÀ

IMPIANTI A PORTATA VARIABILE - Criticità

Reciproca influenza tra i terminali

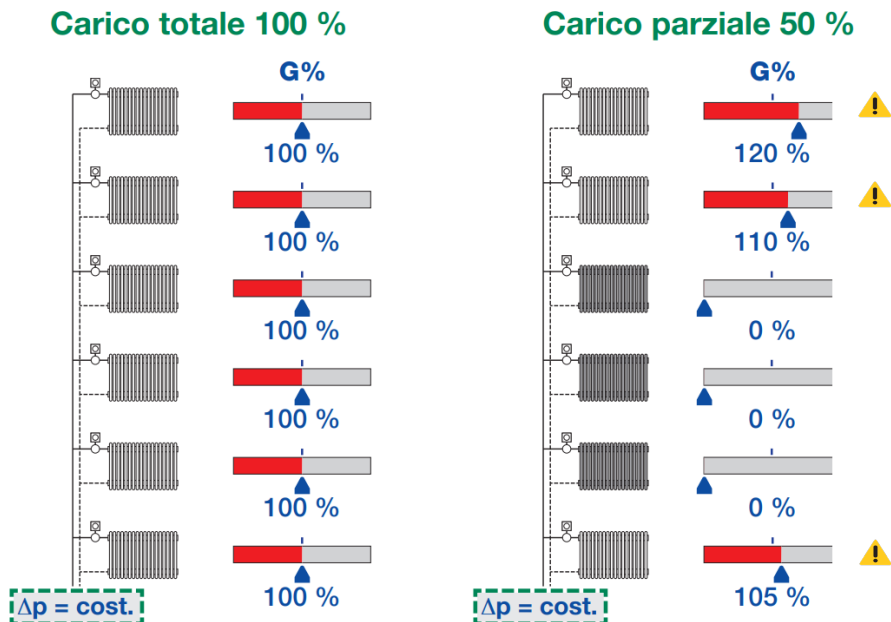
La modulazione della portata ad un terminale, per seguire le esigenze di adattamento ai carichi termici variabili, provoca una continua variazione di pressione differenziale sui terminali stessi.

Portata (G) $\propto$ Pressione differenziale disponibile (Δp)

Portata (G) $\propto$ Potenza termica scambiata (P)



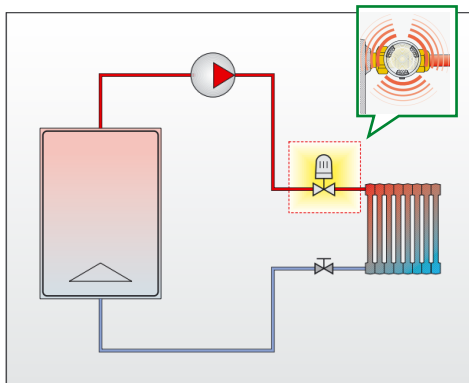
Potenza termica scambiata (P) $\propto$ Pressione differenziale disponibile (Δp)



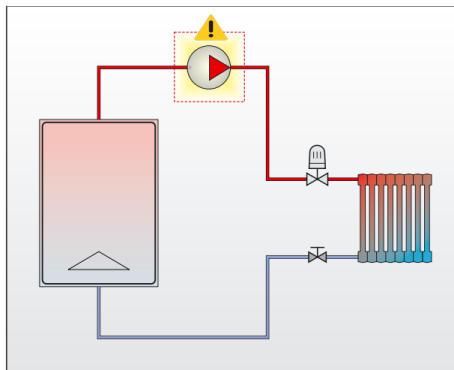
IMPIANTI A PORTATA VARIABILE - Criticità

Scompensi nelle corrette condizioni di funzionamento

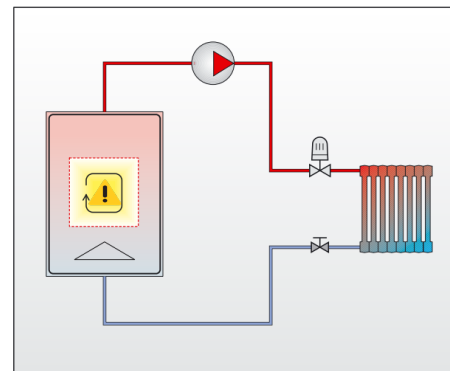
La continua variazione di pressione differenziale all'interno del sistema può generare altre situazioni potenzialmente problematiche come:



Pressioni differenziali troppo elevate sulle valvole
→ trafilamenti, rumorosità



Funzionamento pompe fuori campo



Portate minime generatore non raggiunte



Per evitare gli indesiderati effetti delle variazioni di Δp determinati dalla modulazione delle portate ai terminali, è opportuno prevedere adeguati dispositivi di compensazione (**valvole di bilanciamento**).

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



S.R. 229, n. 25
28010 Fontaneto d'Agogna (NO) Italy
Tel. +39 0322 8491 / Fax +39 0322 863305
info@caleffi.com
www.caleffi.com



[youtube/CaleffiVideoProjects/](https://www.youtube.com/CaleffiVideoProjects/)



[linkedin/caleffi-s-p-a-/](https://www.linkedin.com/company/caleffi-s-p-a-/)



[facebook /CaleffiItalia/](https://www.facebook.com/CaleffiItalia/)

Alessio Cioni
alessio.cioni@caleffi.com

Marco Godi
marco.godi@caleffi.com