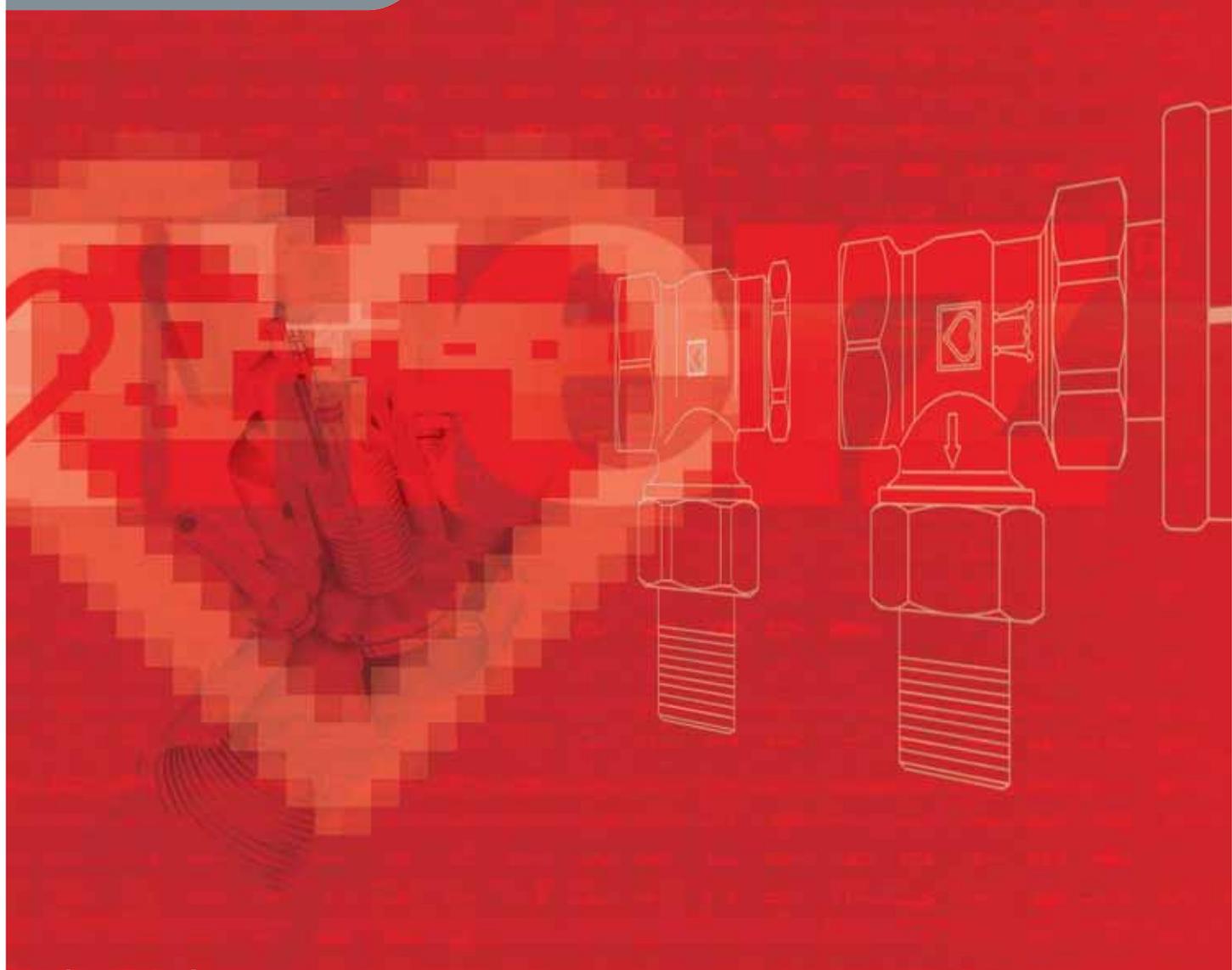


# HERZBOOK

## LE VALVOLE TERMOSTATICHE

Versione digitale



**Klimit srl** Rappresentante esclusivo per l'Italia  
Viale della Repubblica 8 - 36030 Povolara di Dueville (VI)  
Tel. 0444 361233 Fax 0444 361237  
[www.herzitalia.it](http://www.herzitalia.it) [info@herzitalia.it](mailto:info@herzitalia.it)



# Introduzione

**Ing. Laurent Roberto Socal**

Uno dei sottosistemi più trascurati degli impianti di riscaldamento è il sottosistema di regolazione. Eppure è uno dei più importati per diversi motivi.

Ogni impianto nasce dall'esigenza di fornire un servizio. Nel caso specifico, il servizio riscaldamento consiste nell'evitare che la temperatura ambiente di un locale abitato scenda sotto i 20 °C durante l'inverno. Per fare questo è necessario integrare il calore disperso dall'edificio al netto degli apporti gratuiti, cioè di tutti quei contributi al riscaldamento dell'edificio che non sono forniti dall'impianto stesso. Nel caso di nuovi impianti, il primo compito del progettista è quello di dimensionare l'impianto. Dimensionare significa scegliere le dimensioni dei componenti: potenze dei corpi scaldanti, diametro delle tubazioni, coibentazione delle tubazioni, potenza della caldaia ed altro ancora. Il punto di partenza è il calcolo del cosiddetto "carico termico", cioè la massima potenza che presumibilmente potrebbe essere richiesta per mantenere l'edificio a 20°C in corrispondenza della minima temperatura esterna presa in considerazione. Sulla base di questi dati, viene dimensionato l'intero impianto di riscaldamento che nasce quindi in funzione delle condizioni di carico estremo... che non si verificheranno quasi mai. E' allora il sistema di regolazione che dovrà fare in modo che l'impianto non eroghi sempre la potenza massima per la quale è stato costruito ma quella di volta in volta effettivamente necessaria.

Il sottosistema di regolazione fa anche da connessione fra l'involucro e l'impianto. Qualsiasi intervento di risparmio energetico sull'involucro edilizio è inefficace se l'impianto non è in grado di valorizzarlo riducendo l'erogazione di calore nei locali oggetto di intervento di isolamento termico.

Un'altra omissione frequente negli impianti di riscaldamento italiani è il bilanciamento. Meglio, il bilanciamento viene fatto "all'italiana" aumentando a dismisura le portate in modo che i salti termici si riducano ed il bilanciamento sia controllato dalla quantità di corpi scaldanti.

Sembrerebbe quindi quasi un sogno un componente che risolvesse in un colpo solo tutti questi problemi, provvedendo alla regolazione dell'emissione del calore dell'impianto, magari nei singoli locali, al bilanciamento automatico dell'impianto di riscaldamento ed alla valorizzazione automatica di eventuali interventi di coibentazione dell'involucro edilizio. Ebbene un componente così esiste. La valvola termostatica consente di fare questo ed altro, come:

- controllare in maniera indiretta, la temperatura di ritorno di un impianto a radiatori;
- non preoccuparsi dell'eventuale sovradimensionamento dei corpi scaldanti, anzi trasformarlo in un vantaggio automatico.

Se davvero fa tutto ciò ed è disponibile da decenni, sorprende non poco che un componente del genere abbia avuto invece così scarso successo nel mercato italiano. La ragione è che richiede un minimo di attenzione nel suo uso, altrimenti si va incontro ad inconvenienti fastidiosi, la cui risoluzione richiede spesso interventi che cozzano un po' contro l'apparenza e le valutazioni istintive.

Questo opuscolo intende mettere un po' di ordine nelle idee in merito ed illustrare alcune regole, rispettate le quali un impianto con valvole termostatiche funziona correttamente sfruttando tutte le potenzialità di questo interessante componente.

# 1 Richiami di idraulica e circuiti idraulici

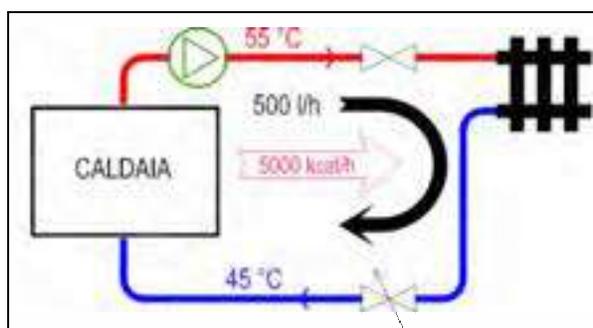
Prima di occuparsi di valvole termostatiche è opportuno rinfrescare alcuni concetti di idraulica e teoria dei circuiti idraulici per comprendere appieno cosa succede nell'uso delle valvole termostatiche.

A differenza degli elettricisti, che possono utilizzare con relativa facilità un tester per vedere tensione e corrente ai capi dei loro circuiti, raramente si ha l'opportunità di poter misurare direttamente portate e pressioni o perdite di carico dei circuiti idraulici. Diventa quindi difficile capire cosa succeda all'interno dei tubi, anche perché possiamo spesso solo immaginarlo.

## 1.1 I circuiti idraulici

Si realizzano circuiti idraulici allo scopo di trasportare del calore. L'acqua gira nell'impianto al solo scopo di trasportare con se del calore, prelevandolo in caldaia e scaricandolo nei corpi scaldanti.

Ogni litro di acqua può essere paragonato ad un contenitore che si carica o si scarica di calore per 1 caloria ogni volta che la sua temperatura aumenta o diminuisce di 1 °C.



*Circuito idraulico elementare*

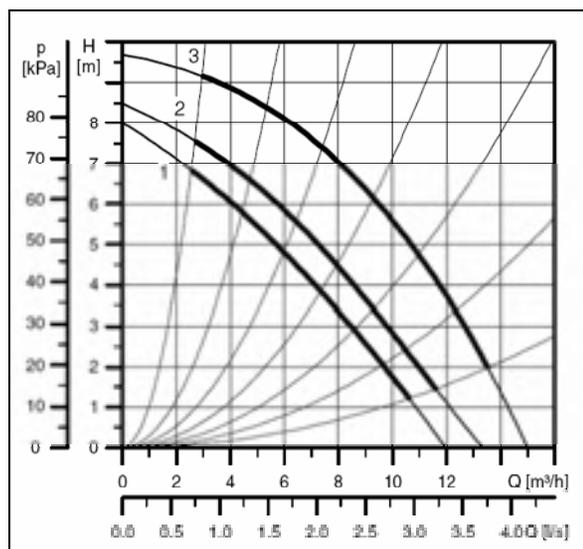
Facendo circolare 500 l/h di acqua, se si stabilisce una differenza di temperatura di 10 °C fra mandata e ritorno la potenza trasportata sarà di 5000 kcal/h pari a 5,8 kW

Per muovere l'acqua occorre "spingerla". Questa spinta è fornita dalla pompa di

circolazione, sotto forma di una differenza di pressione, fra mandata e aspirazione della pompa, che prende il nome di "prevalenza".

Si esprime comunemente in metri di colonna di acqua (m c.a.). 10 metri di colonna d'acqua corrispondono ad 1 bar. Nei circolatori per piccoli impianti di riscaldamento la prevalenza delle pompe può andare da 2 a 6 metri di prevalenza.

La prevalenza erogata da una pompa non è costante ma, anche a parità di velocità di rotazione della girante, varia in funzione della portata che attraversa la pompa stessa. Non esiste quindi "la portata" o "la prevalenza" di una pompa ma la sua curva caratteristica (che esprime la relazione fra la portata circolante nella pompa e la corrispondente prevalenza fornita), che ha di solito la forma riportata in figura:

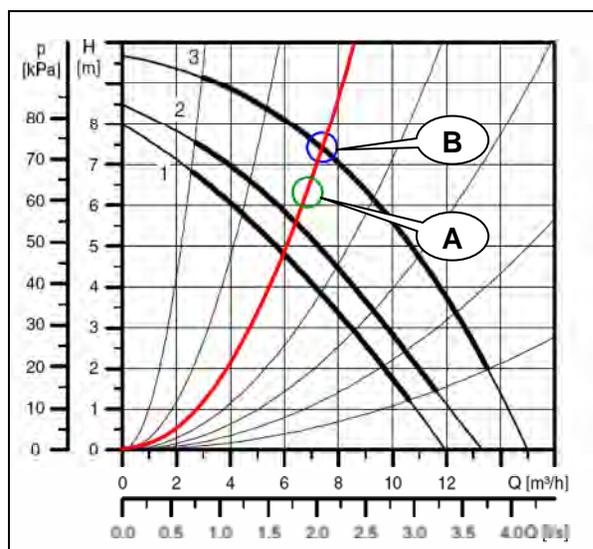


*Tipica curva caratteristica di una pompa a 3 velocità*

Tutti i componenti del circuito oppongono resistenza al moto dell'acqua. Questa resistenza si manifesta come una differenza di pressione fra ingresso ed uscita di ogni componente che prende il nome di "perdita di carico".

In un circuito funzionante a regime, la prevalenza della pompa deve essere esattamente uguale alla somma delle perdite di carico di tutti gli elementi in serie del circuito idraulico.

I circuiti idraulici sono quindi simili a circuiti elettrici ma hanno una caratteristica che li distingue profondamente: le perdite di carico sono proporzionali al quadrato della portata (nei circuiti elettrici, la caduta di tensione è invece direttamente proporzionale alla corrente, legge di Ohm). In un grafico portata/prevalenza, la caratteristica di un circuito è quindi un parabola. Le linee curve riportate in sottofondo ai grafici portata/prevalenza delle pompe servono a facilitare la rappresentazione delle caratteristiche dell'impianto.



*Noto un punto caratteristico di funzionamento dell'impianto (ad esempio il punto A in figura), è nota la curva caratteristica dell'impianto (evidenziata in rosso). L'intersezione B con la curva caratteristica della pompa è il punto di lavoro reale*

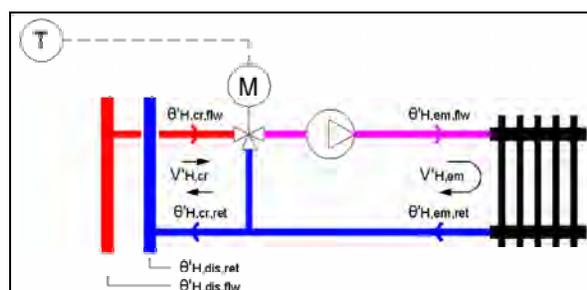
## 1.2 La regolazione della potenza termica

Ci sono numerosi modi per controllare la potenza erogata da un impianto di riscaldamento:

- a temperatura variabile e portata costante;
- ad intermittenza;
- a portata variabile;
- a portata variabile e temperatura compensata;
- a scambio variabile.

### 1.2.1 Circuiti di regolazione a temperatura variabile

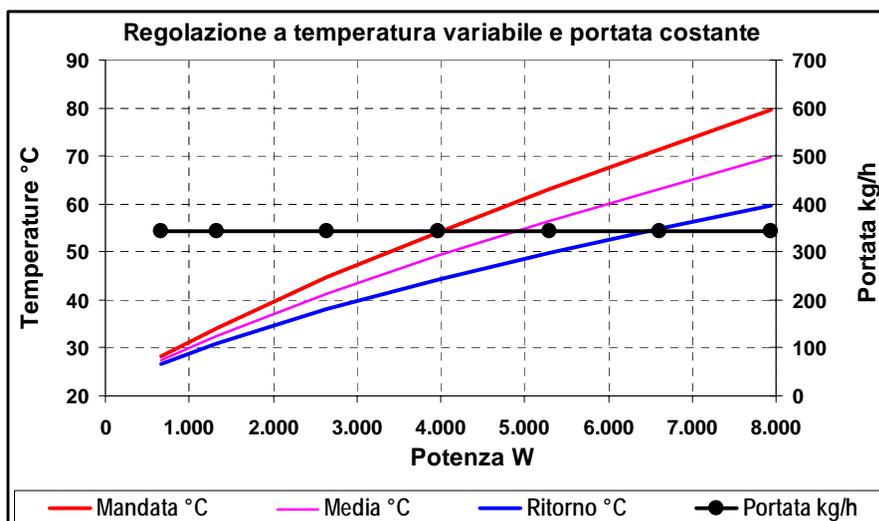
La regolazione a temperatura variabile è quella comunemente realizzata in passato negli edifici condominiali a colonne montanti. Il circuito tipico e l'andamento delle temperature medie nell'impianto sono rappresentati nelle figure seguenti.



*Schema idraulico di un circuito con regolazione della temperatura in funzione della temperatura esterna*



*Valvola a 3 vie miscelatrice con servomotore e regolatore climatico*



Andamento delle temperature e della portata nei corpi scaldanti in funzione della potenza erogata. La potenza nominale dei radiatori è di 8 kW. Ciò che determina la potenza erogata è la temperatura media dei corpi scaldanti. Nelle centraline climatiche si regola invece la temperatura di mandata

Come noto, si tratta di un sistema che non dovrebbe più essere utilizzato da solo nelle nuove abitazioni in quanto soffre di numerosi limiti:

- qualora sia pilotato solo da una sonda esterna, si tratta di una mera compensazione delle dispersioni e non di un sistema di regolazione della temperatura ambiente, con mancato recupero degli apporti interni;
- il bilanciamento idraulico dell'impianto è difficoltoso e di solito viene sostituito da un aumento delle portate in modo da ridurre i salti termici e controllare il bilanciamento attraverso le superfici radianti.

Si tratta della soluzione generalmente adottata in passato e tuttora in uso (nel senso che non si è ancora intervenuti) negli edifici condominiali serviti da impianti centralizzati a colonne montanti.

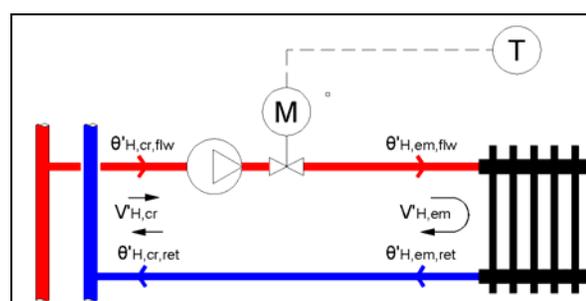
Spesso si trovano detentori sui radiatori che però vengono utilizzati solo come seconda valvola di intercettazione per poter smontare il corpo scaldante.

Questo tipo di regolazione (variazione della temperatura di mandata) è spesso utilizzata

in abbinamento con altri tipi di regolazione, per facilitarne il compito, come meglio vedremo nel seguito.

### 1.2.2 Circuiti di regolazione ad intermittenza

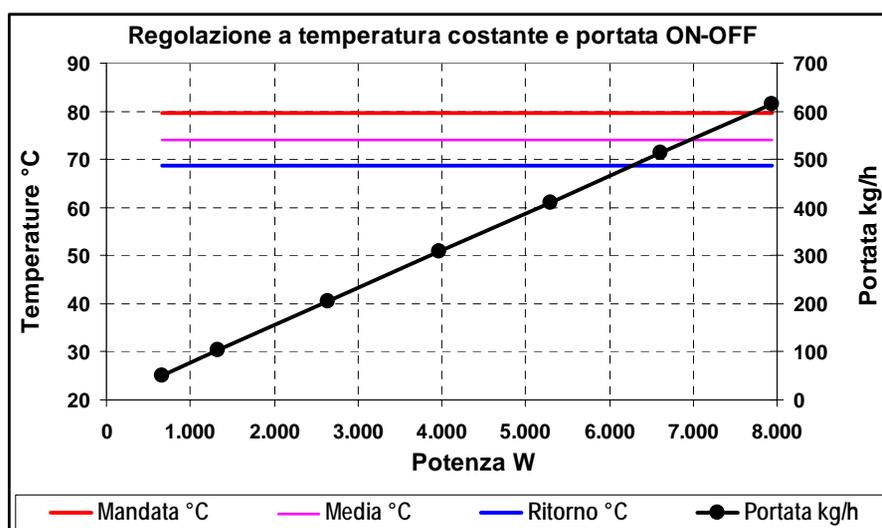
La regolazione a temperatura costante e portata intermittente è quella comunemente realizzata negli impianti autonomi. Il circuito tipico e l'andamento delle temperature medie nell'impianto sono rappresentate nelle figure seguenti.



Schema idraulico di un semplice circuito con regolazione della portata ad intermittenza e funzionamento a temperatura costante



*Valvola di zona con attuatore termoelettrico*



*Grafico delle temperature e portate con regolazione ON-OFF e temperatura di mandata costante. Le temperature sono costanti. La portata non aumenta con continuità ma è il risultato del funzionamento ad intermittenza. In impianti con numerose utenze, l'effetto delle diverse commutazioni può essere una portata apparentemente continua*

Le valvole di zona possono controllare intere unità immobiliare oppure zone di un'unità immobiliare.

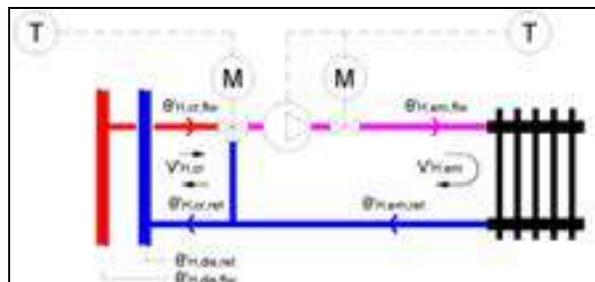
La portata nei circuiti utenti è intermittente. La potenza viene regolata per mezzo del rapporto fra tempo ON su tempo totale.

Il funzionamento ad intermittenza alla massima potenza presenta diversi limiti:

- ci sono inevitabili oscillazioni della temperatura ambiente;
- la temperatura di ritorno è costante e sempre elevata. Ciò impedisce lo sfruttamento corretto di caldaie a condensazione;

- occorre garantire la costanza della prevalenza disponibile per i singoli circuiti pur al variare della portata complessiva circolante nell'impianto (numero di zone attive). Ciò si può ottenere, ad esempio, con l'uso di valvole di bilanciamento.

Un miglioramento può essere la combinazione con una compensazione climatica, ottenendo lo schema circuitale riportato nella figura seguente



Schema idraulico di un circuito con regolazione della portata ad intermittenza e funzionamento a temperatura di mandata variabile dipendente dalla temperatura esterna



Valvola a 3 vie miscelatrice con servomotore e regolatore climatico + Valvola di zona con attuatore termoelettrico

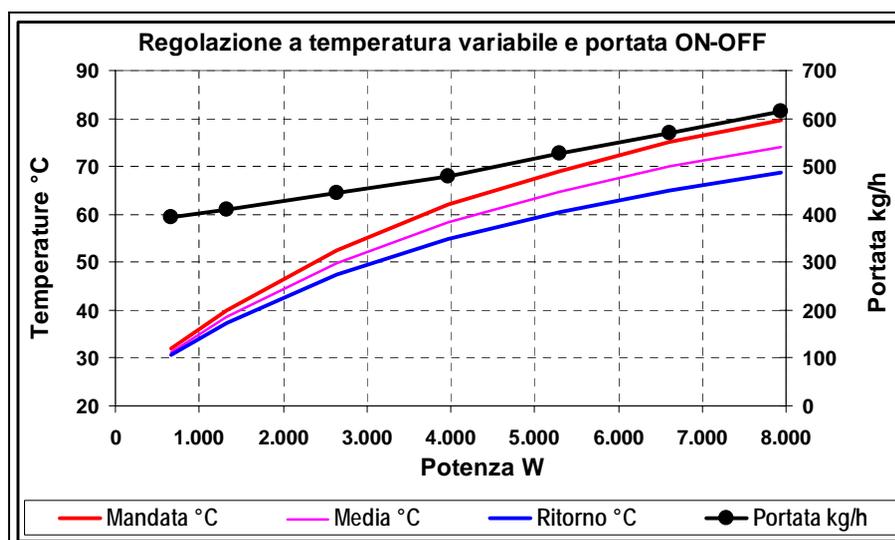


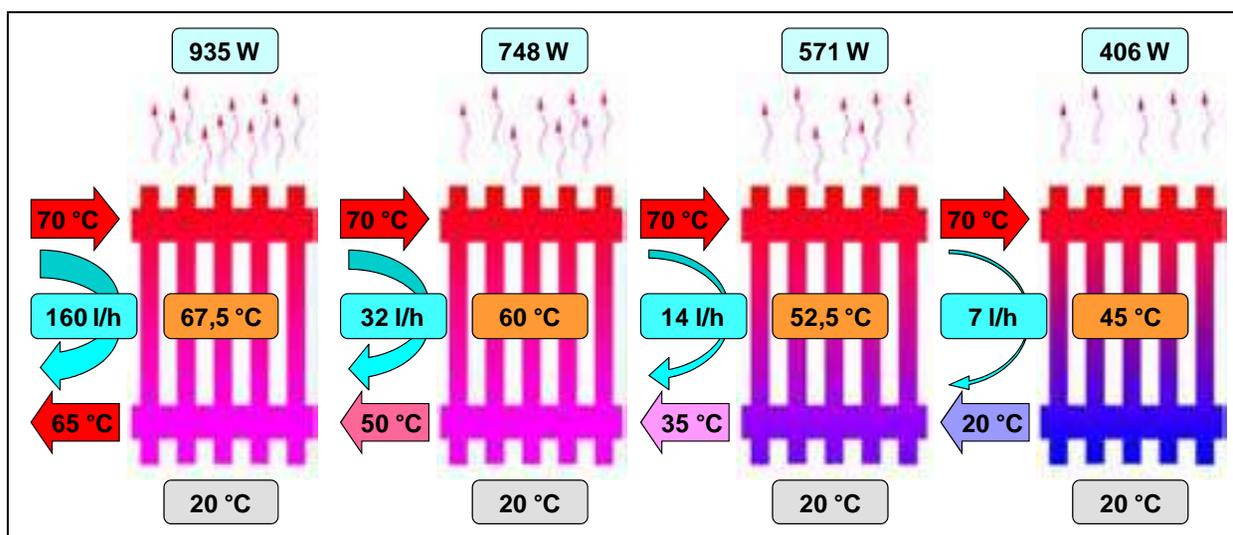
Grafico delle temperature e portate con regolazione ON-OFF e temperatura di mandata variabile. La portata media è più elevata perché aumentano i tempi ON ai bassi carichi

La riduzione della temperatura di mandata comporta tempi di funzionamento ON più lunghi ed una migliore precisione della regolazione in quanto si limitano le sovratemperature ad ogni commutazione.

### 1.2.3 Circuiti di regolazione a portata variabile

La regolazione a portata variabile prevede che la potenza emessa sia controllata agendo sulla portata circolante nell'impianto.

Nella figura esempio viene riportato il comportamento di un radiatore al variare della portata, ferma restando la temperatura di mandata.



*Progressione delle condizioni di funzionamento qualora si voglia regolare la potenza erogata agendo sulla sola portata*



*Valvola termostatica*

In pratica questo tipo di regolazione si attua installando su ciascun corpo scaldante una valvola termostatica, come quella mostrata in figura.

Come si può vedere dall'esempio, riferito ad un radiatore avente potenza nominale di 1000 W, non appena il sistema di regolazione deve ridurre la potenza erogata le portate si riducono drasticamente.

In questo caso non ci sono problemi di bilanciamento dell'impianto in quanto i regolatori posti su ciascun corpo scaldante provvedono a regolare il flusso d'acqua in maniera teoricamente indipendente da quanto accade agli altri corpi scaldanti.

Si tratta di un buon sistema di regolazione in quanto:

- le portate sono estremamente ridotte (consumi elettrici minimi e basso costo della pompa);
- il bilanciamento dell'impianto è automaticamente garantito (se non si innescano fenomeni di instabilità);
- la temperatura di ritorno è ridotta, favorendo lo sfruttamento di caldaie a condensazione.

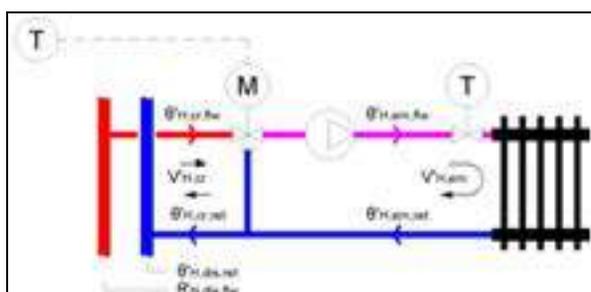
### 1.2.4 Circuiti di regolazione a portata variabile e temperatura compensata

Un limite del sistema di regolazione precedente è la portata fin troppo bassa e la temperatura di mandata inutilmente elevata.

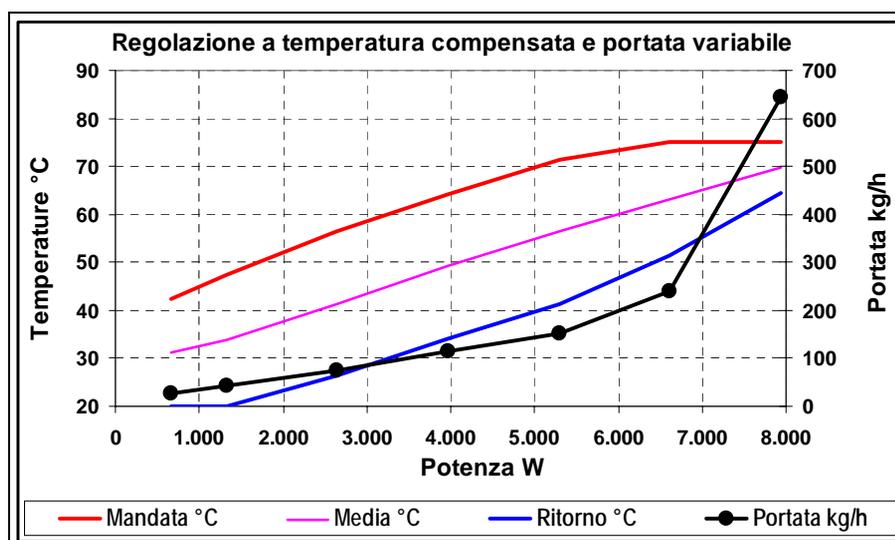
Combinando opportunamente una compensazione climatica ed una regolazione sul singolo corpo scaldante si può ottenere il comportamento ideale riportato in figura.



In questo caso, oltre alle valvole termostatiche è richiesto un sistema di regolazione della temperatura di mandata in funzione della temperatura esterna, realizzabile con una valvola miscelatrice a tre vie



Schema idraulico di un circuito con regolazione agente sulla portata e temperatura di mandata variabile dipendente dalla temperatura esterna

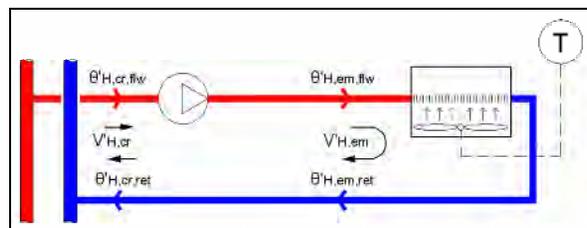


Comportamento ideale: la compensazione climatica è tarata in modo da ottenere un salto termico approssimativamente costante. Quando si raggiunge la temperatura di mandata massima (75 °C nell'esempio), la portata deve aumentare molto rapidamente

### 1.2.5 Circuiti di regolazione a scambio variabile

In questo caso vi è circolazione permanente di acqua e la regolazione dell'emissione del calore è ottenuta variando lo scambio termico, per esempio azionando un ventilatore. E' il circuito tipico dei ventilconvettori e degli aerotermi.

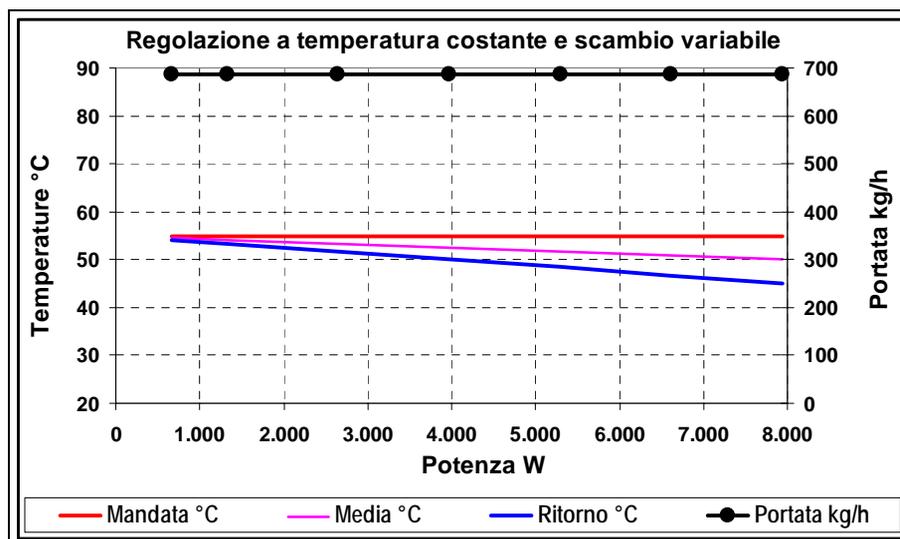
Il circuito tipico ed il suo comportamento sono riportati in figura



Schema idraulico di un circuito con regolazione della potenza attraverso l'intermittenza di funzionamento del ventilatore. Sia la temperatura di mandata che la portata circolante sono necessariamente costanti



Ventilconvettore



Comportamento tipico di questo circuito: la temperatura di ritorno aumenta al diminuire del carico

Questo sistema di regolazione dei corpi scaldanti presenta diversi limiti, fra i quali ricordiamo:

- rumorosità del ventilatore;
- circolazione permanente dell'acqua, anche quando non serve;
- dispersioni di rete elevate e massime proprio ai bassi carichi;

- consumo di energia elettrica e necessità di alimentare elettricamente ciascun corpo scaldante.

Malgrado questi punti deboli, sono spesso utilizzati in quanto possono fornire anche carichi frigoriferi, sia sensibili che latenti.

Questi corpi scaldanti non si prestano all'introduzione di un sistema di compensazione climatica.

### 1.3 Riassunto

Gli impianti di riscaldamento devono essere dotati di un sistema che ne moduli la potenza termica erogata in ambiente in funzione delle necessità contingenti: idealmente, **il calore dovrebbe essere erogato solo dove serve, quando serve e quanto ne serve.**

Esistono diversi modi di regolare la potenza termica erogata dai corpi scaldanti. Oltre ad essere più o meno adatti a regolazioni centrali e locali, la scelta del sistema di regolazione si ripercuote su temperature e portate in circolazione, con effetti sensibili sulle perdite dei sistemi di distribuzione e sull'efficienza dei generatori.

**Le principali modalità di regolazione dell'emissione del calore sono:**

- 1. la regolazione a temperatura variabile e portata costante**
- 2. la regolazione a temperatura costante e portata intermittente**
- 3. la regolazione a temperatura costante e portata variabile con continuità**
- 4. la regolazione a temperatura e portata costanti e scambio termico variabile**

alle quali si aggiungono la combinazione delle soluzioni 2 e 3 con una regolazione centrale della temperatura di mandata.

Nel seguito ci si concentra nell'analisi dei circuiti che impiegano valvole termostatiche, in quanto rappresenta la soluzione più moderna ed efficace per il controllo di impianti di riscaldamento a radiatori.

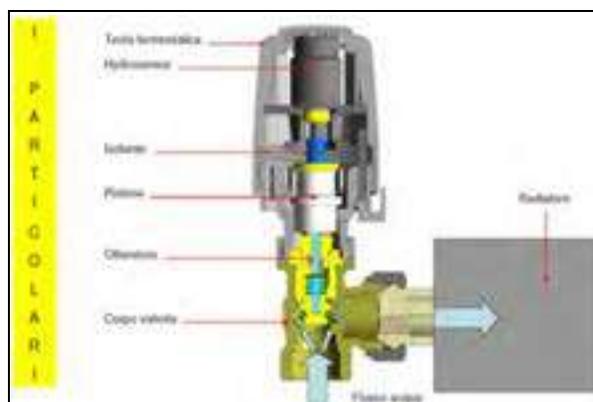
## 2 Che cos'è una valvola termostatica

### 2.1 La funzione primaria della valvola termostatica

La valvola termostatica è un regolatore della temperatura ambiente nel locale ove è installato il corpo scaldante sul quale è applicata, agendo sulla portata d'acqua che lo attraversa.



*Vista in semisezione e dettagli sulla costruzione di un valvola termostatica*



*L'aumento della temperatura ambiente provoca in sequenza la dilatazione del liquido nel sensore, la chiusura proporzionale dell'otturatore, la riduzione della portata nel radiatore, la riduzione della sua temperatura media e quindi la riduzione della potenza termica ceduta all'ambiente*

L'otturatore della valvola è comandato dalla dilatazione del liquido contenuto nella testina/sensore. L'aumento di temperatura ambiente provoca quindi l'avanzamento dell'otturatore finché va in battuta e chiude completamente la valvola in corrispondenza alla temperatura impostata sulla ghiera di regolazione. In questo modo, il corpo scaldante non viene più alimentato quando la temperatura ambiente raggiunge quella impostata e si raffredda completamente.

Quando la temperatura del locale scende nuovamente al di sotto di quella impostata, la valvola inizia ad aprirsi e circola nuovamente acqua calda nel corpo scaldante, immettendo calore nel locale per contrastarne la diminuzione di temperatura.

In prima approssimazione si può considerare che la valvola termostatica sia un regolatore di tipo P, cioè proporzionale. Ciò significa che la potenza erogata dal corpo scaldante sarà all'incirca proporzionale alla differenza di temperatura fra il valore desiderato, impostato sulla manopola, ed il valore reale sentito dalla testina.

Supponendo di partire dalla condizione di locale freddo, inizialmente la valvola sarà completamente aperta e la portata nel radiatore sarà quella massima, detta anche "di progetto". Poiché l'acqua attraversa rapidamente il radiatore, in queste condizioni esce ancora calda e tutto il radiatore è caldo: la potenza erogata è quella massima di progetto e la temperatura della stanza aumenta.

A mano a mano che si riduce la differenza fra temperatura impostata sulla ghiera e temperatura ambiente (che aumenta):

- si riduce l'apertura della valvola;
- aumenta la perdita di carico a cavallo dell'otturatore della valvola;

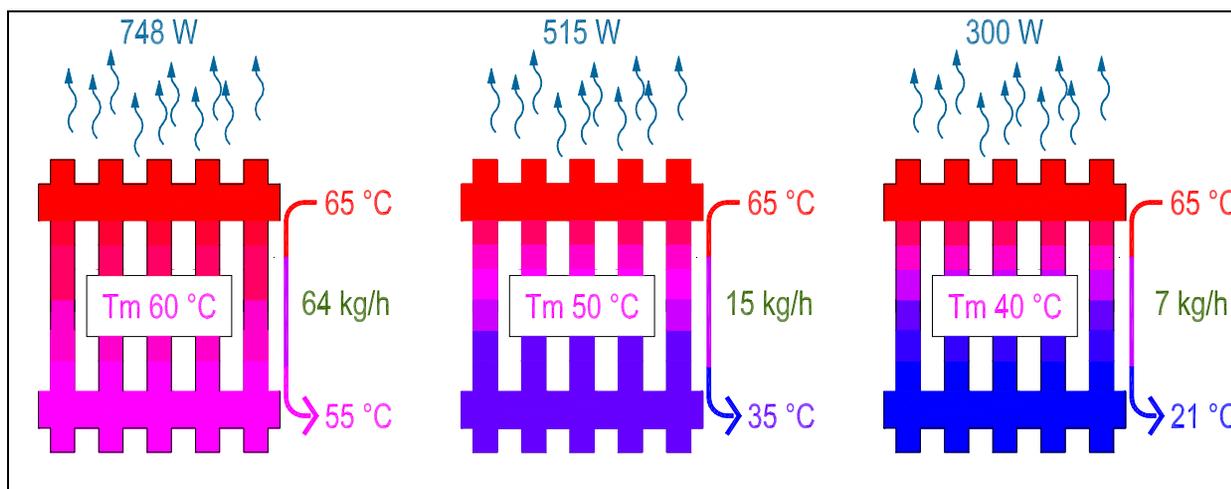
- si riduce la portata di acqua circolante nel corpo scaldante;
- si riduce la temperatura di ritorno del corpo scaldante;
- si riduce la temperatura media del corpo scaldante (poiché la temperatura di mandata è costante);
- si riduce la potenza emessa dal corpo scaldante.

Per piccole differenze di temperatura, l'apertura della valvola è modesta e la piccola portata di acqua circolante fa a tempo di raffreddarsi quasi completamente nell'attraversare il corpo scaldante. La bassa temperatura di ritorno che si ottiene (che tende ad avvicinarsi alla temperatura del locale, cioè circa 20 °C) determina una bassa temperatura media del corpo scaldante, quindi una bassa potenza emessa dal corpo scaldante, anche se la sua superficie e la temperatura di ingresso rimangono costanti.

Al limite, se la potenza richiesta dal locale è veramente modesta (per esempio nelle mezze stagioni), la pochissima acqua immessa nel radiatore si raffredda completamente prima ancora di raggiungere la parte inferiore del radiatore, ove la temperatura dell'acqua si stabilizza vicino alla temperatura ambiente. In queste condizioni, la parte superiore del radiatore è calda (alla temperatura di mandata) mentre la parte inferiore è fredda (a temperatura ambiente). E' come se il radiatore si rimpicciolisse progressivamente.

## 2.2 L'interazione con il circuito idraulico

L'effetto del progressivo innalzamento della temperatura ambiente e della corrispondente riduzione della portata è illustrato nella figura seguente



*Effetto della regolazione della valvola termostatica: la portata si riduce drasticamente*

Nelle condizioni reali, la riduzione della portata d'acqua in circolazione (e della temperatura di ritorno) si arresterà quando la potenza erogata dal radiatore sarà quella esattamente necessaria a compensare le dispersioni termiche del locale ove è installato. In queste condizioni la temperatura del locale rimane costante.

Un grafico tipico delle prestazioni di una valvola termostatica (portata/perdita di carico) è rappresentato nella figura seguente.

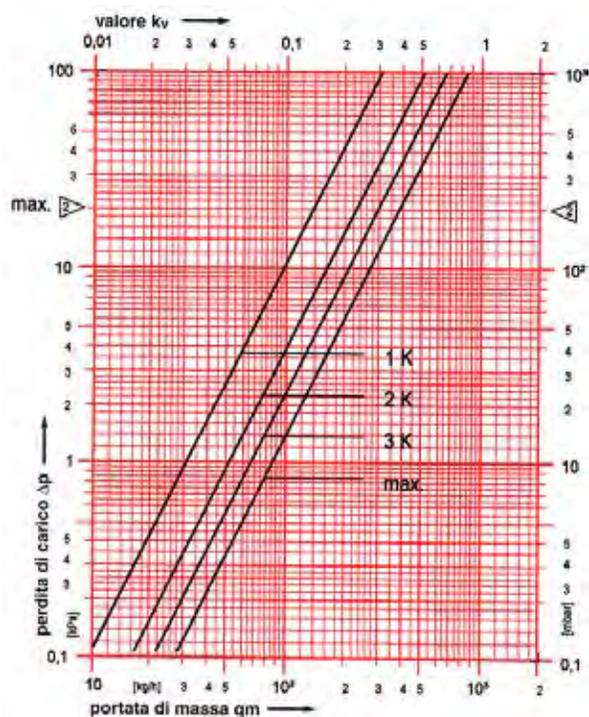


Grafico tipico di una valvola termostatica. Trattandosi di un componente con un otturatore mobile, la caratteristica è riportata per diverse posizioni dell'otturatore, identificate attraverso l'errore di temperatura. La curva 1K rappresenta il comportamento della valvola quando la temperatura rilevata è di 1K inferiore a quella impostata dall'utente sulla manopola. Ad esempio, è il comportamento della valvola con temperatura ambiente di 19°C qualora sia impostata a 20°C.

Questo grafico mostra le caratteristiche portata/perdita di carico in funzione della differenza fra temperatura impostata sulla manopola della valvola termostatica e la temperatura effettiva del locale (indicate nei richiami alle linee nere). L'ultima curva (identificata dalla scritta "MAX") è quella corrispondente alla valvola completamente aperta, cioè quando la temperatura ambiente è molto inferiore a quella desiderata, come nelle partenze da freddo dell'impianto.

Questo grafico consente di calcolare le portate di acqua circolanti nei corpi scaldanti in funzione della temperatura ambiente e dell'impostazione della valvola. Ad esempio, se:

- la valvola è impostata su 20 °C (temperatura ambiente desiderata);
- la valvola rileva una temperatura ambiente di 19 °C (temperatura misurata dal sensore), cioè 1 °C in meno rispetto alla temperatura impostata;
- la prevalenza disponibile sia di 1 m c.a. (= 100 mbar)
- la perdita di carico nel radiatore e nel detentore è trascurabile;

la portata che circola nel radiatore controllato sarà di circa 100 kg/h, sufficienti ad erogare 2,3 kW con un  $\Delta T$  a cavallo del radiatore di 20 °C ( $100 \text{ kg/h} \cdot 20 \text{ °C} \cdot 1 \text{ kcal/kg} \cdot \text{°C} = 2.000 \text{ kcal/h} \cong 2,3 \text{ kW}$ ).

In realtà, questo grafico non consente di calcolare in maniera semplice la potenza realmente emessa dal corpo scaldante. Per fortuna, come vedremo, questo calcolo non sarà necessario, in quanto ci basterà scegliere una valvola che consenta, con un errore di temperatura accettabile, la circolazione della portata d'acqua necessaria perchè il rispettivo radiatore sia in condizioni di erogare la massima potenza termica di progetto. In tutte le condizioni reali di funzionamento la potenza termica sarà inferiore, quindi sarà sufficiente un'apertura inferiore della valvola.

In pratica, la valvola termostatica si aprirà spontaneamente quanto basta per ottenere la temperatura ambiente voluta. Ciò avviene radiatore per radiatore, per cui l'impianto si bilancia automaticamente. Gli eventuali locali favoriti, raggiungono per primi la temperatura ambiente desiderata per cui le valvole termostatiche che vi sono installate si chiudono lasciando una maggiore portata a disposizione per i locali più freddi. Se l'impianto è in grado di affrontare le condizioni più gravose prevedibili, funzionerà sicuramente anche in tutte le altre configurazioni con minor richiesta di potenza ed il dimensionamento può essere basato sulle sole condizioni di punta (di progetto), come illustrato nel successivo paragrafo.

## 2.3 Riassunto

**La valvola termostatica è un regolatore della temperatura ambiente di tipo proporzionale.**

Essa agisce sulla portata d'acqua circolante sul radiatore, in modo da ridurre la temperatura media, quindi la potenza erogata.

**La conseguenza del funzionamento corretto delle valvole termostatiche è una drastica riduzione delle portate d'acqua circolante nell'impianto.**

### 3 Scelta delle valvole termostatiche

È una delle operazioni più importanti, ove non si deve lesinare su qualità e caratteristiche di regolazione.

#### 3.1 Parametri di progetto

La scelta della valvola termostatica, in termini di diametro nominale, va effettuata in funzione di:

- potenza del corpo scaldante sul quale va applicata;
- $\Delta T$  mandata/ritorno di progetto della rete di distribuzione;
- $\Delta P$  mandata/ritorno di progetto a disposizione per la valvola termostatica;
- errore massimo ammissibile di temperatura nelle condizioni di progetto (banda proporzionale di progetto).

**La potenza del corpo scaldante** è il dato di progetto risultante dal calcolo dei carichi termici oppure dal rilievo dei radiatori installati nel caso di ristrutturazioni (utilizzando per esempio il metodo riportato nella norma UNI-CTI 10200). È un dato che varierà per ogni singolo corpo scaldante.

**La differenza di temperatura ( $\Delta T$ ) mandata/ritorno di progetto** è il valore del salto termico nel corpo scaldante che deve essere ottenuto in condizioni di potenza massima. Si può utilizzare, per il dimensionamento, un valore di 20 °C, che corrisponde sia al  $\Delta T$  nominale dei radiatori, sia al  $\Delta T$  interno di molti generatori di calore. In funzionamento, il  $\Delta T$  reale dei radiatori potrà essere anche maggiore. Quello suggerito è un valore prudenziale per il calcolo delle portate di acqua di progetto della rete di distribuzione e quindi il dimensionamento delle tubazioni stesse. Come si vedrà, nel funzionamento reale di un

impianto a valvole termostatiche la portata è molto inferiore a quella di progetto.

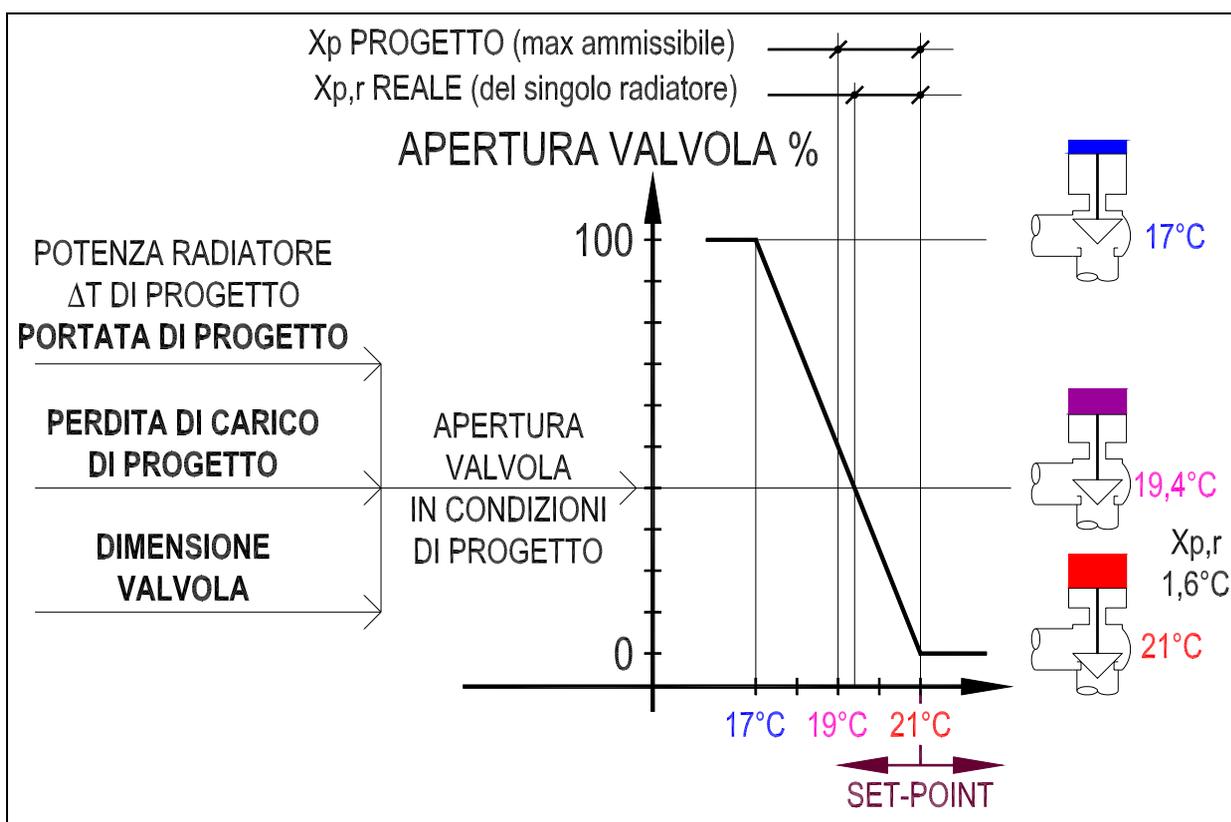
**Il  $\Delta P$  mandata/ritorno di progetto** è la differenza di pressione disponibile ai capi delle valvole termostatiche in condizioni di progetto (massime portate). Il suo valore va scelto con i criteri riportati nel successivo paragrafo 4.5.

**L'errore di temperatura (detto anche "banda proporzionale") di progetto** è il massimo scarto ammesso fra la temperatura impostata sulla manopola della valvola termostatica e la temperatura ambiente reale (inferiore) per consentire la circolazione della portata d'acqua di progetto, quindi l'erogazione della potenza massima di progetto. Il suo valore non dovrebbe mai essere superiore ad 2°C, preferibilmente dell'ordine di 1 °C.

#### 3.2 Dimensionamento della valvola

Fissati questi valori, per ogni corpo scaldante si determina:

- la portata d'acqua di progetto, ottenibile semplicemente dividendo la potenza massima di progetto per la differenza di temperatura ( $\Delta T$  del corpo scaldante) ed il calore specifico dell'acqua;
- la dimensione della valvola termostatica, la cui curva (per  $\Delta T$  uguale all'errore di temperatura ammissibile) deve passare sopra il punto di funzionamento determinato dalla portata massima di progetto e dalla prevalenza disponibile.



*Rappresentazione grafica del significato della banda proporzionale di progetto (non in scala)*

*La circolazione della portata di progetto in un radiatore richiede che la valvola sia aperta. Il grado di apertura richiesto dipende da portata di progetto (potenza del radiatore,  $\Delta T$  mandata/ritorno), perdita di carico ammissibile, dimensione della valvola. Al grado di apertura corrisponde un errore di temperatura. Per ogni singolo radiatore, la banda proporzionale (1,6 °C nell'esempio) deve essere inferiore a quella massima ammissibile (2,0 °C nell'esempio)*

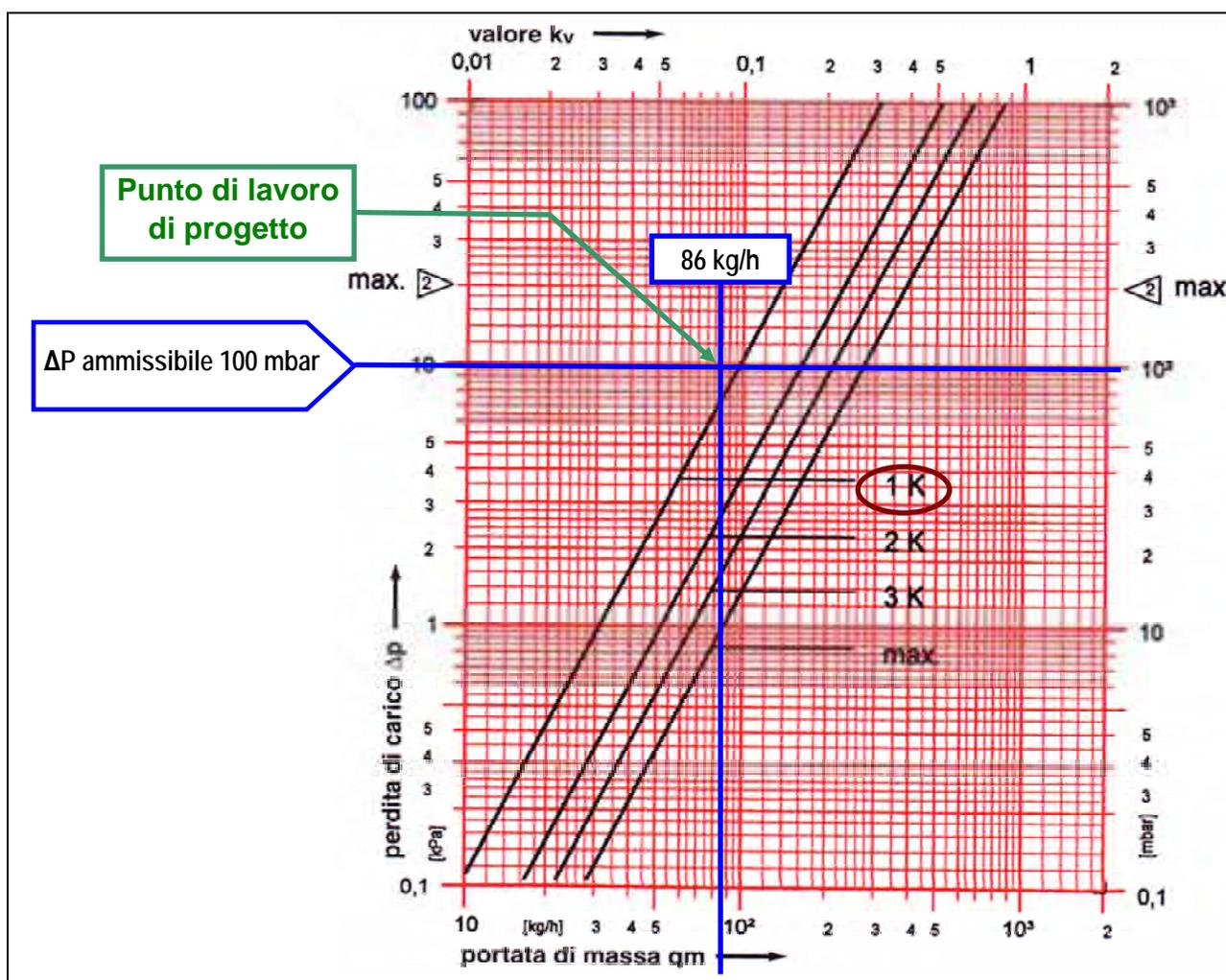
In pratica ciò dovrebbe portare alla scelta di un massimo di 2 taglie di valvole (ad esempio, da 1/2" e da 3/4") qualora si adotti un salto termico di progetto ragionevole (20 °C). Se le valvole sono sovradimensionate (ma non troppo, altrimenti si possono avere problemi di stabilità della regolazione di temperatura ambiente) si avrà semplicemente un funzionamento dell'impianto con un errore di temperatura inferiore, cioè un valore di temperatura ambiente più vicino a quello desiderato ed impostato.

Ad esempio, supponiamo che si debba installare un radiatore in grado di erogare 2000 W.

Scegliamo un  $\Delta T$  nominale di 20 °C. La portata che dovremo garantire sarà di 86 kg/h.

Scegliamo di ammettere una perdita di carico di 100 mbar.

Costruiamo il punto di funzionamento previsto (punto di incrocio delle linee 100 mbar e 86 kg/h) sul grafico portata/perdita di carico della valvola termostatica come riportato nella figura seguente:



Verifica del dimensionamento di un valvola

Il punto di funzionamento è appena a sinistra della curva per banda proporzionale 1,0 °C. Ciò significa che, scegliendo quella valvola, sarà sufficiente una differenza di temperatura di 1,0 °C fra la temperatura desiderata (20 °C) e quella effettiva (che sarà quindi 19,0 °C) per ottenere la circolazione della portata massima richiesta.

La valvola è quindi quella corretta, qualunque sia il valore di errore di temperatura (banda proporzionale di progetto) scelto.

Tuttavia se:

- la potenza del radiatore fosse superiore a 2000 W;
- il  $\Delta T$  mandata/ritorno fosse inferiore a 20 °C;
- il  $\Delta P$  disponibile fosse inferiore a 100 mbar;

la portata richiesta potrebbe essere maggiore e/o la prevalenza disponibile inferiore, per cui il punto di lavoro di progetto potrebbe essere rispettivamente più a destra o più in basso. Mantenendo la stessa valvola, aumenterebbe l'errore di temperatura oltre 1°C ed oltre. In tal caso potrebbe essere necessario scegliere una valvola termostatica di taglia maggiore.

NOTA: il grafico riportato nell'esempio riporta caratteristiche del corpo valvola più piccolo disponibile (3/8"). Poiché non sono frequenti radiatori aventi potenza nominale maggiore di 2000 W, questa taglia di valvola termostatica (la più piccola!) risulta sufficiente per la stragrande maggioranza dei corpi scaldanti installati negli impianti domestici.

### 3.3 Riassunto

Il dimensionamento delle valvole termostatiche dipende da numerosi parametri di progetto, fra i quali la banda proporzionale di progetto è quello principale e specifico.

**Con ipotesi progettuali comuni, nei nuovi impianti del settore residenziale servono raramente valvole di diametro maggiore di ½".**

## 4 Scelta della pompa di circolazione

### 4.1 Introduzione

Nel precedente capitolo abbiamo preso in considerazione il dimensionamento delle valvole termostatiche facendo l'ipotesi che la prevalenza a disposizione fosse pressoché costante.

Il presente capitolo si riferisce alla scelta della pompa di un circuito singolo ove siano impiegate valvole termostatiche. Potrebbe però ugualmente trattarsi dell'unica pompa di un impianto:

- a zone e con valvole termostatiche;
- a colonne montanti.

### 4.2 Scelta del tipo di pompa

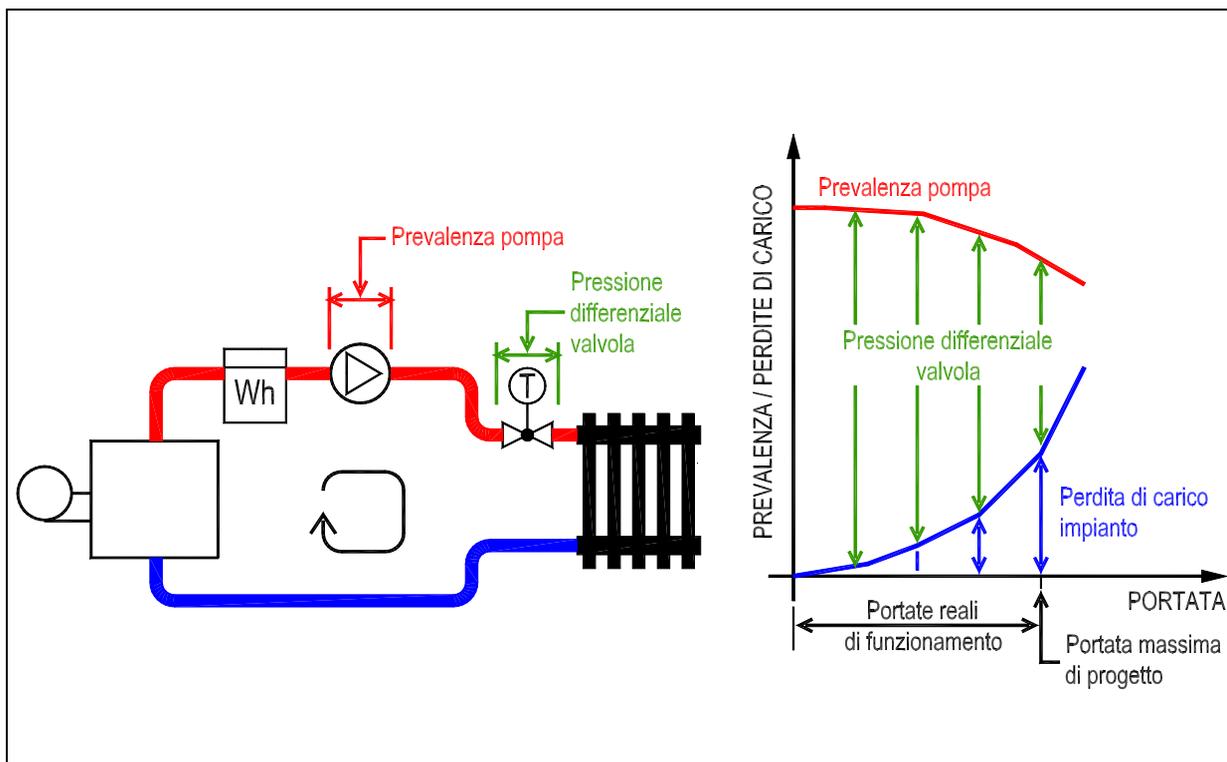
Le valvole termostatiche hanno bisogno di operare con una prevalenza costante al loro ingresso. La maggior parte delle valvole

termostatiche funziona correttamente (e silenziosamente!) con una perdita di carico massima di circa 2 metri di colonna d'acqua. Poche valvole (a parte, naturalmente, le esecuzioni speciali) garantiscono un funzionamento silenzioso per pressioni differenziali superiori a 3 m c.a.

Se si utilizza una pompa (centrifuga) tradizionale, non regolata (a giri fissi), si ottiene la situazione illustrata nella figura seguente, in cui, nel grafico sulla destra, sono state riportate:

- in rosso la prevalenza della pompa;
- in blu la resistenza degli accessori e dei tratti comuni (a più radiatori) della rete.

L'intervallo fra le due curve (evidenziato dalle frecce in verde) rappresenta la pressione differenziale all'ingresso delle valvole termostatiche.



*Distribuzione della prevalenza e delle perdite di carico in un circuito di riscaldamento in funzione della portata circolante.*

*Circuito con valvole termostatiche e pompa tradizionale*

Il grafico sulla destra evidenzia che, al variare della portata circolante (per effetto dell'apertura o chiusura delle valvole), accade quanto segue.

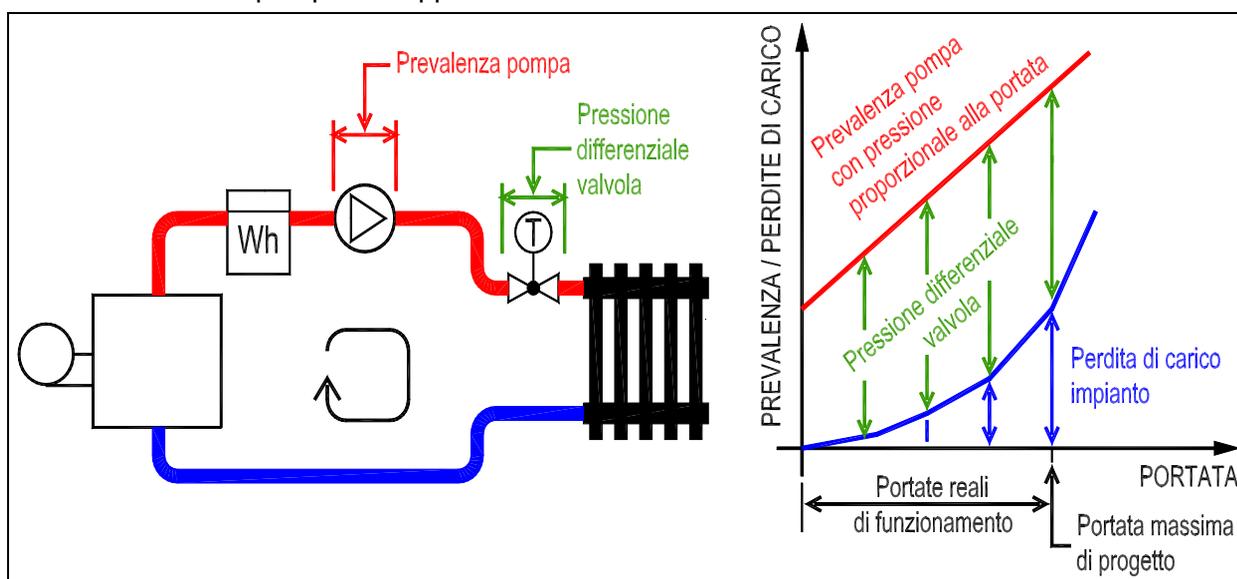
- A valvole termostatiche molto aperte (ad esempio, partenza da freddo), le portate aumentano, la prevalenza della pompa diminuisce, le resistenze dei tratti e degli accessori comuni della rete (contacalorie, generatore, ecc.) aumentano e diminuisce la prevalenza residua alle valvole, proprio quando sarebbe necessaria una prevalenza elevata. Il caso limite è la condizione di progetto (massima potenza erogata dall'impianto e massima portata circolante, a destra nel grafico): la prevalenza della pompa deve essere sufficiente a vincere la perdita di carico di progetto delle valvole termostatiche più la massima perdita di carico dell'impianto (ultima freccia a destra).
- A valvole termostatiche molto chiuse (ambiente quasi in temperatura), le portate si riducono di molto, la prevalenza della pompa aumenta, le resistenze dei tratti comuni della rete tendono ad annullarsi e quasi tutta la prevalenza massima della pompa è applicata alle

valvole (proprio quando sarebbe necessaria una minima prevalenza), causando talvolta forti rumorosità. Il caso limite è la condizione di valvole termostatiche completamente chiuse (a sinistra nel grafico): la massima prevalenza della pompa è tutta applicata alle valvole termostatiche (che quindi spesso... fischiano).

Questo inconveniente può essere superato utilizzando una pompa a giri variabili, con regolazione a pressione proporzionale. Per un funzionamento ottimale e silenzioso delle valvole termostatiche:

- la prevalenza minima (a portata quasi nulla) dovrebbe essere compatibile con quella massima tollerata dalle valvole termostatiche;
- l'aumento di prevalenza con la portata dovrebbe corrispondere il più possibile all'aumento di resistenza del resto del circuito;

in modo che la pressione differenziale ai capi delle valvole termostatiche rimanga approssimativamente costante, ad esempio con un andamento simile a quello rappresentato nella figura seguente.



*Distribuzione della prevalenza e delle perdite di carico in un circuito di riscaldamento in funzione della portata circolante.*

*Pressioni in un circuito con valvole termostatiche e pompa a regolazione elettronica dei giri*

In quest'ultima maniera (pompa a giri variabili) si otterrà un funzionamento regolare dell'impianto, senza sprechi di energia elettrica e rumorosità delle valvole. Si noti che siccome:

- la pressione differenziale massima non deve superare 2 m c.a. (200 mbar);
- la prevalenza di una pompa a pressione proporzionale si dimezza nel passare dalla portata massima a zero;

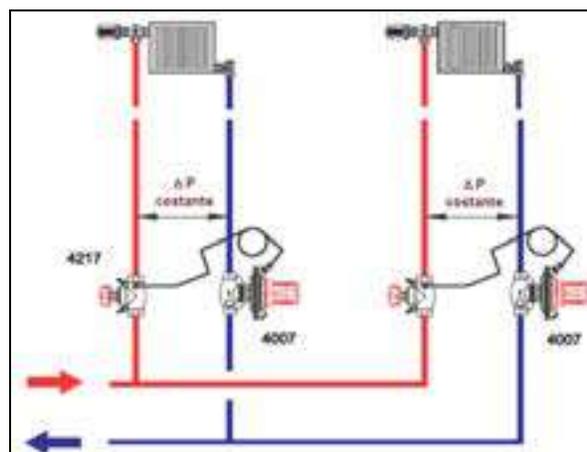
la prevalenza massima della pompa non dovrebbe essere mai regolata oltre 4 m c.a.

Soluzioni alternative approssimate possono essere:

- valvole termostatiche speciali, con otturatore studiato per limitare la rumorosità con elevate prevalenze ai capi della valvola.
- regolatori di portata differenziale ai capi dei circuiti che alimentano valvole termostatiche, a condizione che siano installati sufficientemente vicini alle valvole e tarati ad una pressione differenziale inferiore a quella massima sopportabile dalle valvole.



*Regolatore di pressione differenziale a due vie*



*Questa valvola, inserita in serie in un circuito, ne limita la pressione differenziale*

La mancata osservanza di questo accorgimento ha causato, in passato, l'insuccesso di moltissimi impianti e la loro contestazione per eccessiva rumorosità. Occorre invece sempre accertare che la prevalenza ai capi delle valvole termostatiche sia sempre contenuta entro il campo di corretto funzionamento prescritto dal costruttore in tutte le possibili condizioni di funzionamento dell'impianto di riscaldamento, in particolare ai bassi carichi.

#### **4.3 Criteri di dimensionamento e verifica della rete di distribuzione**

Occorre spendere due parole sul dimensionamento delle tubazioni della rete di distribuzione nel caso di utilizzo di valvole termostatiche.

Negli impianti tradizionali, le condizioni fluidodinamiche di funzionamento sono generalmente ben definite ed è sufficiente dimensionare il circuito facendo riferimento alle condizioni di potenza massima da erogare.

Nel caso di impianti con regolazione centrale (centralina climatica), le portate nei circuiti di distribuzione sono costanti e cambiano solo le temperature.

In caso di regolazione con termostati e valvole di zona, la variabilità è data dal

numero di circuiti in parallelo in funzione contemporaneamente, ciascuno dei quali ha una caratteristica fissa. La progettazione tradizionale di questi circuiti era fatta in modo da mantenere approssimativamente costante la prevalenza disponibile per i vari circuiti utilizzando prevalentemente le seguenti soluzioni impiantistiche.

- **Tratti di rete comuni a bassissima perdita di carico** ed utilizzo di pompe centrifughe nella parte piatta della loro caratteristica. Ciò è possibile soprattutto con generatori tradizionali ad alto contenuto d'acqua, che hanno perdite di carico trascurabili.

- **Uso di valvole a tre vie.** La terza via dispone di una strozzatura calibrata per cui, se la zona viene chiusa, una uguale portata di acqua di mandata viene scaricata direttamente al ritorno, mantenendo approssimativamente costanti il prelievo di acqua quindi le condizioni di funzionamento del circuito a monte della zona e la prevalenza disponibile.

Questa soluzione presenta numerose caratteristiche negative, soprattutto da un punto di vista prestazionale:

- ai bassi carichi, a parità di portata in circolazione, aumenta la temperatura di ritorno (che si avvicina a quella di mandata) per cui è inadatta all'uso con generatori a condensazione e vengono massimizzate le perdite della rete di distribuzione;
- il consumo elettrico è massimo in quanto la pompa funziona sempre nelle condizioni di portata/prevalenza massime di progetto;
- i by-pass delle terze vie devono essere correttamente dimensionati altrimenti, se eccessivi, possono compromettere il funzionamento dell'impianto;

- un eventuale contacalorie di centrale sarebbe notevolmente impreciso data la bassa differenza di temperatura fra mandata e ritorno.

- **Uso di pompe singole per ciascun circuito**, comandate dall'apertura della valvola di zona. Ogni circuito è dotato di un proprio circolatore ed il generatore ha un proprio circuito primario. In caso di piccoli circuiti secondari (per singola unità immobiliare) ciò porta all'uso di circolatori sempre molto sovradimensionati, quindi ad elevati consumi elettrici complessivi. Ad esempio, un appartamento di 100 m<sup>2</sup> richiede mediamente 2500 kcal/h. Con un  $\Delta T$  di 10 °C ciò significa la circolazione di 0,25 m<sup>3</sup>/h mentre le pompe più piccole hanno portate di massima efficienza nel campo 1,0...2,0 m<sup>3</sup>/h.

Quando si vogliono utilizzare le valvole termostatiche senza dover ricorrere a tecniche come la miscelazione e si vogliono anche ottimizzare i consumi elettrici, occorre anzitutto affinare la tecnica di dimensionamento dei circuiti.

Occorrerà quindi almeno:

- dimensionare il circuito per le condizioni di potenza massima (condizione di funzionamento limitata ad alcune ore all'anno od alle accensioni da freddo/riprese da intermittenza);
- scegliere la modalità di regolazione in modo che, al ridursi della potenza (condizione di normale funzionamento) fino ad annullarsi, il funzionamento del circuito sia sempre corretto, in particolare che la prevalenza ai capi delle valvole termostatiche non sia mai eccessiva;
- verificare, in particolare, la condizione limite di potenza prelevata nulla.

Questo concetto è assai generale. Spesso nella progettazione ci si preoccupa molto

(giustamente) delle condizioni di carico massimo di un impianto. Per non avere sorprese, occorre però anche preoccuparsi (prima che succedano i guai) di verificare la compatibilità reciproca di componenti con:

- condizioni di carico ridotto o nullo;
- eventuali commutazioni o transitori fra diversi stati di possibile funzionamento.

**La maggior parte dei problemi degli impianti nasce infatti in queste due ultime condizioni, troppo spesso trascurate nelle fasi di progettazione, realizzazione e messa in servizio.**

Questo vale in particolare per gli impianti a condensazione per i quali occorre verificare la compatibilità funzionale di generatori, valvole termostatiche, pompe di circolazione, sistemi di regolazione e tipologia di circuiti idraulici.

#### **4.4 Dimensionamento della portata**

Per la scelta della pompa occorre determinare la massima e minima portata prevedibile.

La portata al punto di lavoro massimo si ottiene come somma delle portate massime richieste dai singoli corpi scaldanti. Per ciascun corpo scaldante, la portata massima è quella necessaria a fornire la potenza massima di progetto con il  $\Delta T$  nominale di

progetto. Occorre sommare tutte le portate così calcolate dei corpi scaldanti alimentati dalla medesima pompa.

La portata minima, nel caso di valvole termostatiche è nulla: nella mezza stagione, in giornate soleggiate, le valvole possono chiudersi completamente. Se non ci sono ragioni particolari non ha senso consentire una minima portata attraverso un by-pass. Si assume quindi come portata minima zero.

#### **4.5 Scelta e ripartizione della prevalenza**

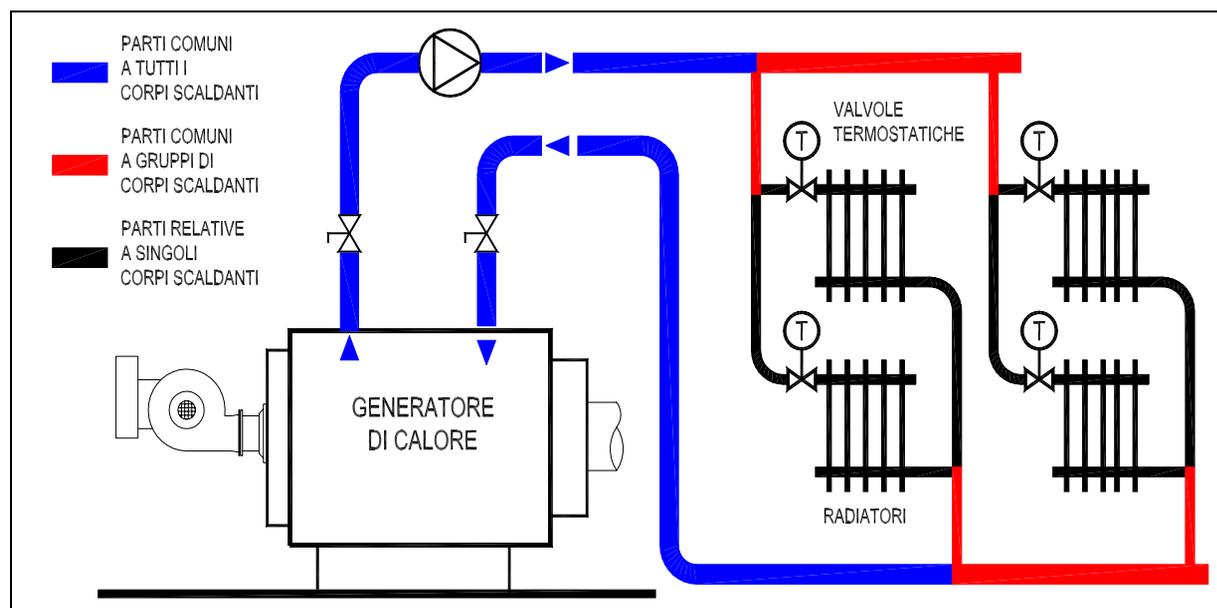
Occorre determinare due valori:

- la prevalenza richiesta alla massima portata;
- la prevalenza massima a portata nulla (o minima).

Per calcolare correttamente questi valori occorre però fare alcune considerazioni preliminari.

Occorre innanzitutto ripartire razionalmente nell'impianto la prevalenza resa disponibile dalla pompa.

In generale, la rete di distribuzione di un impianto con valvole termostatiche (con valvole di zona valgono considerazioni molto simili) può essere suddivisa in tre parti, evidenziate nella figura alla pagina seguente.



*Suddivisione di un impianto di riscaldamento ai fini della ripartizione della prevalenza disponibile*

A) Tratti controllati dalle singole valvole termostatiche (corpi scaldanti), riportati in nero in figura. A questi tratti va attribuita una prevalenza minima, solitamente quella sufficiente per la circolazione della portata prevista nel corpo scaldante più potente con il  $\Delta T$  (errore di temperatura) massimo ammissibile sulla temperatura ambiente ("banda proporzionale" scelta). Occorre conservare un po' di margine e non utilizzare tutta la massima pressione differenziale sopportabile dalla valvola termostatica perché occorre assorbire le differenze di perdita di carico fra i diversi rami dell'impianto di distribuzione perché è inevitabile che in condizioni di funzionamento intermedie la prevalenza disponibile aumenti un po'. Le resistenze aggiuntive di pertinenza del singolo tratto controllato dalla valvola termostatica (ad esempio, tubazioni dal corpo scaldante alla cassetta con collettore di zona) dovranno essere ridotte al minimo. Indicativamente non si dovrà superare il 20 % della prevalenza riservata alla valvola ed il 10% della pressione differenziale massima ammissibile. Per esempio, con valvole

aventi una pressione differenziale limite per funzionamento rumoroso di 3 m c.a., si dovrebbe scegliere una perdita di carico non superiore a 0,3 m c.a. per questi tratti. Se è stato attribuito 1 m c.a. per il funzionamento delle valvole sarà bene non superare neanche 0,2 m c.a., che diventa quindi il criterio più restrittivo.

B) Tratti a portata variabile comuni a gruppi di valvole (collettori di zona e collegamenti al collettore primario, colonne montanti, derivazione di zona, ecc.), riportati in rosso in figura. Questi tratti devono avere una perdita di carico trascurabile per evitare di sbilanciare eccessivamente l'impianto. Il loro contributo va infatti ad influire esclusivamente sui corpi scaldanti da essi alimentati.

La perdita di carico ammissibile in questi tratti non dovrebbe quindi superare il 30% della perdita di carico dei tratti terminali ed, in ogni caso, non superiore al 50% del margine esistente fra la pressione differenziale massima sopportabile dalle valvole (limite di rumorosità) e la prevalenza a loro riservata.

La perdita di carico di questi tratti va comunque sempre minimizzata in quanto contribuiscono allo sbilanciamento dell'impianto e possono provocare rumorosità transitorie in caso di utilizzo diverso dei locali.

C) Tratti comuni a tutto l'impianto (generatore, contocalorie di centrale, ecc.), riportati in blu in figura. La perdita di carico variabile di questi tratti può essere ben compensata con la curva di regolazione della pompa dell'impianto. Tuttavia è buona norma non eccedere in perdita di carico e non superare i 2 metri di c.a. in questi tratti per evitare difficoltà di regolazione della curva della pompa. Con generatori aventi elevate perdite di carico può essere necessario l'inserimento di un compensatore idraulico e la separazione del circuito di caldaia dal resto dell'impianto.

Se questa ripartizione è effettuata razionalmente, allora la prevalenza richiesta dalla pompa è data:

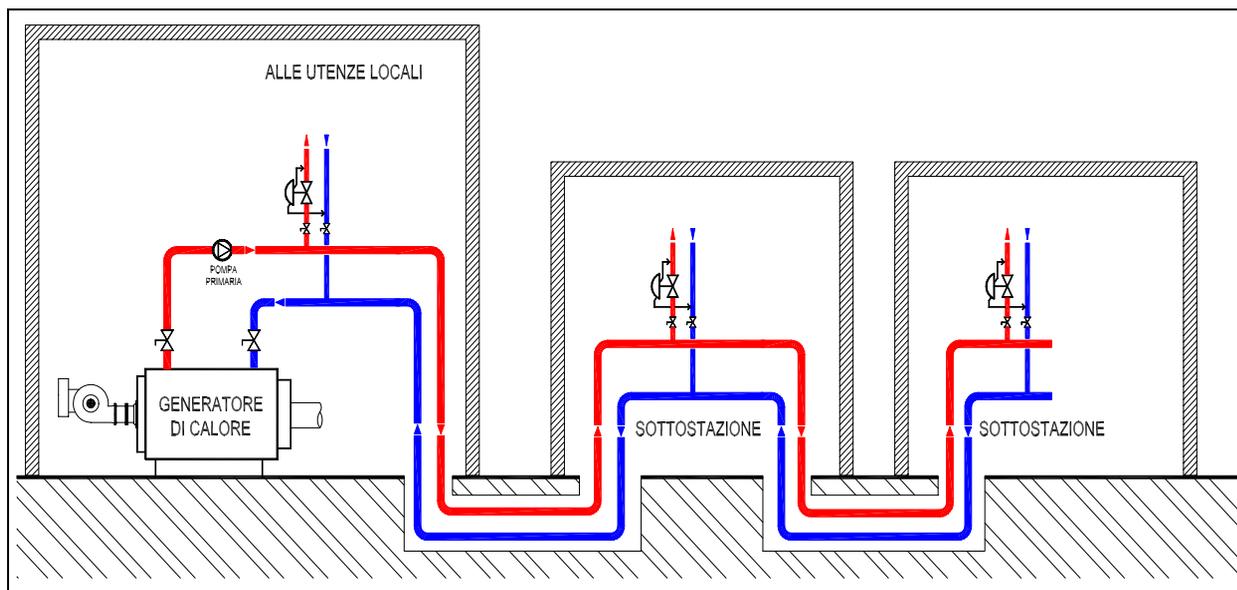
- alla portata minima (nulla), dalla prevalenza richiesta dalle valvole termostatiche;
- alla portata massima, dalla somma delle tre perdite di carico sopra determinate.

Nessun impianto può funzionare correttamente, senza dispositivi aggiuntivi (come regolatori di pressione differenziale), se non viene rispettata la suddivisione delle prevalenze sopra indicata.

Nel caso degli impianti esistenti, di solito non ci sono particolari difficoltà, in quanto:

- le valvole termostatiche sono di nuova installazione, essendo la stragrande maggioranza degli impianti esistenti privi di questo necessario ed utilissimo dispositivo di regolazione;
- tranne rari casi, portate e perdite di carico della rete di distribuzione venivano calcolate in passato con  $\Delta T$  10 °C, per cui le sue perdite di carico con  $\Delta T$  20 °C si riducono ad un quarto e tendono a diventare trascurabili: la rete di distribuzione si comporta quasi come un enorme collettore! Anche se la perdita di carico di progetto della rete originale era di 3 m c.a., avendo dimezzato le portate in circolazione la perdita di carico della rete diventa di 0,75 m c.a.
- i generatori di calore sono oggetto di sostituzione e comunque la perdita di carico dei vecchi generatori tradizionali è trascurabile;
- la pompa di circolazione deve essere obbligatoriamente sostituita con altra a giri variabili (od accuratamente verificata se già di tipo elettronico) in caso di installazione di valvole termostatiche.

Nei pochi casi particolari in cui siano possibili elevati sbilanciamenti, dovuti ai diversi percorsi nella rete di distribuzione (ad esempio teleriscaldamento di un gruppo di edifici), occorrerà introdurre dei dispositivi di regolazione della prevalenza in punti specifici dell'impianto (ad esempio alla derivazione verso i singoli edifici). Questi regolatori dovranno essere del tipo a due vie, cioè un regolatore della differenza di pressione a valle come indicato nello schema. Dispositivi a tre vie vanno evitati per le medesime ragioni prima riportate.



*Bilanciamento di una rete estesa mediante regolatori di pressione differenziale in ogni singola derivazione*

In questo caso occorrerà tener conto della quota di perdita di carico per il funzionamento dei regolatori di pressione delle derivazioni.



*Alcuni modelli di regolatori di pressione differenziale*

#### 4.5.1 Scelta della pompa

Una volta individuato il punto di progetto a portata massima si sceglierà la pompa la cui caratteristica passi per quel punto. Si dovrà verificare che la prevalenza a portata nulla sia

inferiore alla massima pressione differenziale sopportabile dalla valvola termostatica.

#### 4.5.2 Impianti a zone

Il criterio di dimensionamento sopra esposto è naturalmente applicabile anche agli impianti a zone, in alternativa all'utilizzo di valvole a tre vie, che presenta gli svantaggi già evidenziati.

#### 4.6 Riassunto

La scelta della pompa è un aspetto delicato. **Solitamente si tende ad installare pompe di dimensione esagerata.**

**Le pompe a pressione proporzionale sono quelle più idonee per i circuiti con valvole termostatiche.**

Le perdite di carico devono essere controllate e correttamente distribuite.

Nel caso di impianti estesi o di elevate perdite di carico del generatore, possono essere necessari provvedimenti aggiuntivi come l'inserimento di valvole di bilanciamento o la separazione idraulica del circuito di generazione.

## 5 Uso della prerogolazione

### 5.1 Il problema dei transitori

Le considerazioni che abbiamo fatto finora valgono a regime, cioè quando l'impianto, esaurito il transitorio di accensione da freddo, si sia stabilizzato. Ciò può richiedere diverse ore. Cosa accade in questo periodo?

Ipotizziamo che un impianto, costituito da:

- un generatore avente potenza nominale di 120 kW;
- due gruppi di radiatori aventi potenza nominale complessiva dei radiatori di 100 kW, tutti dotati di valvole termostatiche;
- una rete di distribuzione ed una pompa calcolate per  $\Delta T$  20 °C;

parta da freddo, con temperatura ambiente di 12 °C (ad esempio, un edificio scolastico o ad uso uffici, alla ripresa dopo il week-end).

All'avviamento, le valvole termostatiche sono completamente aperte. Nei calcoli non si è però tenuto conto di questa condizione. Se si è scelta una banda proporzionale di 1 °C (la più frequente), vuol dire far lavorare le valvole già molto chiuse anche alla potenza massima erogabile dall'impianto. La portata dell'acqua all'avviamento, in assenza di provvedimenti specifici, si ripartisce quindi in proporzione alla resistenza delle valvole completamente aperte (perché il  $\Delta T$  fra temperatura ambiente desiderata e temperatura ambiente effettiva è molto maggiore di 1°C), di solito uguale per quasi tutti i radiatori. Vi sarà quindi, nella situazione specifica:

- un eccesso di portata nei radiatori più piccoli e più vicini alla pompa, che funzioneranno a potenza superiore al previsto;

- un grave difetto di portata nei radiatori più grandi e più lontani dalla pompa, che funzioneranno a potenza molto inferiore al previsto;

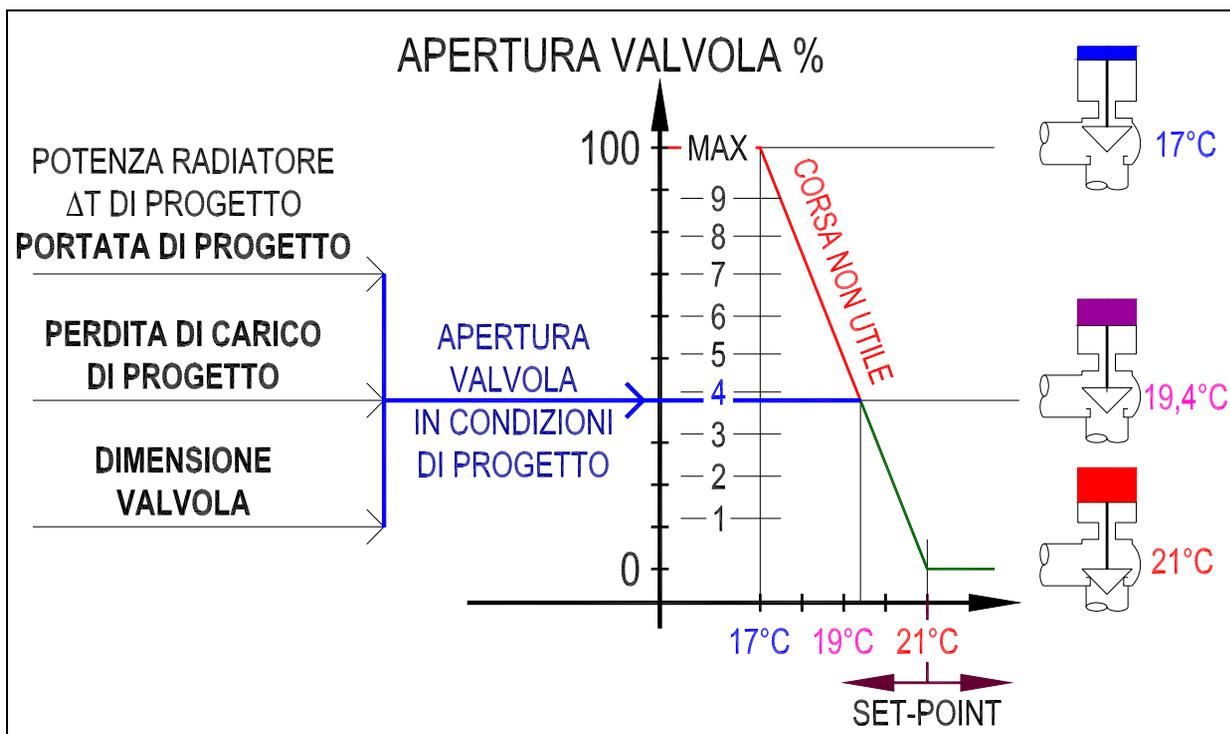
Inizialmente quindi, non solo l'impianto è fortemente sbilanciato ma la potenza che viene assorbita dai corpi scaldanti è minore di quella erogabile dal generatore e la temperatura di ritorno si alza per effetto del by-pass attraverso i radiatori più piccoli, per cui:

- diminuisce il rendimento proprio nell'avviamento da freddo, che dovrebbe consentire le più basse temperature dell'acqua di ritorno;
- diminuisce la potenza erogata dall'impianto proprio nell'avviamento da freddo, che richiederebbe la massima potenza possibile per accorciare il transitorio.

Per ovviare a questo inconveniente si può ricorrere alla prerogolazione delle valvole oppure all'uso dei detentori.

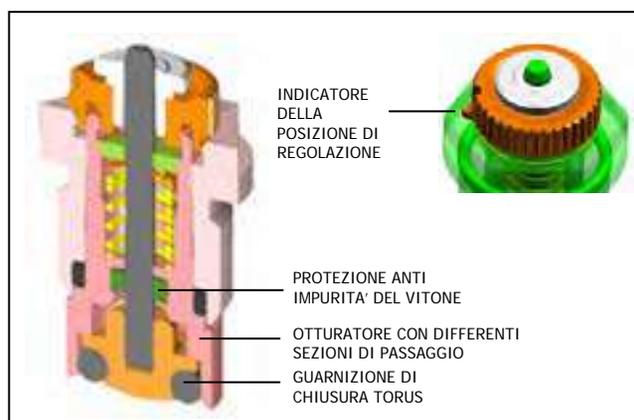
### 5.2 La prerogolazione delle valvole termostatiche

La prerogolazione delle valvole, resa disponibile da molti costruttori, consiste essenzialmente in una limitazione della corsa in apertura dell'otturatore della valvola. Si dovrà quindi impostare la prerogolazione della valvola in modo che la massima apertura consenta, con la prevalenza a disposizione della valvola stessa, la circolazione della portata di progetto.



*Significato della preregolazione*

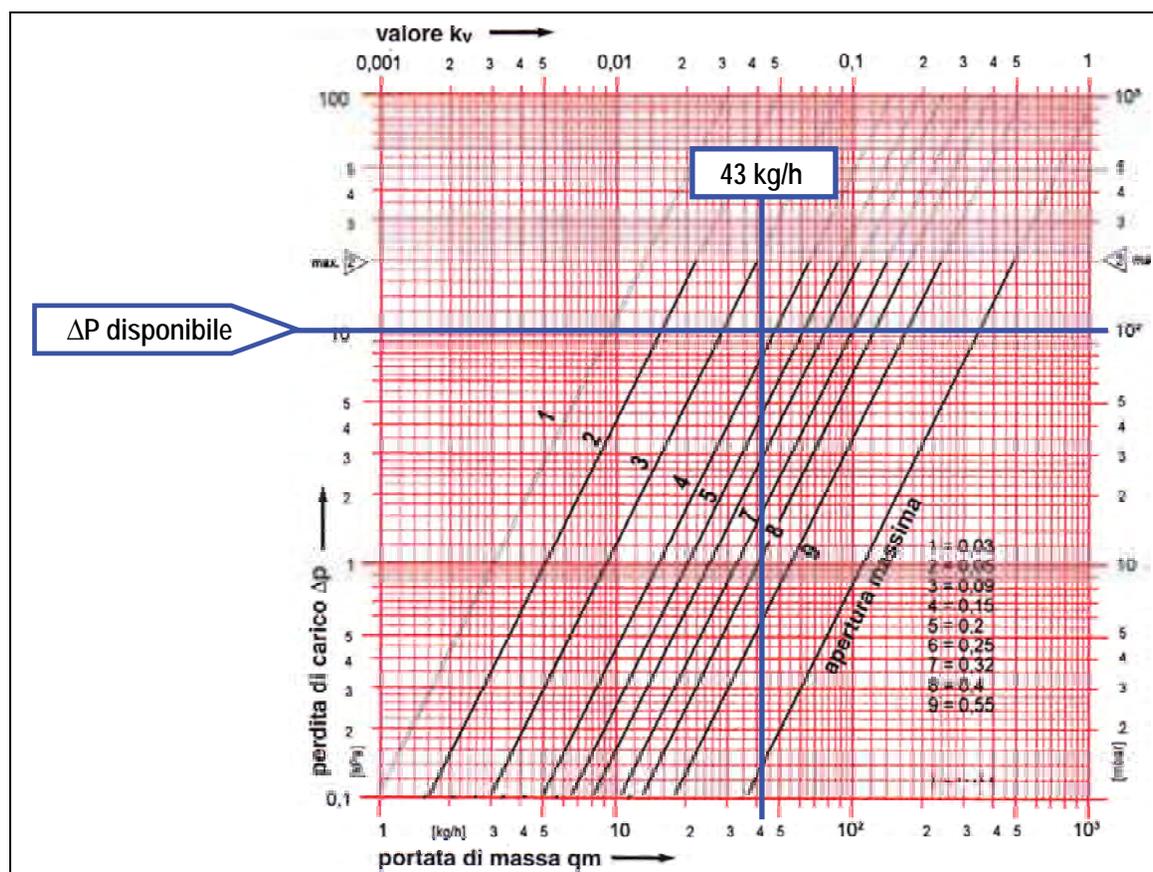
*In base alle condizioni di progetto si determina l'apertura della valvola necessaria affinché circoli la portata di progetto. La rimanente corsa dell'otturatore non ha alcuna utilità in quanto un aumento di portata oltre quella di progetto produce modesti aumenti della potenza del radiatore a fronte però dell'utilizzo di una portata tale da sbilanciare gravemente l'impianto*



*Corpo valvola con preregolazione e particolare di un otturatore preregolabile*

*La ghiera sul gruppo otturatore consente di limitare la corsa di apertura dell'otturatore*

I costruttori forniscono per questo delle caratteristiche portata/perdita di carico in funzione della posizione di preregolazione, identificata solitamente da un numero su una ghiera.



*Criterio di calcolo della prerogolazione:*

*Potenza 1 kW,  $\Delta T = 20\text{ }^\circ\text{C} \rightarrow$  Portata = 43 kg/h*

*$\Delta P$  disponibile = 1 m c.a  $\rightarrow$  Prerogolazione = 4*

### 5.3 Riassunto

Prerogolando correttamente l'impianto, alla partenza da freddo la portata si ripartisce subito correttamente, viene prelevata la massima potenza possibile dal generatore e la temperatura dell'impianto sale progressivamente ovunque.

La prerogolazione non deve essere necessariamente molto precisa in quanto si tratta un provvedimento finalizzato solo a superare i transitori di avviamento dell'impianto. Una volta a regime, il controllo è preso automaticamente dalle teste termostatiche

**La prerogolazione è una limitazione della corsa dell'otturatore della valvola termostatica che ha la finalità di superare i transitori di avviamento dell'impianto.**

Si determina semplicemente sulla base dei dati di progetto.

## 6 Uso della valvola termostatica per ridurre la temperatura di ritorno

Oltre a garantire la regolazione locale per locale ed il bilanciamento automatico dell'impianto, se opportunamente dimensionato, l'utilizzo corretto delle valvole termostatiche consente anche di progettare e regolare la temperatura dell'acqua di ritorno dall'impianto.

Analizziamo perciò cosa succede in una stanza riscaldata a regime.

Supponiamo che sia stato installato un radiatore da 1000 W nominali (riferiti ad un  $\Delta T$  fra radiatore ed ambiente di 50 °C) e che sia richiesta una potenza reale di 470 W. Come già sappiamo, se la temperatura ambiente è di 20 °C, affinché un radiatore da 1000 W eroghi solo 470 W è necessario che la sua temperatura media sia di 48 °C. A regime, quindi, la valvola termostatica si aprirà quel tanto che basta affinché la portata di acqua circolante sia tale da ottenere precisamente una temperatura media del radiatore di 48 °C. Se l'acqua in mandata arriva alla temperatura  $T_f$  53 °C, la temperatura di ritorno  $T_r$  che si stabilisce deve necessariamente essere tale da ottenere una temperatura media  $T_m$  di 48 °C. Dovrà quindi essere:

$$\frac{T_f + T_r}{2} = T_m \quad [^{\circ}\text{C}] \quad [1]$$

Da cui si ricava facilmente, in successione:

$$T_f + T_r = 2 \cdot T_m \quad [^{\circ}\text{C}] \quad [2]$$

$$T_r = 2 \cdot T_m - T_f = T_m - T_f + T_m \quad [^{\circ}\text{C}] \quad [3]$$

$$T_r = T_m - (T_f - T_m) = 48 - (53 - 48) = 43 \text{ } ^{\circ}\text{C} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad [4]$$

che dice che la temperatura di ritorno  $T_r$  è data dalla differenza fra la temperatura media  $T_m$  (48°C) e la differenza fra temperatura di mandata  $T_f$  (53 °C) e temperatura media (48°C). È immediato ricavare  $T_r = 43$  °C.

Analogamente si ricavano anche le formule:

$$T_f = T_m + (T_m - T_r) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad [5]$$

$$T_f - T_m = T_m - T_r \quad [^{\circ}\text{C}] \quad [6]$$

In altre parole, le formule 4 e 6 ci dicono che se la temperatura media deve essere costante (48 °C), devono essere uguali fra loro (sono pari a 5°C nell'esempio) le differenze fra:

- la temperatura di mandata  $T_f$  (53°C) e la temperatura media  $T_m$  (48 °C).
- la temperatura media  $T_m$  (48 °C) e la temperatura di ritorno  $T_r$  (43 °C).

Da questi dati è pure immediato calcolare la portata di acqua  $Q$  che circola a regime nel radiatore:

$$Q = \frac{P}{c_p \cdot \Delta T} = \frac{470\text{W}}{4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 10^{\circ}\text{C}} \cdot \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} = 40,3 \text{ kg/h} \quad [\text{kg/h}] \quad [7]$$

dove

$P$  [W] è la potenza erogata dal radiatore

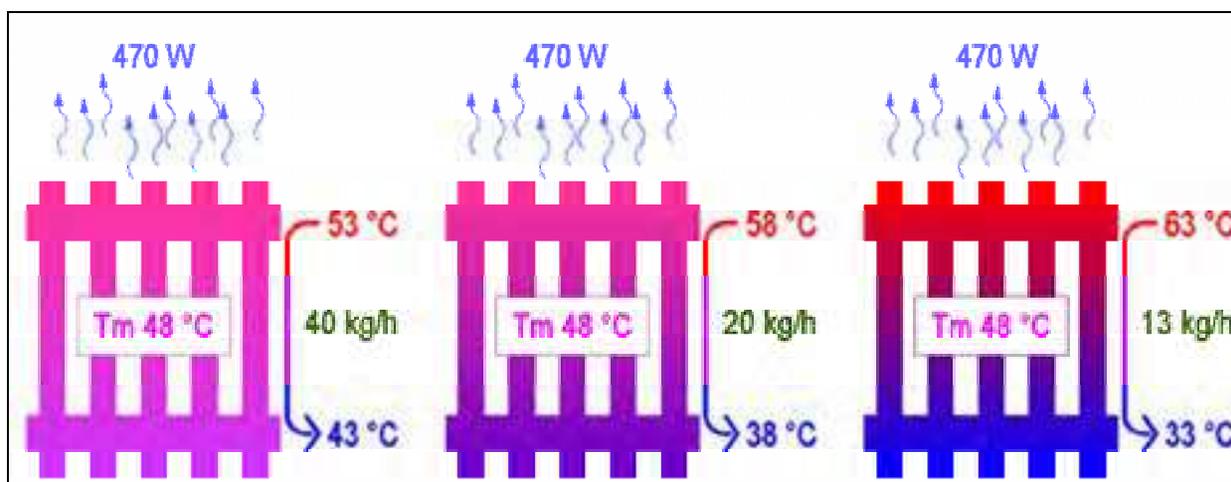
$\Delta T$  [°C] è la differenza di temperatura fra mandata e ritorno del radiatore

$c_p$  [J/kg·°C] è il calore specifico dell'acqua

Se ora si aumenta la temperatura di mandata  $T_f$ , poiché la media deve rimanere invariata, deve necessariamente abbassarsi di altrettanto la temperatura di ritorno  $T_r$ . In prima approssimazione, ad ogni grado di incremento della temperatura di mandata  $T_f$  deve corrispondere un grado di diminuzione della temperatura di ritorno  $T_r$  affinché la temperatura media  $T_m$  rimanga invariata. Ciò traduce il fatto (non immediatamente

intuitivo) che, aumentando la temperatura di mandata  $T_r$ , la valvola deve chiudersi, la portata d'acqua deve diminuire ed il salto termico nel corpo scaldante deve aumentare finché l'acqua esca più fredda, cioè si riduca  $T_r$ , in modo che restino invariate la temperatura media e la potenza erogata dal radiatore. Aumentando l'emissione della prima parte del corpo scaldante (dalla mandata alla temperatura media) deve ridursi l'emissione della seconda parte (dalla temperatura media all'uscita). Dovendo ridursi l'emissione della seconda metà del corpo scaldante, poiché la temperatura media è sempre la stessa, dovrà necessariamente ridursi la temperatura di ritorno (ovvero di uscita).

**In generale, se ne conclude che, in un impianto dotato di valvole termostatiche, quando queste stanno effettivamente regolando la temperatura ambiente, si può diminuire la temperatura di ritorno dei corpi scaldanti semplicemente aumentando la temperatura di mandata, cioè provocando un aumento del  $\Delta T$  medio nei radiatori. Contemporaneamente si provoca la riduzione della portata in circolazione perché deve rimanere costante la potenza erogata dall'impianto.**



*Illustrazione dell'uso delle valvole termostatiche per regolare la temperatura di ritorno*

*La potenza richiesta dall'ambiente sia di 470 W. Il radiatore da 1000 W deve avere la temperatura media pari a 48 °C affinché eroghi proprio 470 W.*

*Se la temperatura di mandata dell'impianto è di 53°C, la valvola termostatica stabilizzerà la situazione rappresentata a sinistra. Se ora si aumenta la temperatura di mandata, la valvola termostatica reagirà in modo da mantenere invariata la potenza erogata, cioè la temperatura media. Dovrà allora necessariamente ridursi la temperatura di ritorno, aumentando il salto termico. In parole povere, ogni volta che si surriscalda di 5°C la metà superiore del radiatore, la metà inferiore si dovrà raffreddare di 5°C perché rimanga invariata la temperatura media del radiatore.*

Negli impianti dotati di sola regolazione centrale climatica o di termostati di zona (privi di valvole termostatiche, quindi a portata d'acqua costante negli emettitori), aumentando la temperatura di mandata

aumenta anche la potenza complessiva emessa da corpi scaldanti. In presenza di valvole termostatiche, invece, l'aumento della temperatura di mandata non può provocare variazioni di potenza complessiva emessa dai

corpi scaldanti ma solo la diminuzione della temperatura di ritorno e la riduzione della portata d'acqua in circolazione nell'impianto.

**Non ha senso quindi, in presenza di valvole termostatiche, effettuare l'attenuazione notturna della temperatura di mandata: si provocherebbe solo l'aumento della temperatura di ritorno e della portata d'acqua in circolazione, cioè la diminuzione del rendimento del generatore e l'aumento dei consumi elettrici!**

**In presenza di valvole termostatiche, la modulazione della temperatura di mandata va invece utilizzata per controllare la temperatura di ritorno e la portata d'acqua in circolazione nell'impianto in funzione della potenza termica prevedibilmente richiesta dall'impianto.**

In linea di principio potrebbe sembrare che convenga aumentare senz'altro la temperatura di mandata: più alta è la temperatura di mandata, più bassa sarà la temperatura di ritorno e minore sarà la portata d'acqua in circolazione. In realtà conviene limitarsi all'ottenimento di temperature di ritorno di 25 °C e non aumentare eccessivamente la temperatura di mandata in quanto:

- aumenterebbero le perdite termiche delle tubazioni di mandata;
- si costringerebbe il generatore a funzionare con  $\Delta T$  elevatissimi, che potrebbero essere difficilmente compatibili con la marcia regolare dei generatori di calore delle tipologie attualmente più diffuse;
- si sfrutterebbero male i radiatori, che alla fine sarebbero completamente freddi nella parte bassa;

- in presenza di contabilizzazione con ripartitori si provocherebbe un degrado della precisione di conteggio del calore emesso dal radiatore.

Si dovrà quindi impostare la curva della regolazione centrale climatica in modo da ottenere, a regime, temperature di ritorno comprese fra 25 e 30 °C. Se i ritorni risultassero troppo caldi, occorrerà aumentare la temperatura di mandata, e viceversa.

In linea di principio, è vero che si potrebbe ridurre la temperatura di ritorno anche di un impianto dotato di sola regolazione climatica centrale e senza valvole termostatiche alzando la temperatura di mandata e riducendo la portata (ad esempio riducendo la velocità della pompa di circolazione).

Se si provasse questa soluzione, a parte considerazioni sul mancato recupero degli apporti gratuiti (ottenibile solo con l'uso delle valvole termostatiche), si provocherebbero inevitabilmente forti sbilanciamenti degli impianti.

Ciò perché su nessun impianto vengono tarati i detentori. Il bilanciamento negli impianti attuali è affidato alla mera distribuzione degli elementi dei corpi scaldanti e forzando portate elevatissime di acqua in circolazione, in modo che anche l'elemento più sfavorito riceva una portata sufficiente a mantenerne la temperatura media prossima a quella di mandata. Tutti i corpi scaldanti vanno quindi alla medesima temperatura, con  $\Delta T$  minimi (tipicamente 3...5 °C), e la ripartizione delle potenze fra i locali è determinato dalla distribuzione delle superfici scaldanti. Se si riducesse la prevalenza del circolatore, si avrebbe l'immediato crollo delle portate in circolazione nei rami più sfavoriti, ove la potenza erogata scenderebbe più rapidamente perché si abbasserebbe la temperatura media dei corpi scaldanti sfavoriti e l'impianto si sbilancerebbe gravemente.

## 7 Tipologie e caratteristiche dinamiche delle valvole termostatiche

### 7.1 Classificazione in base al sensore

Una prima classificazione possibile si basa sul principio di funzionamento del sensore.

- Sensore a dilatazione di cera. Il sensore è costituito da un involucro rigido riempito di cera. Con l'aumento della temperatura la cera si dilata e spinge l'otturatore in chiusura vincendo la resistenza di una molla di precarica. Sono le valvole più economiche e sono caratterizzate dai tempi di risposta più lunghi (molte decine di minuti) in quanto occorre che tutta la cera si riscaldi per pura conduzione per raggiungere la posizione di equilibrio.
- Sensore a dilatazione di liquido. Il sensore è costituito da un involucro rigido riempito con un liquido, solitamente alcool, acetone o miscele di liquidi organici simili a quelli in uso nei termometri. Con l'aumento della temperatura il liquido si dilata e spinge l'otturatore in chiusura vincendo la resistenza di una molla di precarica.



*Testa termostatica con sensore a cera*



*Testa termostatica con sensore a liquido*

### 7.2 Tempo di risposta

Si tratta della caratteristica funzionale qualificante della testina termostatica, cioè della parte della valvola destinata alla misura della temperatura ambiente ed al conseguente intervento di correzione mediante riposizionamento dell'otturatore per modificare la portata dell'acqua.

Il tempo di risposta è dichiarato dal costruttore della valvola nella

documentazione tecnica. Valori comuni vanno da diverse decine di minuti per valvole a cera od a liquido ad alcuni minuti per valvole a basso contenuto di liquido

Valvole molto rapide consentono di progettare l'impianto con banda proporzionale della valvola termostatica di 1°C o meno (fino a 0,5 °C), ottenendo così regolazioni più precise.

### 7.3 Massima pressione differenziale ammissibile

Si tratta di una caratteristica importante del complesso sede/otturatore della valvola, cioè della parte della valvola destinata al controllo del flusso d'acqua che circola nel radiatore.

Elevate pressioni differenziali provocano una forte accelerazione dell'acqua nel passaggio attraverso l'otturatore, quindi la dissipazione (a valle) di molta energia meccanica sotto forma di vortici quindi, inevitabilmente, l'emissione di rumori. È possibile assorbire anche elevate pressioni differenziali senza produrre rumorosità fastidiosa ma ciò comporta una progettazione specifica della sede, dell'otturatore e della struttura della valvola, complicando notevolmente la realizzazione, con i costi conseguenti.

Alcuni costruttori riportano sui diagrammi portata/perdita di carico delle valvole anche delle curve di rumorosità. In alternativa od in aggiunta, più semplicemente forniscono la massima pressione differenziale per la quale è garantito il funzionamento "silenzioso" (cioè con rumore non fastidioso) della valvola.

Questo valore deve essere il più elevato possibile perché occorre con esso:

- ricavare la prevalenza necessaria per il funzionamento della valvola (passaggio della massima portata d'acqua prevista con una banda proporzionale ammissibile);
- lasciare un adeguato margine per assorbire gli eventuali sbilanciamenti ed imprecisioni di progettazione e regolazione dei circuiti.

Sulla base della procedura di progettazione esposta in precedenza, è chiaro che questo valore:

- condiziona la scelta della valvola;
- condiziona la progettazione dell'impianto dal punto di vista idraulico;
- costituisce un elemento importante della qualità del sistema.

Valori comuni della massima pressione differenziale ammissibile sono dell'ordine di 2-3 m c.a. (200-300 mbar). Esistono esecuzioni speciali in grado di garantire un funzionamento silenzioso con pressioni differenziali fino ad 1 bar (10 m c.a.).

### 7.4 Limiti di temperatura e protezione contro le manomissioni

In quasi tutte le valvole termostatiche sono disponibili dei dispositivi per limitare le possibilità di impostazione e/o modifica della temperatura da parte dell'utente. Si tratta solitamente di cavalieri da inserire per limitare la corsa della ghiera di impostazione della temperatura desiderata.

Occorre sempre ricordarsi che la limitazione deve essere posta a temperatura leggermente superiore a quella effettivamente desiderata in quanto:

- è sempre necessaria una differenza di temperatura fra quella impostata e quella reale per consentire la circolazione dell'acqua nel radiatore; questo margine coincide con la banda proporzionale di progetto della valvola, solitamente 0,5...1,0 °C;
- occorre prevedere una tolleranza per eventuali variazioni delle caratteristiche di comportamento da valvola a valvola od in conseguenza dell'installazione.

Valori comuni del margine da lasciare verso l'alto sono di 1...2 °C (limitazione della corsa della ghiera a 21-22 °C).

È opportuno limitare la corsa della ghiera di regolazione anche verso il basso, per evitare l'impostazione di temperature troppo basse, soprattutto nei locali confinanti con altri appartenenti ad unità immobiliari diverse ed in assenza di un buon isolamento delle pareti divisorie fra unità immobiliari diverse. Una limitazione attorno ai 16 °C è in questo caso opportuna per contenere gli scambi (o "furti")

di calore fra unità immobiliari diverse e/o evitare situazioni di comfort sensibilmente ridotto.

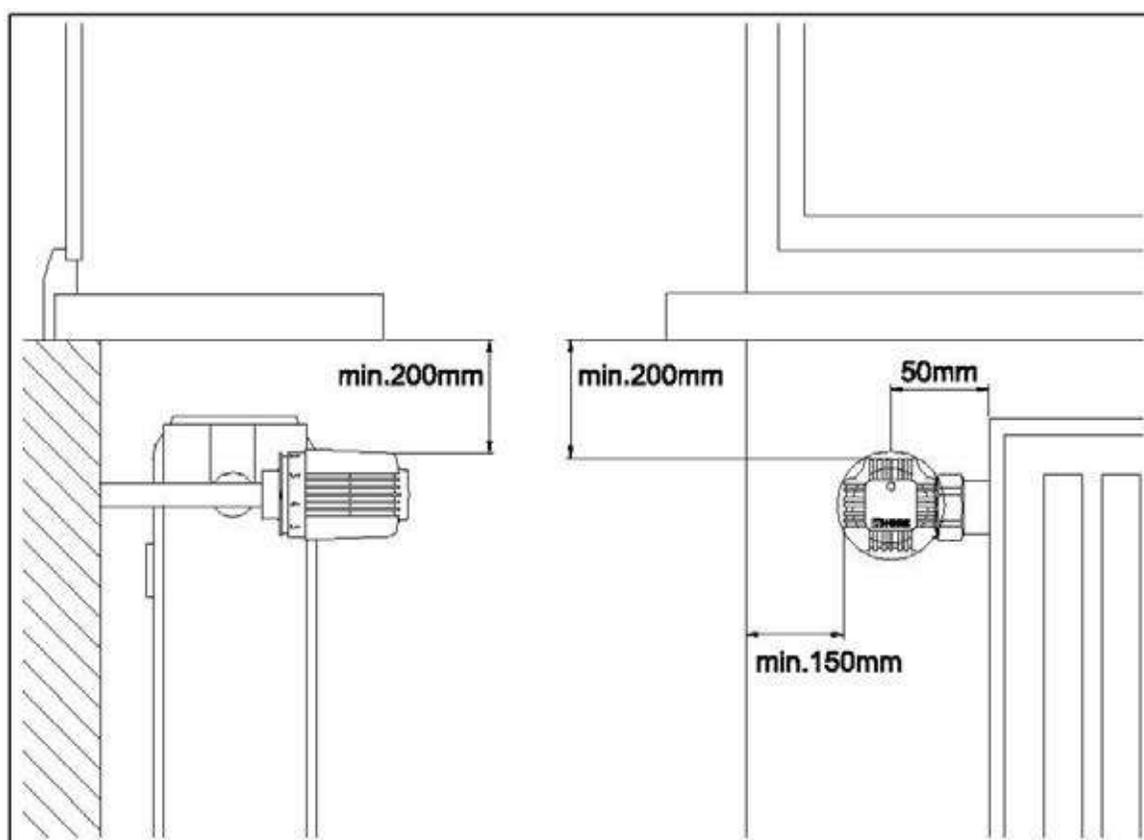
### 7.5 Installazione delle valvole termostatiche

Nell'installazione delle valvole termostatiche occorre prestare attenzione ad alcuni dettagli.

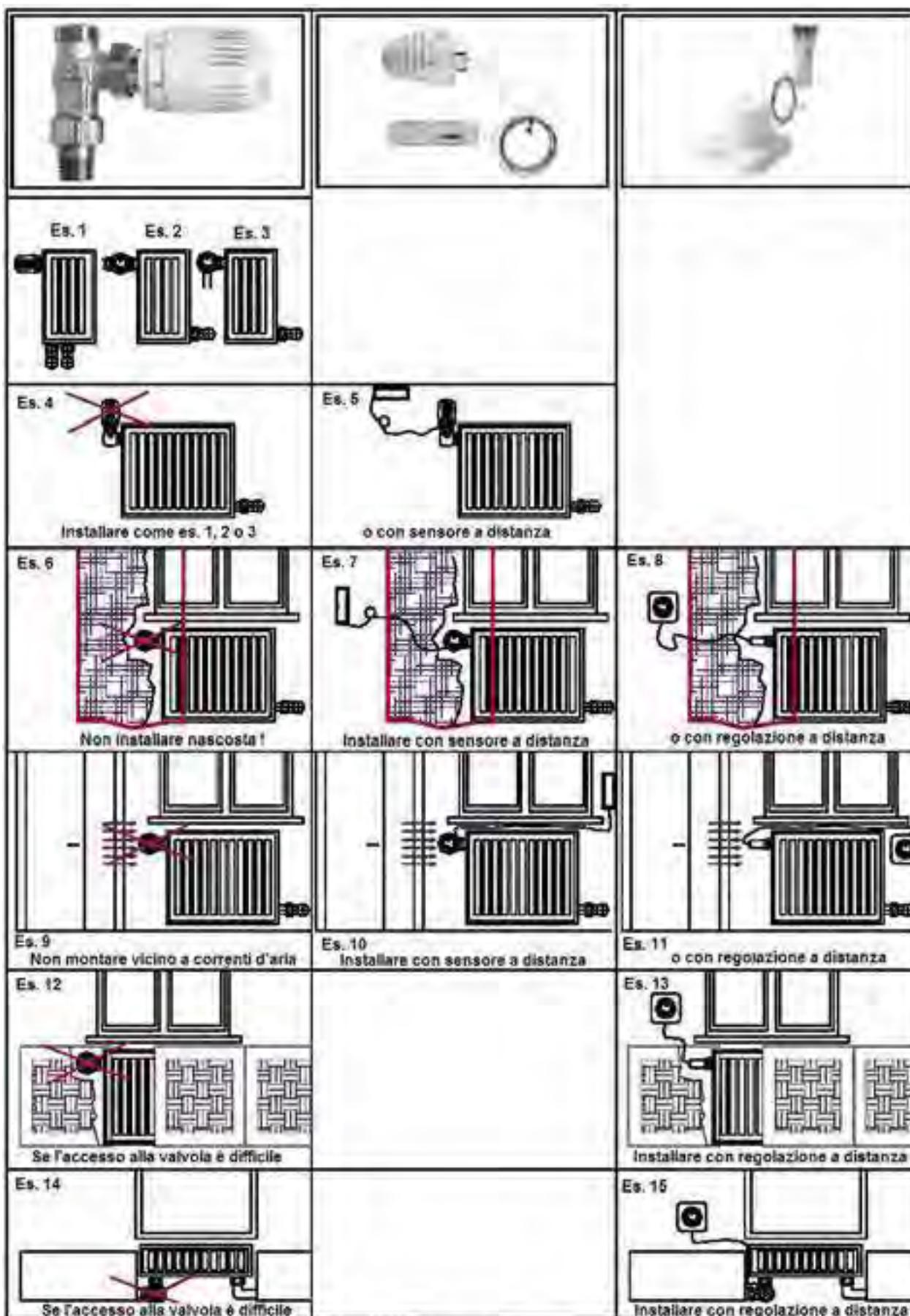
La testina deve "sentire" la temperatura ambiente della stanza. Ogni ostacolo quale tende, sporgenze, mensole, aumentano significativamente la temperatura in prossimità della testina. Ciò comporta la chiusura prematura della valvola rispetto alla

temperatura impostata ed una minore temperatura ambiente.

In tutti i casi in cui la testina termostatica non sia correttamente esposta e/o la presenza inevitabile di schermature provochi alterazioni della temperatura in prossimità della valvola, occorre utilizzare specifici corpi valvola con testina remota. Nella loro installazione occorrerà prestare attenzione alla protezione meccanica del capillare (che collega la testina/sensore al corpo valvola) al fine di evitarne il danneggiamento.



*Distanze minime di rispetto*



Corretto posizionamento delle teste termostatiche

*Regole di corretta installazione delle valvole termostatiche*

## 8 I vantaggi nell'uso di valvole termostatiche di buona qualità

Non ha senso parlare di qualità per un impianto di climatizzazione (estiva e/o invernale) se esso non consente di regolare la temperatura ambiente stanza per stanza e di poterla mantenere nel tempo. Variazioni di temperatura ambiente sono dannose per la salute e comportano fenomeni fastidiosi alle pareti esterne in fase di raffreddamento, quando sono accompagnati (quasi sempre) da fenomeni di condensa (per abbassamento della temperatura), formazione di muffe e cattivi odori. Il sistema migliore per ottenere una corretta regolazione, allo stato attuale della tecnica, è l'impiego di valvole termostatiche di buona qualità per il controllo della temperatura di ciascun locale riscaldato.

Analogamente, non ha senso parlare di risparmio energetico e di impianti a condensazione senza l'impiego di valvole termostatiche (o di altri dispositivi funzionalmente equivalenti) almeno per le seguenti ragioni:

1. Le valvole termostatiche consentono di ottenere e stabilizzare in ciascun locale, indipendentemente dagli altri, la

temperatura ottimale per il comfort, anche quando per il locale venga nel tempo modificata la destinazione d'uso.

2. L'uso corretto delle valvole termostatiche consente controllare la temperatura di ritorno e sfruttare la condensazione anche nei vecchi impianti a radiatori, che acquisiscono caratteristiche di comfort paragonabili a quelle degli impianti a pannelli pur rimanendo funzionalmente più flessibili e più economici nella gestione, richiedendo una portata d'acqua molto bassa con risparmio di energia elettrica.
3. Le valvole termostatiche consentono di recuperare ogni tipo di apporto gratuito, sia di origine interna che esterna, con un ulteriore risparmio di combustibile.
4. Le valvole termostatiche garantiscono il bilanciamento continuo ed automatico dell'impianto di riscaldamento in maniera semplice e definitiva.

Per tutti questi motivi, non si capisce perché il loro impiego non sia ancora generalizzato e chiaramente prescritto.



## 9 Esempio applicativo: nuovo edificio con 4 unità immobiliari

Nel seguito si illustra il procedimento di dimensionamento di un nuovo impianto a zone.

Si suppone di avere una palazzina con 4 appartamenti disposti su due piani.

Il calcolo è riassunto nella seguente tabella:

		Cucina	Sala	Bagno 1	Bagno 2	Camera 1	Camera 2	Camera 3	Totale zona	Totale edificio
<b>Carico termico</b>	W	<b>700</b>	<b>1.200</b>	<b>350</b>	<b>500</b>	<b>800</b>	<b>1.100</b>	<b>900</b>	<b>5.550</b>	<b>22.200</b>
Temperatura media nominale	°C	70	<i>Determinazione della potenza di progetto dei corpi scaldanti per ottenere la temperatura media desiderata</i>							
<b>Temperatura media desiderata</b>	°C	<b>50</b>								
Esponente corpo scaldante		1,3								
Fattore di correzione		1,94								
Potenza nominale di progetto	W	1360	2331	680	971	1554	2137	1748	<b>10782</b>	<b>43128</b>
<b>Salto termico di progetto</b>	°C	<b>20</b>	<i>Determinazione delle portate sulla base del salto termico di progetto mandata ritorno desiderato</i>							
Temperatura di mandata di progetto	°C	60								
Temperatura di ritorno di progetto	°C	40								
Portata di progetto	l/h	30	52	15	22	34	47	39		
<b>Diametro interno tubo</b>	mm	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>		
Velocità dell'acqua	m/s	<b>0,11</b>	<b>0,18</b>	<b>0,05</b>	<b>0,08</b>	<b>0,12</b>	<b>0,17</b>	<b>0,14</b>		
Perdita di carico specifica	mm/m	2,50	6,50	0,80	1,60	3,20	5,50	4,00		
Lunghezza	m	15,00	20,00	12,00	18,00	25,00	22,00	24,00		
Perdita di carico totale	m c.a.	<b>0,04</b>	<b>0,13</b>	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>	<b>0,08</b>	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>		
<b>CALCOLO DISTRIBUZIONE FINALE</b>										
Perdita di carico termostatiche		m c.a.	<b>1,0</b>					m c.a.	1,00	
Perdite di carico tubazioni								m c.a.	0,13	
Perdita di carico valvola di zona	Kv	m³/h	<b>2,5</b>					m c.a.	0,09	
Perdita di carico contacalorie	Kv	m³/h	<b>1,6</b>					m c.a.	0,22	
<b>Perdita di carico totale zona</b>								<b>m c.a.</b>	<b>1,45</b>	
<b>CALCOLO ZONE</b>										
Portata di progetto	l/h								<b>239</b>	
<b>Diametro interno tubo</b>	mm								<b>22</b>	
Velocità dell'acqua	m/s								<b>0,17</b>	
Perdita di carico specifica	mm/m								5,5	
Lunghezza	m								10	
<b>Perdita di carico ramo</b>	m c.a.								0,06	
<b>Perdita di carico appartamento</b>	m c.a.								<b>1,50</b>	
<b>CALCOLO MONTANTI</b>										
Portata di progetto	l/h									<b>957</b>
<b>Diametro interno tubo</b>	mm									<b>32</b>
Velocità dell'acqua	m/s									<b>0,33</b>
Perdita di carico specifica	mm/m									5
Lunghezza	m									20
<b>Perdita di carico montanti</b>	m c.a.									0,10
<b>Perdita di carico impianto</b>	m c.a.									<b>1,60</b>

*Tabella riassuntiva del dimensionamento di una rete di distribuzione per 4 appartamenti*

La progettazione nel caso di un nuovo edificio parte dal calcolo del carico termico, ovvero della potenza massima richiesta per il riscaldamento di ciascun locale, riportate nella riga "Carico termico".

La prima decisione progettuale è la temperatura media della rete in condizioni di

progetto. In questo caso l'ipotesi è quella di dimensionare i radiatori e la rete per ottenere temperature di mandata e di ritorno di progetto 60/40 °C.

Poiché le potenze nominali dei radiatori sono riferite ad una temperatura media di 70 °C, per compensare l'abbassamento di temperatura occorre installare radiatori aventi

potenza nominale pari al carico termico moltiplicato per il fattore di correzione 1,94 (dato da  $[(70-20)/(50-20)]^{1,3}$ ).

Le potenze dei radiatori da installare sono riportate nella riga "Potenza nominale di progetto"

Il passo successivo è il calcolo delle portate per ogni radiatore. Il dato di progetto decisivo qui è il salto termico mandata ritorno, che si assume pari a 20 °C. Le portate risultanti sono riportate nella riga "portata di progetto". Si noti che le portate vanno calcolate in base al carico termico e non in base alla potenza nominale del radiatore. Come si può constatare, le portate risultanti sono molto modeste.

Per il calcolo delle perdite di carico della distribuzione finale (dai collettori di zona ai radiatori) si ipotizza di utilizzare ovunque tubo da 10/12 mm in rame. Come si può constatare, le perdite di carico sono molto modeste.

Tenuto conto della presenza di una valvola di zona, di un contacalorie e di un tratto di collegamento dal montante al collettore di zona realizzato con tubo avente diametro interno di 22 mm, la perdita di carico complessiva per ogni zona risulta di:

- 1 m c.a. a disposizione della valvola termostatica
- 0,45 m c.a. per le tubazioni e gli accessori della zona

Si noti che la prevalenza a disposizione delle valvole termostatiche non è uguale per tutte: le perdite di carico delle tubazioni finali sono comprese nell'intervallo 0,01...0,13 m c.a e per il calcolo della perdita di carico della zona (1,45 m c.a.) il calcolo è stato eseguito prendendo in considerazione il valore massimo (0,13 m c.a.). Ciò significa che in realtà, la prevalenza a disposizione delle valvole varierà da 1,00 m c.a. (sala) ad 1,12 m c.a. (bagno 1). L'errore che si commette è

comunque trascurabile: una differenza del 12% nella prevalenza si tradurrà in un errore del 6% nella portata del radiatore, perfettamente accettabile.

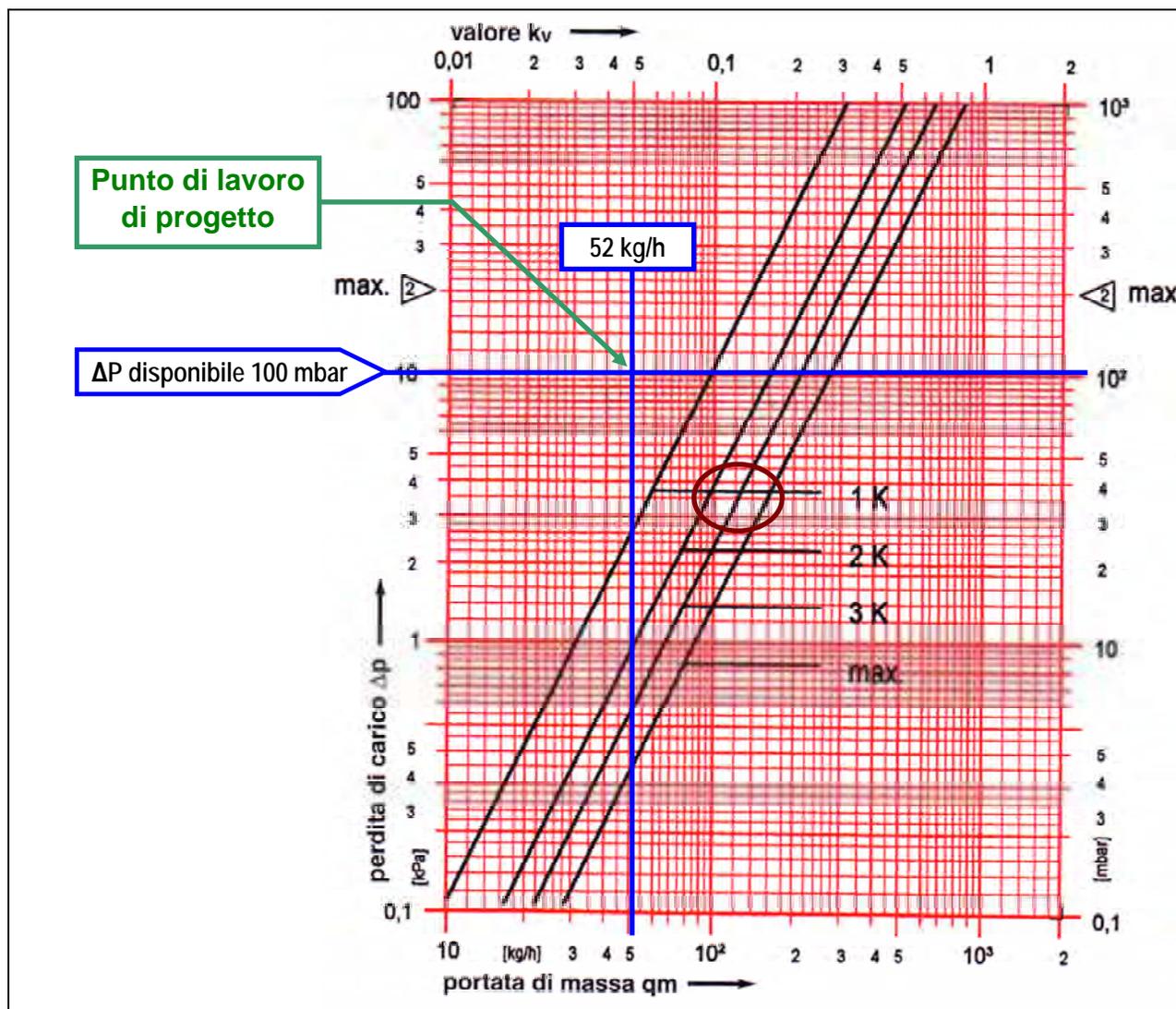
Proseguendo nel calcolo si giunge ad una perdita di carico di progetto totale dell'impianto pari a 1,6 m c.a. Resteranno da sommare le perdite di carico della caldaia e degli altri componenti in centrale termica. Anche sommando un paio di metri di colonna d'acqua, vista anche la portata di poco meno di 1000 litri/ora, è evidente che dovrà essere scelta una pompa di taglia molto piccola.

Per il dimensionamento delle valvole è ovvio che dovranno essere tutte valvole da 3/8.

Il grafico della valvola termostatica da 3/8 è riportato nella figura seguente con riportati i valori di dimensionamento relativi al radiatore più grande, quello della sala. E' evidente che il punto di lavoro è ben a sinistra della curva per la banda proporzionale di 1 K. Ciò significa che in alternativa:

- se si mantiene la prevalenza disponibile per le valvole pari ad 1 m c.a., la banda proporzionale sarà di circa 0,5 K
- si può ridurre la prevalenza disponibile alle valvole, portandola ad esempio a 0,5 m c.a.  
NOTA: si potrebbe ridurre anche ulteriormente fino a 0,3 m c.a. come risulterebbe dal grafico ma così facendo non sono più trascurabili gli sbilanciamenti dovuti alle diverse lunghezze delle tubazioni dal collettore ai singoli radiatori.

Nel seguito si ipotizza di mantenere la prevalenza disponibile pari ad 1 m c.a. Il comportamento effettivo dell'impianto dipenderà però dalla reale taratura della pompa dell'impianto



Verifica del dimensionamento della valvola termostatica per il radiatore della sala

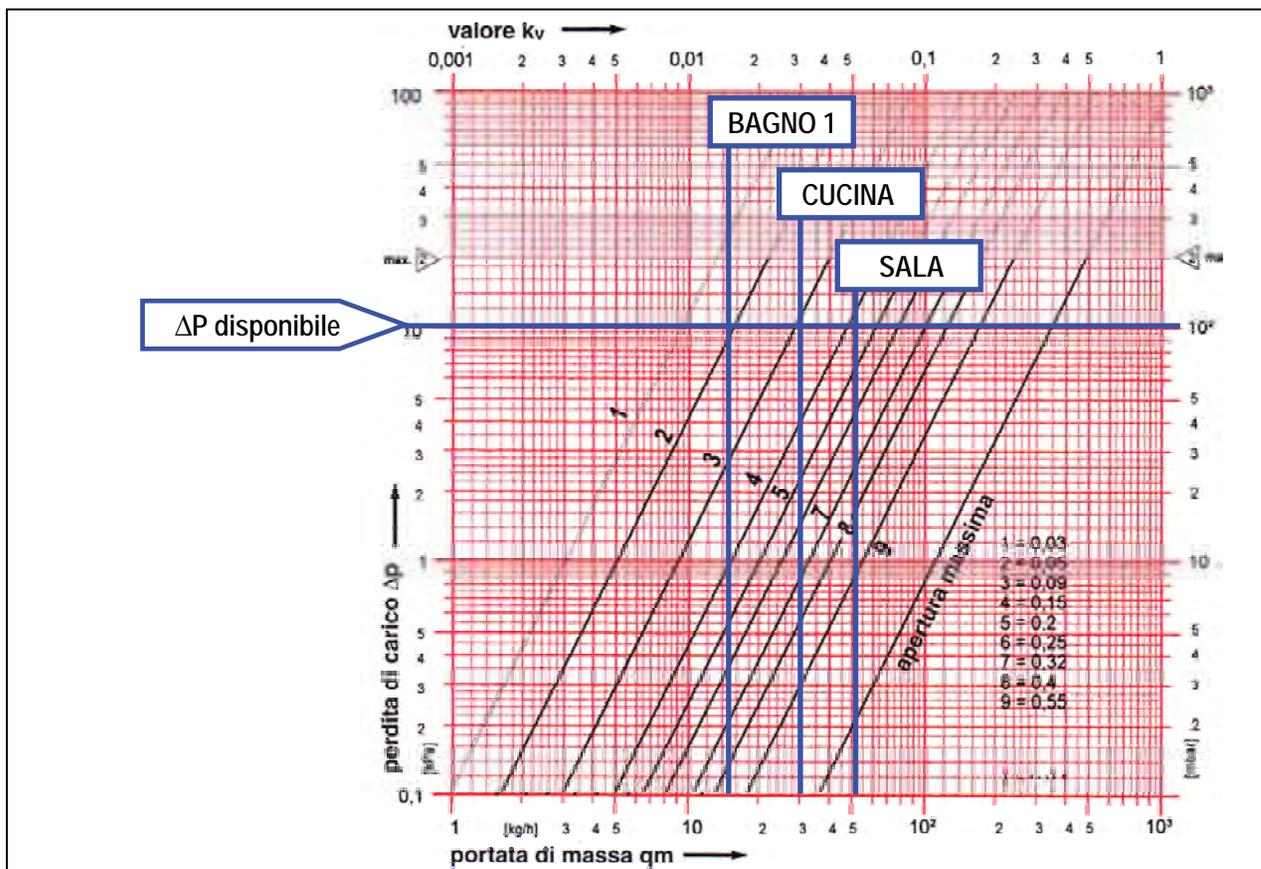
Rimane da determinare la preregolazione delle valvole. Per questo è sufficiente evidenziare sul grafico caratteristico della

valvola la linea della pressione disponibile e verificare l'incrocio con le linee delle portate di progetto. Si ottiene:

Cucina	Sala	Bagno 1	Bagno 2	Camera 1	Camera 2	Camera 3
4	5	2	3	4	5	4

Ipotizzando un perdita di carico disponibile di 0,5 m c.a, le tarature della preregolazione aumentano di 1 unità.

E' possibile anche aumentare di 1 unità la taratura dei bagni per dare la precedenza a questi locali durante l'avviamento alla mattina.



Scelta della prerogolazione

## 10 Esempio applicativo: ristrutturazione di un condominio con impianto a colonne montanti

### 10.1 Introduzione

Si tratta di un'operazione assai frequente, soprattutto nei centri urbani. Sono ancora molto numerosi gli impianti centralizzati sfuggiti alla distruzione e conversione in impianti autonomi. La maggior parte ha però bisogno di significativi interventi di "manutenzione migliorativa", sia per naturale vetustà ed obsolescenza sia per i numerosi interventi di "manutenzione peggiorativa" subiti nel tempo.

La descrizione seguente fa riferimento ad un intervento realizzato in un città della Pianura Padana. Si tratta di un caso rappresentativo degli edifici condominiali con 10-40 unità immobiliari.

### 10.2 Stato iniziale dell'edificio

Nel caso in esame si tratta di un condominio di 4 piani, suddiviso in 16 unità immobiliari.

L'edificio ha strutture poco isolate. La struttura portante è realizzata con pilastri in cemento armato e solette in laterocemento. I tamponamenti esterni sono costituiti da 2 muri affiancati, realizzati in mattoni forati da 13 cm, separati da un'intercapedine d'aria di 3 cm. Lo spessore risultante (30 cm) corrisponde allo spessore dei pilastri portanti, che sono integrati nel muro perimetrale e fanno perciò da ponte termico.

La soletta superiore verso il sottotetto è una normale soletta interpiano, non isolata.

Il piano terra è occupato dai garage e dall'ingresso comune.

Il primo piano abitato è costruito sopra i garage.

I corpi scaldanti sono radiatori. La potenza nominale complessiva dei radiatori installati corrisponde al calcolo tradizionale secondo UNI 7357 (uguale a quello effettuabile con la EN 12831) ed è pari a 120 kW.

La rete di distribuzione è a colonne, realizzate nel muro perimetrale più interno, con tubi non isolati avvolti in carta di sacchi da cemento. L'anello di collegamento delle colonne è realizzato nei garage. La pompa di circolazione ha una portata di 25 m<sup>3</sup>/h.

La regolazione della temperatura ambiente è affidata alla sola regolazione climatica centrale, agente su una valvola miscelatrice a 3 vie.

La caldaia ha una potenzialità al focolare di 256 kW, è in acciaio, ha circa 20 anni ed è scarsamente isolata.

Il bruciatore di gasolio sarebbe di tipo bistadio ma, per la mancanza di un termostato di regolazione, funziona come un monostadio con accensione a potenza ridotta. Non è prevista la chiusura della serranda dell'aria comburente a bruciatore spento. Il rendimento di combustione è dell'ordine del 90%.

I consumi storici di combustibile per riscaldamento sono dell'ordine dei 21.000 litri di gasolio all'anno.

### 10.3 Considerazioni sull'impianto esistente

Un dato balza all'occhio subito: la potenza del generatore (256 kW è più del doppio della potenza dei radiatori installati (120 kW). È perfettamente inutile disporre di un generatore di potenza elevata se poi questa potenza non può essere trasferita dall'acqua agli ambienti abitati: la potenza nominale dei radiatori è infatti prossima alla loro potenza massima effettivamente erogabile. Si tratta delle conseguenze di uno dei più comuni casi di "manutenzione peggiorativa". Le lamentele per la bassa temperatura alla mattina (dopo lo spegnimento per intermittenza) hanno convinto a provare ad aumentare la potenza del generatore per aumentare la "potenza

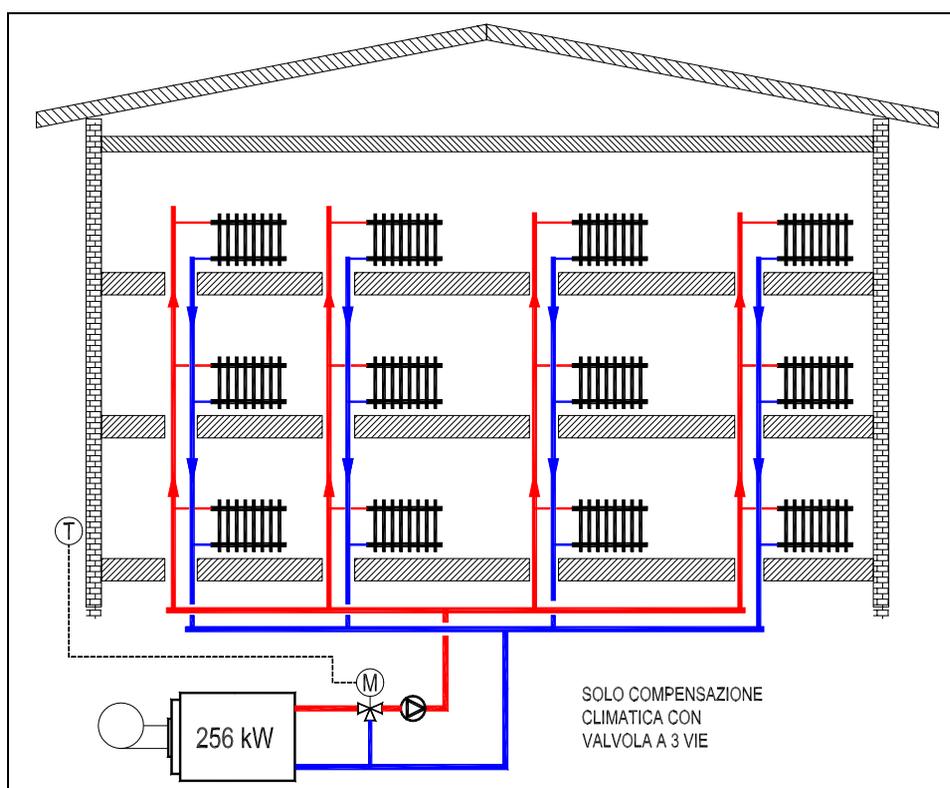
dell'impianto". Ciò non ha sicuramente risolto il problema ma ha solo contribuito all'aumento delle dispersioni del generatore, peggiorando il rendimento medio stagionale di generazione a causa dell'aumento sia del tempo che delle dispersioni in stand-by.

Un secondo dato è la portata della pompa di circolazione. Con 25 m<sup>3</sup>/h si potrebbero trasportare ben 580 kW anziché i 120 kW (o poco più) erogabili dai radiatori. Si tratta delle conseguenze di un altro caso comune di "manutenzione peggiorativa". Le lamentele per la bassa temperatura negli ambienti con esposizione sfavorevole e più distanti dalla centrale termica hanno convinto ad aumentare la potenza della pompa di circolazione. Ciò ha parzialmente risolto il

problema dei condomini mal serviti ma ha anche provocato un aumento notevole dei consumi elettrici, del costo della pompa, della rumorosità dell'impianto e delle temperature (quindi dei consumi) dei condomini meglio serviti.

Entrambi questi problemi avrebbero invece dovuto essere affrontati, a suo tempo, con un intervento di manutenzione migliorativa, come il ribilanciamento dell'impianto.

Se poi si fa un rapido calcolo del rendimento globale medio stagionale si ottiene un eccellente... 57%! Malgrado questo i consumi di combustibile sono dell'ordine dei 1400 litri di gasolio all'anno per ogni 100 m<sup>2</sup> di superficie abitata.



*Schema dell'impianto di riscaldamento preesistente: si tratta di un tipico impianto a colonne montanti.*

*L'impianto è controllato da una mera compensazione climatica. La caldaia rimane sempre a 70 °C*

## 10.4 Intervento effettuato

L'intervento realizzato è consistito nella trasformazione in un impianto a condensazione.

Nel caso in questione si è provveduto a:

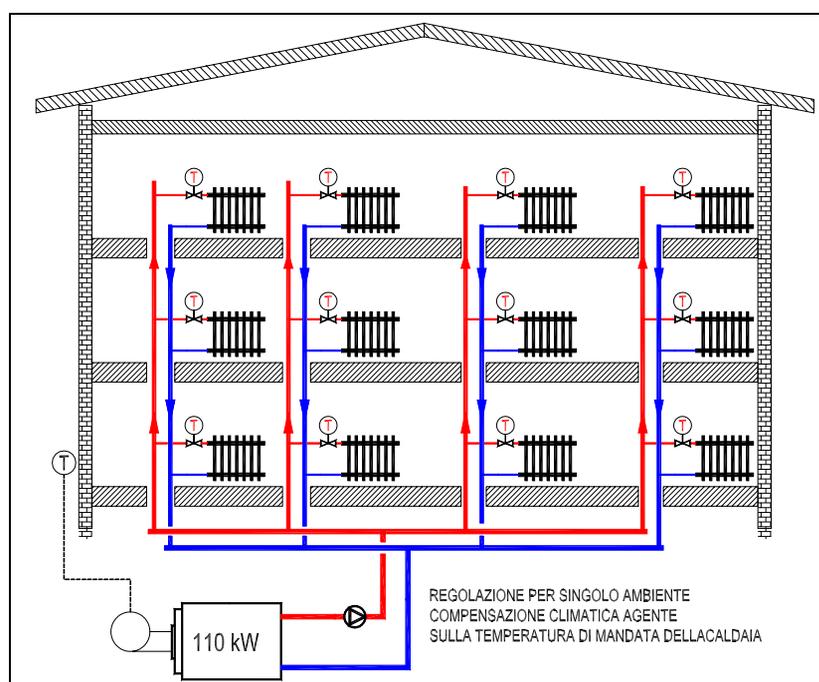
- installare su tutti i radiatori delle valvole termostatiche, dotate di preregolazione, dimensionate per  $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$  e banda proporzionale  $1,0^{\circ}\text{C}$ . L'impostazione della preregolazione è stata calcolata in base alla potenza dei corpi scaldanti determinata in accordo con la norma UNI 10200.
- sostituire la pompa con un circolatore a giri variabili avente prevalenza di 5 m c.a. alla portata di progetto di  $6\text{ m}^3/\text{h}$ . La potenza del nuovo circolatore nel punto di lavoro di progetto è di soli 250 W.
- eliminare la valvola miscelatrice, sostituita da un raccordo diretto delle tubazioni di mandata e ritorno al generatore di calore
- sostituire il generatore di calore esistente da 256 kW con uno nuovo da 110 kW a condensazione, del tipo a basso contenuto d'acqua, senza limite minimo di

portata e con  $\Delta T$  massimo fumi/acqua di  $10^{\circ}\text{C}$  alla massima potenza.

- installare un contacalorie in centrale avente portata massima di  $10\text{ m}^3/\text{h}$ ;
- intubare il camino esistente facendovi passare un condotto di scarico fumi in acciaio inossidabile;
- utilizzare la regolazione centrale climatica a temperatura scorrevole sulla base della temperatura esterna in dotazione al generatore per realizzare una curva di regolazione tale da ottenere ritorni a circa  $30^{\circ}\text{C}$ .

L'isolamento del sottotetto è stato rimandato ad un secondo momento in quanto la struttura è del tipo "alla padovana" dove il tetto è sostenuto da una serie di muretti paralleli appoggiati sull'ultima soletta. Ciò ostacola considerevolmente la posa dell'isolamento e ne riduce notevolmente l'efficacia per effetto degli inevitabili ponti termici residui.

Il tempo di ritorno previsto dell'investimento è di 4-5 anni.



*Schema dell'impianto di riscaldamento dopo l'intervento: la regolazione della temperatura ambiente è affidata alle valvole termostatiche.*

## 10.5 Risultati di gestione

Nel corso del primo anno di esercizio, caratterizzato da condizioni climatiche sfavorevoli (aumento dei gradi-giorno del 9% e riduzione dell'irraggiamento solare del 30% rispetto all'anno precedente, corrispondente ad un aumento equivalente dei consumi del 15%) il consumo di metano è stato limitato a 16.500 Nm<sup>3</sup>, corrispondenti ad una riduzione dei consumi del 25%.

Altri dati interessanti, relativi al periodo più freddo (11 giorni a cavallo fra gennaio e febbraio), sono stati:

- potenza media al focolare pari a 70 kW, pur con funzionamento per sole 17 ore al

giorno, da confrontare con la potenza di 256 kW del generatore precedente;

- portata media in circolazione nell'impianto di 3,14 m<sup>3</sup>/h (prima era installata una pompa da 25 m<sup>3</sup>/h !!) per ben 16 appartamenti (cioè meno di 200 litri/ora per appartamento);
- $\Delta T$  medio mandata/ritorno pari a 20,7 °C;
- rendimento medio di generazione del 102% sul p.c.i., ricavato dal confronto fra la lettura del contacalorie e del contatore del metano.

# Indice

<b>1</b>	<b>Richiami di idraulica e circuiti idraulici</b>	<b>4</b>
1.1	I circuiti idraulici	4
1.2	La regolazione della potenza termica	5
1.3	Riassunto	12
<b>2</b>	<b>Che cos'è una valvola termostatica</b>	<b>13</b>
2.1	La funzione primaria della valvola termostatica	13
2.2	L'interazione con il circuito idraulico	14
2.3	Riassunto	16
<b>3</b>	<b>Scelta delle valvole termostatiche</b>	<b>17</b>
3.1	Parametri di progetto	17
3.2	Dimensionamento della valvola	17
3.3	Riassunto	20
<b>4</b>	<b>Scelta della pompa di circolazione</b>	<b>21</b>
4.1	Introduzione	21
4.2	Scelta del tipo di pompa	21
4.3	Criteri di dimensionamento e verifica della rete di distribuzione	23
4.4	Dimensionamento della portata	25
4.5	Scelta e ripartizione della prevalenza	25
4.6	Riassunto	28
<b>5</b>	<b>Uso della preregolazione</b>	<b>29</b>
5.1	Il problema dei transitori	29
5.2	La preregolazione delle valvole termostatiche	29
5.3	Riassunto	31
<b>6</b>	<b>Uso della valvola termostatica per ridurre la temperatura di ritorno</b>	<b>32</b>
<b>7</b>	<b>Tipologie e caratteristiche dinamiche delle valvole termostatiche</b>	<b>35</b>
7.1	Classificazione in base al sensore	35
7.2	Tempo di risposta	35
7.3	Massima pressione differenziale ammissibile	36
7.4	Limiti di temperatura e protezione contro le manomissioni	36
7.5	Installazione delle valvole termostatiche	37
<b>8</b>	<b>I vantaggi nell'uso di valvole termostatiche di buona qualità</b>	<b>39</b>
<b>9</b>	<b>Esempio applicativo: nuovo edificio con 4 unità immobiliari</b>	<b>40</b>
<b>10</b>	<b>Esempio applicativo: ristrutturazione di un condominio con impianto a colonne montanti</b>	<b>44</b>
10.1	Introduzione	44
10.2	Stato iniziale dell'edificio	44
10.3	Considerazioni sull'impianto esistente	44
10.4	Intervento effettuato	46
10.5	Risultati di gestione	47



© 2013 - Luca Mercury Communications

**Klimit srl** Distributore esclusivo per l'Italia  
Viale della Repubblica 8 - 36030 Povolara di Dueville (VI)  
Tel. 0444 361233 Fax 0444 361237  
[www.herzitalia.it](http://www.herzitalia.it) [info@herzitalia.it](mailto:info@herzitalia.it)

