

Compendio di idraulica per tecnici del riscaldamento con elementi di ventilazione **2**

Laurent Socal | Benedetta Grassi

Con il patrocinio di



©2018 tutti i diritti riservati IVAR Publishing Srl
ISBN 978-88-943397-0-3

Realizzazione grafica: Ufficio Marketing & Comunicazione IVAR
Copertina: Claudio Amadei Studio
Stampa: Tipografia Pagani
Stampato in Italia, Marzo 2018

■ Prefazione

La presentazione di questo secondo Compendio di Idraulica mi offre l'opportunità di ringraziare tutti coloro che hanno manifestato interesse per il primo volume.

Gli apprezzamenti ricevuti, confermati dalle migliaia di copie richieste, ci hanno fatto immenso piacere e ci hanno spinto alla stesura di una nuova pubblicazione, che prosegue il percorso iniziato un anno fa, completandola e arricchendola di contenuti.

Così come il primo, anche il secondo volume si sposa perfettamente con la mission di IVAR, che vede nella formazione tecnica il pilastro fondamentale della filosofia aziendale ed esprime la volontà di collaborare costantemente con chi progetta e realizza impianti.

Offrendo l'opportunità di approfondire le esigenze delle moderne tecniche impiantistiche, vogliamo supportare i termotecnici e gli installatori con soluzioni utili e concrete, senza tralasciare la semplicità di lettura. Per questo motivo abbiamo scelto di affidare la stesura nuovamente all'ing. Socal e all'ing. Grassi, professionisti del settore con una vasta esperienza nel mondo della termotecnica.

Desidero concludere affermando che anche questo volume è stato realizzato con la stessa passione e cura con la quale, da oltre trent'anni, progettiamo e realizziamo i nostri prodotti e mi auguro che possa essere un ausilio importante per tutti coloro che lo leggeranno.

Umberto Bertolotti



Presidente

IVAR SpA

1	Circuiti e valvole di miscelazione	12
1.1	Introduzione	12
1.2	Applicazioni	14
1.3	Tecniche di miscelazione	14
1.3.1	Corsa e apertura di una valvola di regolazione	14
1.3.2	Comportamento delle valvole di regolazione	15
1.3.3	Valvole a due vie	20
1.3.4	Valvole a tre vie	21
1.3.5	Valvole a quattro vie	22
1.3.6	Pre-miscelazione/post-miscelazione	23
1.3.7	Tecnologia di azionamento	28
1.3.8	Avvertenze per l'uso	28
1.4	Regolazione: principi e dispositivi	29
1.4.1	Scopo	29
2	I passaggi di stato e l'equilibrio fra le fasi	33
2.1	Gli stati di aggregazione della materia	33
2.1.1	Gli stati possibili	33
2.1.2	Solidi cristallini ed amorfi	33
2.1.3	Le leghe	34
2.1.4	Lo stato liquido	34
2.1.5	Lo stato aeriforme	34
2.2	I passaggi di stato	35
2.3	Equilibrio vapore – liquido	36
2.3.1	L'interfaccia fra vapore e liquido	36
2.3.2	Effetto dell'aumento di temperatura	37
2.3.3	Effetto dell'aumento della pressione	38
2.3.4	Cosa vuol dire esattamente "l'acqua bolle a 100 °C"?	39
2.3.5	La pentola a pressione	40
2.3.6	La bombola del GPL	40
2.3.7	L'ebollizione per depressione	41
2.3.8	La cavitazione e l'NPSH delle pompe	42
2.4	Equilibrio solido/liquido e solido/vapore	45
2.5	I calori latenti	45
2.6	Le applicazioni	46

3	Ventilazione, raffrescamento e controllo dell'umidità	47
3.1	Il "servizio di ventilazione"	47
3.1.1	La definizione del "servizio di ventilazione"	47
3.1.2	Il fabbisogno energetico dovuto alla ventilazione	50
3.1.3	Il costo energetico tipico del servizio ventilazione	52
3.1.4	Cosa significa in pratica 0,3 ricambi ora?	54
3.2	La teoria	55
3.2.1	La quantità di aria e le leggi dei gas perfetti	55
3.2.2	L'aria secca	63
3.2.3	L'aria umida e l'umidità assoluta	63
3.2.4	L'equilibrio fra l'acqua ed il suo vapore in presenza di aria	63
3.2.5	Il diagramma psicrometrico	66
3.2.6	La curva di saturazione	67
3.2.7	Umidità assoluta, di saturazione e relativa	68
3.2.8	L'analogia della spugna	70
3.2.9	Come individuare le condizioni dell'aria sul diagramma psicrometrico	71
3.2.10	Le trasformazioni dell'aria	72
3.2.11	Le portate ed il volume specifico	73
3.2.12	Il riscaldamento dell'aria	73
3.2.13	L'entalpia	75
3.2.14	Entalpia, energia, potenza e portate: un minestrone di unità di misura	77
3.2.15	La potenza termica trasportata da un flusso d'aria	79
3.2.16	La miscela di due arie	81
3.2.17	Il punto di rugiada	85
3.2.18	Il raffreddamento e la deumidificazione dell'aria	87
3.2.19	Energia e potenza sensibile e latente	89
3.2.20	Una prima applicazione concreta	91
3.2.21	Il raffreddamento adiabatico e la temperatura di bulbo umido	94
3.2.22	Cosa succede in uno scambiatore recuperatore	96
3.3	Le condizioni di confort	97
3.4	Le soluzioni impiantistiche per la ventilazione	99
3.4.1	Introduzione	99
3.4.2	Nomenclatura	99
3.4.3	Impianti di ventilazione	101

3.5	La VMC: un semplice impianto per il residenziale	103
3.5.1	Che cosa è la VMC	103
3.5.2	Realizzazione di un sistema VMC	104
3.5.3	Dimensionamento di un impianto VMC	105
3.5.4	Punti di attenzione	106
3.5.5	I recuperatori di calore	107
3.5.6	Cenni alle condotte dell'aria	110
3.6	L'indicatore del servizio ventilazione: la concentrazione di CO₂	111
3.7	Ventilazione ed efficienza energetica	113
4	Strumenti di misura e di ripartizione dei consumi	115
4.1	Introduzione	115
4.2	Manometri	116
4.2.1	Manometri Bourdon	116
4.2.2	Altri manometri ad elemento elastico	117
4.2.3	Manometri a U	119
4.2.4	Sensori di pressione elettronici	120
4.2.5	Le misure della pressione: alcuni trucchi	123
4.3	Termometri	124
4.3.1	Termometri bimetallici	124
4.3.2	Termometri a liquido	126
4.3.3	Termistori	126
4.3.4	Termoresistenze Pt100	128
4.3.5	Termocoppie	129
4.3.6	Sensori elettronici	133
4.3.7	Termografia mediante termocamera a infrarossi	133
4.4	Misuratori di portata	136
4.4.1	Misuratori meccanici	136
4.4.2	Misuratori statici	138
4.4.3	Misuratori a distacco di vortici	140
4.4.4	Misuratori indiretti basati sulla pressione	141
4.5	Tubo di Pitot e Annubar	144
4.6	Contatori di calore	146
4.7	I ripartitori di calore	153
4.8	Strategie di misura e raccolta dati	156

5	I generatori di calore	158
5.1	Introduzione: quali generatori si utilizzano per riscaldamento	158
5.2	Caldaia a condensazione	160
5.2.1	Che cos'è una caldaia a condensazione	160
5.2.2	Potere calorifico superiore ed inferiore	162
5.2.3	La condensazione nei fumi di una caldaia a gas	163
5.2.4	La relazione fra temperatura fumi e temperatura dell'acqua	170
5.2.5	Come massimizzare il rendimento di un impianto a condensazione	176
5.3	L'impianto a condensazione	177
5.3.1	Introduzione	177
5.3.2	La temperatura agli emettitori	178
5.3.3	Circuiti di distribuzione	187
5.3.4	Collettori di distribuzione	190
5.3.5	Circuiti di generazione (circuiti primari)	191
5.3.6	Produzione di acqua calda sanitaria	195
5.4	Pompa di calore/chiller (ciclo frigorifero)	196
5.4.1	Che cos'è una pompa di calore	196
5.4.2	L'efficienza della pompa di calore	197
5.4.3	Le tipologie di pompa di calore	199
5.4.4	Il ciclo frigorifero	200
5.4.5	L'efficienza della pompa di calore	203
5.4.6	L'indicazione delle condizioni di funzionamento	206
5.4.7	La potenza utile della pompa di calore	206
5.4.8	Il gas frigorifero: perché si cambia?	208
5.4.9	La prestazione limite delle pompe di calore	210
5.4.10	L'effetto del carico parziale	214
5.4.11	Il brinamento	219
5.4.12	Fattori che influenzano la prestazione di una pompa di calore	221
5.4.13	Lo SCOP della pompa di calore	222
5.4.14	Il collegamento idraulico delle pompe di calore	223
5.4.15	L'impianto di riscaldamento a pompa di calore	225
5.4.16	Uso degli accumuli di acqua tecnica con le pompe di calore	228
5.4.17	Produzione di acqua calda sanitaria con pompa di calore	229
5.4.18	Collegamento con caldaie	230
5.4.19	Il dimensionamento delle pompe di calore per riscaldamento	232

5.4.20	Tecniche di dimensionamento basate sul calcolo energetico	233
5.4.21	Perché utilizzare pompe di calore?	237
5.4.22	Sono davvero fonte rinnovabile?	239
6	Sistemi di espansione	242
6.1	La dilatazione termica	242
6.1.1	La dilatazione termica lineare dei solidi	242
6.1.2	La dilatazione termica volumica dei solidi	246
6.1.3	La dilatazione termica nei liquidi	247
6.1.4	La relazione fra pressione e volume di un gas a temperatura costante	248
6.2	La gestione dell'espansione dei liquidi negli impianti	250
6.2.1	Impianti a vaso aperto	250
6.2.2	Impianti a vaso chiuso	253
6.3	Funzionamento del vaso di espansione	254
6.3.1	Il vaso aperto	254
6.3.2	Il vaso chiuso	256
6.4	Il volume di espansione	258
6.4.1	Definizione	258
6.4.2	Impianti di riscaldamento	258
6.4.3	Impianti dell'acqua calda sanitaria	260
6.4.4	Impianti solari	261
6.5	Dimensionamento del vaso aperto	261
6.6	Dimensionamento del vaso chiuso	261
6.7	Il collegamento del vaso chiuso all'impianto	266
6.7.1	Introduzione	266
6.7.2	Un vaso grande o tanti vasi piccoli?	266
6.7.3	Dove collegare il vaso di espansione	266
6.7.4	La quota di collegamento	266
6.8	La carica del vaso di espansione chiuso	267
6.9	Impianti di raffrescamento	267
7	Impianti sanitari	268
7.1	Introduzione	268
7.2	Peculiarità	268
7.3	Quadro normativo e legislativo	270

7.4	Distribuzione	270
7.4.1	Struttura e tipologie delle reti	270
7.5	Tubazioni	273
7.5.1	Tipologie	273
7.5.2	Dimensionamento	274
7.6	Componenti caratteristici	283
7.6.1	Introduzione	283
7.6.2	Serbatoi	284
7.6.3	Riduttori di pressione	285
7.6.4	Autoclavi	287
7.6.5	Ammortizzatori di colpi d'ariete	288
7.6.6	Valvole di non ritorno e disconnettori	291
7.6.7	Gruppi di sicurezza	293
7.6.8	Miscelatori termostatici	294
7.7	Preparazione e distribuzione dell'acqua calda sanitaria	296
7.8	Ricircolo	302
7.9	Igiene e disinfezione	307
7.9.1	Materiali compatibili con l'acqua potabile	307
7.9.2	Condizionamento dell'acqua	309
8	Coibentazione delle reti di distribuzione	315
8.1	Introduzione	315
8.2	Calcolo delle dispersioni delle tubazioni	316
8.2.1	Dispersione di una tubazione	316
8.2.2	La trasmittanza lineica delle tubazioni coibentate	317
8.2.3	La trasmittanza lineica delle tubazioni non coibentate	321
8.2.4	Considerazioni sui valori delle trasmittanze lineiche	322
8.3	Il costo delle dispersioni	323
8.4	Dimensionamento dell'isolamento delle reti di riscaldamento	326
8.5	L'isolamento dei pezzi speciali	329
8.6	Dimensionamento dell'isolamento di reti per acqua calda sanitaria	330
8.6.1	Introduzione	330
8.6.2	Coibentazione della rete terminale	331
8.6.3	Dimensionamento dell'isolamento del ricircolo	334
8.7	Scelta del materiale coibente delle reti di distribuzione	334

8.8	La valutazione delle dispersioni delle reti di distribuzione	336
8.8.1	Calcolo delle dispersioni dell'intera rete	336
8.8.2	Temperatura interna della rete	337
8.8.3	Temperatura esterna alla rete	337
8.8.4	Durata delle dispersioni	338
8.8.5	Coefficienti di recuperabilità delle perdite	339
8.9	Centralizzato o autonomo?	340
9	Cenni sul trattamento dell'acqua	344
9.1	L'acqua: cosa c'è dentro	344
9.2	I danni provocati dalla cattiva qualità dell'acqua	345
9.2.1	Introduzione	345
9.2.2	Erosione	345
9.2.3	Corrosione	345
9.2.4	Incrostazione	346
9.2.5	Bolle di gas	346
9.2.6	Sviluppo di alghe ed altri organismi	346
9.3	Le caratteristiche dell'acqua	347
9.3.1	Introduzione	347
9.3.2	Durezza	347
9.3.3	Durezza totale e durezza temporanea	348
9.3.4	La misura della durezza	348
9.3.5	Il pH	348
9.3.6	Alcalinità	349
9.3.7	L'incrostazione a causa della durezza	349
9.3.8	Solidi sospesi	350
9.3.9	Gas disciolti	351
9.3.10	Conducibilità	351
9.3.11	Residuo fisso	351
9.3.12	Altri elementi indicatori	351
9.4	Esigenze di qualità dell'acqua	352
9.5	I trattamenti possibili	352
9.5.1	Introduzione	352
9.5.2	Filtrazione	352
9.5.3	Disaerazione	354
9.5.4	Aggiunta di polifosfati	356

9.5.5	Addolcimento	356
9.5.6	Demineralizzazione	358
9.5.7	Osmosi inversa	358
9.5.8	Aggiunta di filmanti	359
9.6	Perché le caldaie moderne hanno tutte problemi con l'acqua?	359
10	La garanzia di qualità del processo di costruzione: il <i>commissioning</i>	360
10.1	Che cos'è il <i>commissioning</i>	360
10.1.1	Il <i>commissioning</i> nell'accezione inglese	360
10.1.2	Il <i>commissioning</i> nell'accezione americana	362
10.1.3	La storia del <i>commissioning</i>	362
10.1.4	I riferimenti	364
10.1.5	Chi può fare del <i>commissioning</i>	364
10.1.6	Il <i>commissioning</i> in Italia: dal collaudo alla gestione del processo di costruzione	364
10.2	L'organizzazione del processo di costruzione: fasi e documenti tipici	364
10.2.1	Introduzione	364
10.2.2	La sequenza di base	365
10.2.3	Gli attori	366
10.2.4	I documenti	367
10.2.5	Quadro di sintesi	376
10.2.6	Le risorse	376
10.2.7	Il <i>commissioning</i> nel mercato italiano	377
10.2.8	Per l'esistente: il retro- <i>commissioning</i>	377
10.2.9	Alcuni esempi di retro- <i>commissioning</i>	380
10.2.10	Perché CX e RCx insieme?	382

1 CIRCUITI E VALVOLE DI MISCELAZIONE

1.1 Introduzione

I generatori di calore scaldano l'acqua alla temperatura impostata sul termostato di caldaia. Per controllare l'erogazione di calore serve spesso inviare ai corpi scaldanti acqua ad una temperatura diversa. Se c'è un solo circuito utente, la soluzione più semplice, razionale ed immediata è regolare il generatore proprio alla temperatura desiderata. Nel caso in cui:

- il generatore abbia una sua temperatura minima di funzionamento (ad esempio le caldaie a biomassa),
- oppure ci siano più circuiti utenti con esigenze diverse di temperatura di mandata, da alimentare contemporaneamente,

l'unica soluzione è quella di far produrre al generatore l'acqua alla temperatura più alta richiesta e ridurre la temperatura di mandata verso le utenze a temperatura più bassa con un **circuito a miscelazione**.

Simmetricamente, nel caso del condizionamento il *chiller* può produrre dell'acqua refrigerata ad una sola temperatura, ad esempio 7 °C perché si vuole deumidificare. Ma se altre utenze hanno bisogno di evitare la condensazione, non resta che innalzare la temperatura di mandata verso questi circuiti con la miscelazione.

Lo scopo delle valvole miscelatrici è quindi quello di **modificare la temperatura di mandata e mantenerla al valore desiderato per l'utenza**.

In riscaldamento, l'acqua proveniente dalla caldaia viene raffreddata miscelandola con una parte dell'acqua di ritorno dall'impianto, Figura 1. Ciò è necessario se la caldaia produce acqua ad alta temperatura e l'impianto richiede una temperatura inferiore, come ad esempio un impianto radiante a pavimento.

In raffreddamento l'obiettivo è invece quello di aumentare la temperatura dell'acqua fredda prodotta dal *chiller*, in modo da evitare fenomeni di condensazione indesiderata Figura 1b.

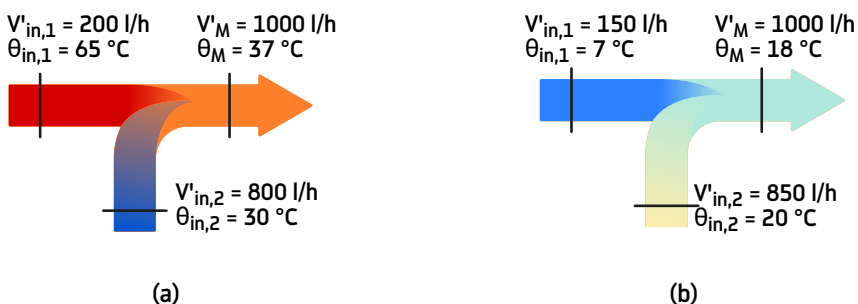


Figura 1. Esempi di miscelazione in riscaldamento (a) e in raffreddamento (b).

La miscelazione è un processo governato da due principi di conservazione:

1. conservazione della massa: la somma delle portate entranti deve uguagliare la portata uscente

$$V'_M = V'_{in,1} + V'_{in,2} \quad (1)$$

2. conservazione dell'energia: la somma delle energie in ingresso deve essere uguale all'energia in uscita

$$V'_M c_p \theta_M = V'_{in,1} c_p \theta_{in,1} + V'_{in,2} c_p \theta_{in,2} \quad (2)$$

L'insieme di queste due equazioni permette di effettuare semplici calcoli descrittivi. In particolare, l'Eq. (2) dimostra che **la temperatura dell'acqua miscelata θ_M è sempre compresa tra le altre due**. In sintesi, facendo circolare l'acqua in un anello tiepido se ne regola la temperatura iniettando un po' di acqua calda proveniente dalla caldaia (o fredda proveniente dal *chiller*).

Se si vuole trovare la temperatura dell'acqua miscelata θ_M , la formula da usare è:

$$\theta_M = \frac{V'_{in,1} \theta_{in,1} + V'_{in,2} \theta_{in,2}}{V'_{in,1} + V'_{in,2}} \quad (3)$$

Esempio in riscaldamento:

$$V'_{in,caldaia} = 52 \text{ l/h}$$

$$V'_{in,ritorno} = 100 \text{ l/h}$$

$$\theta_{in,caldaia} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_{in,ritorno} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\rightarrow \theta_M = (52 \times 70 + 100 \times 30) / (52 + 100) = 44 \text{ }^\circ\text{C}$$

Se si vuole trovare quanta acqua deve entrare dall'ingresso "1" per avere la temperatura desiderata, la formula da usare è:

$$V'_{in,1} = V'_{in,2} \frac{\theta_{in,2} - \theta_M}{\theta_M - \theta_{in,1}} \quad (4)$$

Esempio in raffreddamento:

$$V'_{in,ritorno} = 100 \text{ l/h}$$

$$\theta_{in,chiller} = 7 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_{in,ritorno} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_M = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\rightarrow V'_{in,chiller} = 100 \times (15 - 7) / (18 - 15) = 37,5 \text{ l/h}$$

Si devono ricordare le seguenti regole pratiche:

- la portata a monte di una valvola miscelatrice è spesso molto inferiore a quella a valle;

1 Circuiti e valvole di miscelazione

- per sapere se la valvola miscelatrice è aperta o meno basta osservare il salto fra temperatura di arrivo dalla caldaia (lato caldo) e temperatura di mandata verso l'utenza.

1.2 Applicazioni

Quando si pensa alla miscelazione istintivamente si pensa al riscaldamento a pavimento, ma esistono molti altri casi in cui questa tecnica trova applicazione.

In generale, possiamo dire che la miscelazione si applica ogni qualvolta serve controllare una temperatura non potendo agire direttamente sulla produzione. I motivi per controllare la temperatura possono essere la protezione dei materiali installati da possibili danni, il confort e la salute dell'utente finale.

In ambito riscaldamento e raffrescamento radiante, il riferimento normativo principale per il calcolo dei pannelli è la serie di norme **UNI EN 1264** – “Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffrescamento integrati nelle strutture”, articolata in cinque parti. La parte 3, incentrata sul dimensionamento, prescrive come calcolare la temperatura di mandata di progetto sulla base della potenza richiesta dal locale più sfavorito. La parte 4, dedicata all'installazione, raccomanda le temperature massime di mandata per varie tipologie di rivestimento.

La miscelazione non è confinata agli impianti radianti: anche un impianto di riscaldamento a radiatori, pur classificato come “ad alta temperatura”, potrebbe richiedere una miscelazione se la sorgente è il teleriscaldamento o un generatore a temperatura elevata come una caldaia a biomassa.

Un altro esempio di utilizzo della miscelazione è il controllo della temperatura di immissione in rete o di erogazione dell'acqua calda sanitaria, nei quali è indispensabile garantire le necessarie condizioni di sicurezza all'utente. A questo argomento è dedicato un paragrafo nel capitolo 7.

1.3 Tecniche di miscelazione

1.3.1 Corsa e apertura di una valvola di regolazione

Per la corretta comprensione di questo paragrafo è necessario avere ben chiara la differenza fra i concetti di “corsa” e “apertura” di una valvola.

La “corsa” è l'azione sullo stelo o sulla leva che comanda l'otturatore della valvola. Se si tratta di una valvola ad azionamento lineare, come una saracinesca o una valvola a pistone, la “corsa” corrisponde all'avanzamento imposto all'otturatore e si esprime come una lunghezza. Se si tratta di una valvola ad azionamento rotativo, come una valvola a sfera o a farfalla, la corsa è l'angolo di rotazione dell'asta che aziona la sfera o la farfalla.

“L'apertura” è invece l'espressione di quanto in effetti la valvola sia aperta. La misura fisica dell'apertura di una valvola è data dal suo Kv, cioè dalla portata che fluirebbe se a cavallo della valvola ci fosse una caduta di pressione di 1 bar.

Il Kv nella posizione di massima apertura è identificato dalla sigla Kvs. Si può definire “apertura percentuale” il rapporto Kv/Kvs che ha sempre un valore compreso fra 0 e 1.

La relazione fra corsa ed apertura di una valvola si chiama “caratteristica di apertura” della valvola ed è determinata dal profilo (geometria) dell’otturatore e della sede. A seconda delle necessità il profilo può essere semplice o particolarmente elaborato.

Se la funzione della valvola è solo quello di aprire o chiudere un passaggio, il profilo sarà semplificato al massimo e la caratteristica di apertura risulta automaticamente dalla costruzione. Ad esempio nel caso di una valvola a sfera a passaggio totale, all’inizio la rotazione scopre una piccola fessura, poi sempre più grande ed infine oltre la metà della corsa nuovamente l’ulteriore luce scoperta è sempre più stretta ottenendo una relazione fra corsa ed apertura che ha la forma di una “S”.

Se la funzione della valvola è la regolazione, allora il profilo dell’otturatore sarà sagomato per ottenere la caratteristica di apertura della valvola desiderata. Ad esempio, partendo da una valvola a sfera, la caratteristica di apertura può essere modificata con un inserto all’interno del passaggio nella sfera, sagomato per controllare la luce scoperta con la rotazione della sfera. Ciò può avvenire solo ostruendo parzialmente il passaggio per cui per ottenere la caratteristica di regolazione desiderata si perde la caratteristica del passaggio totale.

1.3.2 Comportamento delle valvole di regolazione

La miscelazione presuppone l’esistenza di due ingressi e un’uscita e, come abbiamo visto in precedenza, la temperatura dell’acqua all’uscita dipende dalle portate e dalle temperature dell’acqua negli ingressi.

Una tipica strategia per ottenere la temperatura di mandata desiderata consiste nel controllare le portate entranti per mezzo di valvole di regolazione. Nella pratica, tali valvole possono essere a due, tre o quattro vie.

Poiché lo scopo del sistema di controllo è regolare la temperatura di mandata, due fattori sono di particolare importanza:

1. l’autorità della valvola;
2. la caratteristica di apertura;

che nel caso della valvola a due vie riguardano l’unico passaggio previsto, mentre per quella a tre vie sono da tenere d’occhio soprattutto per la via “diretta” tra l’ingresso alla temperatura di produzione e la via comune miscelata.

L’autorità della valvola esprime quanto la sua azione abbia effetto sull’impianto: possiamo vederla come una “dimensione relativa” rispetto al circuito da regolare. È un parametro delicato perché bisogna trovare il giusto compromesso tra:

- un dispositivo “autorevole” ma con perdite di carico molto elevate;
- un dispositivo con bassa perdita di carico, ma anche bassa capacità di regolare per la maggior parte della sua corsa.

1 Circuiti e valvole di miscelazione

Un'indicazione dimensionale è rimanere nel mezzo, con un'autorità attorno allo 0,5. Maggiori dettagli sull'autorità delle valvole si trovano nel capitolo 11.4 del primo volume.

Come anticipato, la "caratteristica di apertura" della valvola esprime la relazione tra la corsa e la variazione del coefficiente di flusso K_v . Le caratteristiche di apertura più comuni sono tre e permettono di raggiungere obiettivi molto diversi tra loro:

1. caratteristica lineare;
2. caratteristica equipercentuale;
3. apertura rapida.

La Figura 2 mostra le diverse curve teoriche, rappresentate come percentuale di coefficiente di flusso rispetto al valore massimo in completa apertura, K_v/K_{vs} , in funzione dell'apertura percentuale, z .

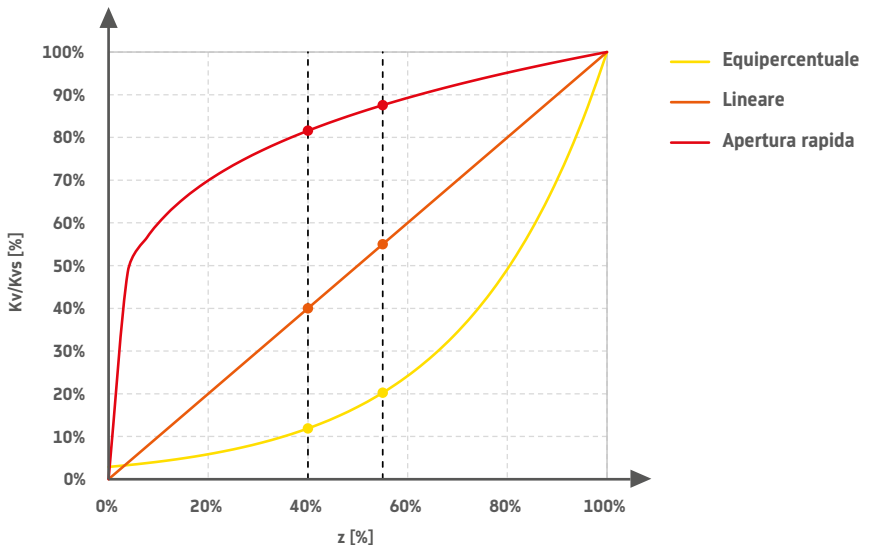


Figura 2. Curve caratteristiche di una valvola: la percentuale del flusso rispetto al valore massimo è rappresentata in funzione della corsa percentuale.

La caratteristica **lineare** è la più intuitiva da comprendere: il K_v è direttamente proporzionale all'apertura della valvola. Matematicamente la relazione lineare rappresentata in Figura 2 si scrive come:

$$\frac{K_v}{K_{vs}} = z \quad \text{oppure} \quad K_v = K_{vs} \times z \quad (5)$$

dove:

- z [%] Percentuale di apertura della valvola
- K_v [m^3/h] Coefficiente di flusso della valvola
- K_{vs} [m^3/h] K_v in condizioni di massima apertura della valvola ($z = 100\%$)

NOTA: si ipotizza che la valvola sia correttamente messa a punto e che la chiusura totale corrisponda esattamente all'inizio della corsa e l'apertura totale alla fine della corsa.

Facciamo un esempio: una valvola con caratteristica perfettamente lineare parte da un'apertura del 15% ($z = 15\%$), posizione che chiamiamo "P1", e si apre del 15% ($z = 30\%$, posizione "P2"). La portata che si stabilisce dipende dalla differenza di pressione a cavallo della valvola. Se si suppone che quest'ultima rimanga sempre costante, la portata che prima era il 15% ora diventa il 30% di quella a valvola completamente aperta, con un aumento dell'apertura K_v/K_{vs} pari anch'esso al 15% del valore massimo. Se la valvola si apre ancora di un altro 15% ($z = 45\%$, posizione "P3") sia l'incremento di portata che l'incremento di apertura rispetto a P1 è pari a $15+15 = 30\%$. In sostanza, ad un incremento percentuale di corsa corrisponde un pari incremento percentuale di apertura, valutando sempre entrambi rispetto alla corsa ed all'apertura totale.

Le valvole con caratteristica lineare sono di uso generale e funzionano bene quando la pressione differenziale ai capi della valvola non cambia molto al variare della sua apertura, cioè quando la valvola è la sede della maggior parte delle perdite di carico del circuito oppure quando vi sia a monte un dispositivo che adegui la prevalenza disponibile (pompa elettronica od altro).

Spesso però la realtà è ben diversa, perché più la valvola si chiude e più la pressione differenziale disponibile ai suoi capi aumenta in quanto alla riduzione di portata nel circuito controllato corrisponde una riduzione delle altre perdite di carico rispetto alla valvola. Questo fatto è stato evidenziato nel paragrafo 3.5 del primo volume: ogni valvola di regolazione che chiude è un "dito sulla canna dell'acqua". In questo caso ci serve una valvola che apra meno quando è quasi chiusa e apra di più quando è aperta, in modo da ottenere una variazione della portata circolante il più possibile proporzionale alla corsa e non distorta dalla variazione della pressione ai capi della valvola. In altre parole si cerca di compensare la distorsione della portata dovuta alla variazione di pressione con la corsa con una distorsione contraria della caratteristica di apertura della valvola.

La caratteristica **equipercentuale** si comporta in questo modo, ed è così definita perché ad ogni avanzamento della corsa corrisponde una stessa variazione percentuale dell'apertura valutata rispetto al valore precedente. La relazione che esprime approssimativamente questa caratteristica è:

$$\frac{K_v}{K_{vs}} = e^{N \cdot (z-1)} \quad \text{oppure} \quad K_v = K_{vs} \times e^{N \cdot (z-1)} \quad (6)$$

N è un coefficiente che esprime quanto è "panciuta" la caratteristica: N più elevati rendono l'apertura molto lenta nella fase iniziale, conferendo una elevata capacità di regolazione anche vicino alla chiusura. In Figura 3 si osserva per esempio che con $N = 8$ si usa l'80% della corsa per regolare solo un 20% dell'apertura, il che vuol dire anche che la maggior parte dell'apertura avviene alla fine della corsa.

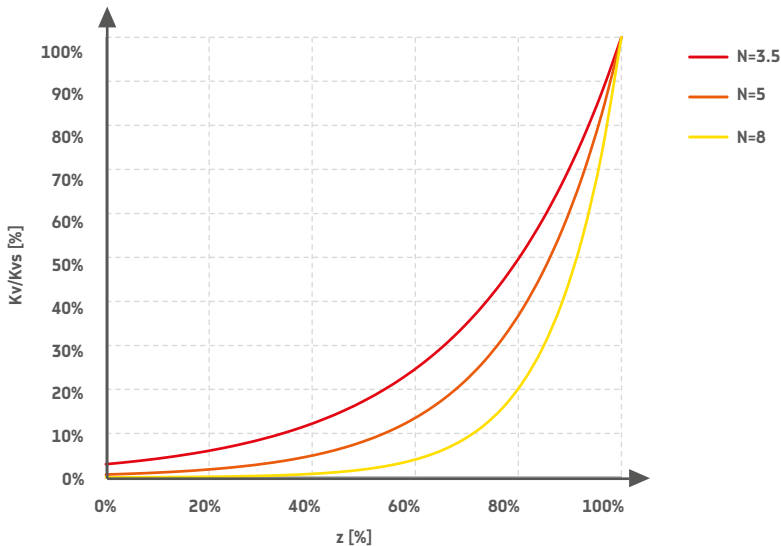


Figura 3. Caratteristiche equipercettuali ottenute per diversi valori di coefficiente N.

Riprendiamo l'esempio precedente, usando le stesse posizioni per vedere come si comporta una valvola equipercettuale. Supponiamo che nel passaggio da P1 a P2 (incremento della corsa del 15%) l'apertura passi dal 4,7% all'8%, aumentando del 70%. Nel passaggio da P2 a P3 (altro 15% di incremento di corsa) la portata aumenterà nuovamente del 70% ma questa volta rispetto a P2, quindi passerà dall'8% al 13,6%... ma $13,6 - 8 = 5,6\%$ è diverso da $8 - 4,7 = 3,3\%$! La non linearità si vede bene anche se consideriamo le variazioni da P1 a P3: rispetto a P0 la corsa sarà stata del $15+15 = 30\%$, ma l'aumento di apertura è stato pari a $(13,6 - 4,7)/4,7 = 190\%$, sensibilmente superiore al $70+70 = 140\%$ che ci aspetteremmo da un comportamento lineare.

Riassumendo, ad ogni avanzamento uguale della corsa:

- nella valvola lineare si somma una uguale apertura;
- nella valvola equipercettuale si moltiplica l'apertura per il medesimo fattore, cioè gli si applica la stessa percentuale di incremento.

A questo punto si capisce perché la caratteristica equipercettuale è particolarmente indicata quando la pressione differenziale aumenta al chiudersi della valvola: perché all'inizio apre poco per volta in modo da mantenere capacità di regolazione per poi spalancarsi una volta passato il ginocchio.

Si ottiene l'effetto opposto con la caratteristica **ad apertura rapida**, che ha il compito di ottenere la massima apertura il più rapidamente possibile.

$$\frac{K_v}{K_{vs}} = z^{(1/c)} \quad \text{oppure} \quad K_v = K_{vs} \times z^{(1/c)} \quad (7)$$

con $c > 1$. Maggiore è il valore di c , più veloce è l'apertura della valvola. In Figura 2 si osserva che, nella valvola ad apertura rapida rappresentata, il 50% dell'apertura viene ottenuto con il primo 4% di corsa. L'obiettivo quindi non è regolare, ma solo aprire e chiudere: è il caso tipico delle valvole ON-OFF, in cui è invece molto importante garantire l'assenza di trafile.

Per le valvole impiegate nel controllo della miscelazione le caratteristiche impiegate sono quella equipercentuale e quella lineare.

I concetti di autorità e caratteristica di una valvola devono essere entrambi considerati alla luce del loro impatto sull'impianto e in funzione dell'obiettivo da raggiungere.

In Figura 4 è riportato un confronto tra valvole con lo stesso Kvs , circa 10, ma con curve di regolazione diverse. Si osservano due aspetti fondamentali:

1. la stessa valvola inserita in due impianti diversi si comporta diversamente: nell'impianto con $Kv = 10$, ha una autorità di circa il 50% quando aperta, mentre nell'altro impianto appare sovradimensionata (autorità dell'1%). Il risultato è che la capacità di regolazione nel primo caso è migliore;
2. a parità di "dimensione relativa", la caratteristica equipercentuale riesce a regolare più dolcemente a apertura ridotta.

Tra quelle rappresentate, la valvola equipercentuale con autorità elevata è quella più adatta alle applicazioni di modulazione della portata alla temperatura di produzione destinata a una miscelazione.

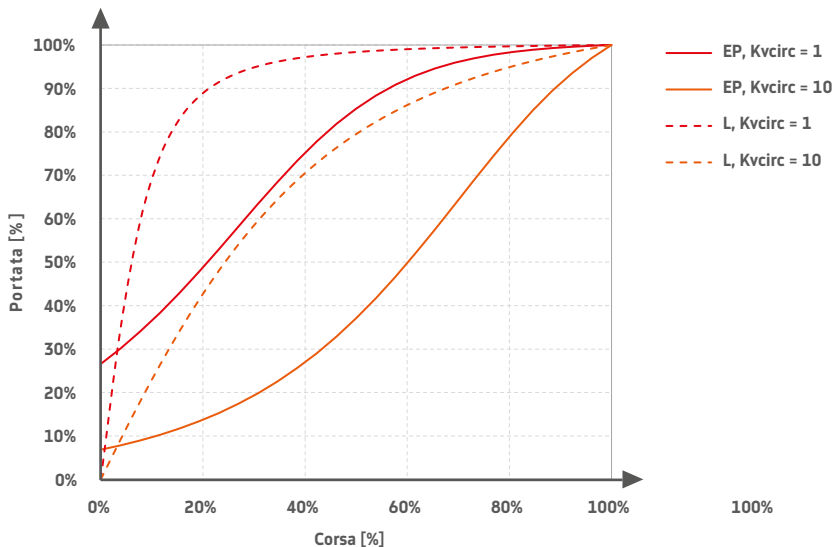


Figura 4. Comportamento di valvole con $Kvs = 10$ inserite in impianti con resistenze idrauliche del circuito, $Kvcirc$, diverse. Linee tratteggiate: caratteristica lineare; Linee continue: caratteristica equipercentuale.

1.3.3 Valvole a due vie

Utilizzando una valvola a due vie per il controllo della miscelazione, si può controllare dinamicamente solo uno degli ingressi. In questo caso solitamente si controlla l'ingresso del fluido proveniente dal generatore (portata "iniettata"), mentre quella del fluido di ritorno dall'impianto di riscaldamento non viene regolata se non staticamente (Figura 5).

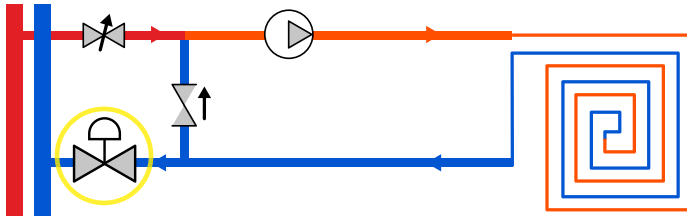


Figura 5. Utilizzo di una valvola a due vie per il controllo della miscelazione.

NOTA: il fatto che la valvola regolatrice sia sul ritorno non deve stupire. Per agire sulla portata di un circuito è indifferente montare una valvola di regolazione in mandata o sul ritorno. La scelta si fa sulla base di altri criteri, quali la temperatura, la posizione, la comodità, ecc.

La miscelazione avviene in questo caso in una camera di un componente dedicato, come mostrato in Figura 6, oppure direttamente in raccordi e collettori, come nei due esempi di Figura 7.

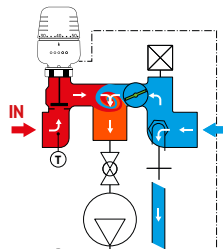


Figura 6. Miscelazione mediante iniezione in una camera dedicata.

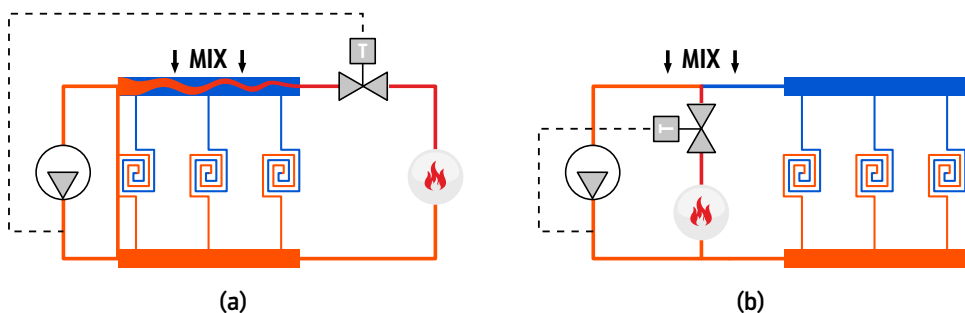


Figura 7. Miscelazione mediante iniezione nel collettore di ritorno (a) e in un raccordo a "T" (b).

Oltre alla comodità di installazione, la presenza di componenti dedicati in genere offre maggiori possibilità di regolazione e in alcuni casi anche una maggiore capacità.

1.3.4 Valvole a tre vie

La valvola a tre vie è caratterizzata da un otturatore in cui l'apertura di un ingresso comporta la chiusura dell'altro, e viceversa (Figura 8). Entrambe le vie vengono quindi regolate dinamicamente.

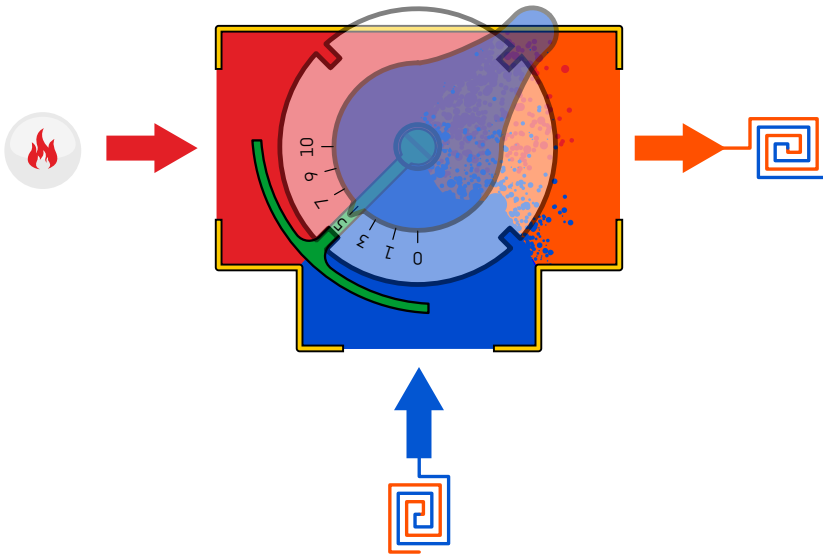


Figura 8. Esempio di valvola miscelatrice a tre vie.

Rispetto alla miscelazione effettuata con una valvola a due vie, la valvola a tre vie offre la possibilità di chiudere in maniera automatica l'una o l'altra via, adattandosi meglio sia alle caratteristiche del generatore sia al carico dell'impianto.

Ci sono però delle regole che vanno rispettate affinché la valvola miscelatrice a tre vie funzioni come ci si aspetta. La più importante di tutte è posizionare il circolatore a valle della confluenza dei flussi miscelati. Questa indicazione vale ogniqualvolta ci sia una miscelazione: se manca un circolatore in questa posizione, o se la forza motrice sulla via diretta è superiore rispetto a quella sulla via comune, la valvola funzionerà come deviatrice e la miscelazione avverrà sul ritorno (Figura 9), cioè si ottiene un circuito a by-pass invece che miscelato.

1 Circuiti e valvole di miscelazione

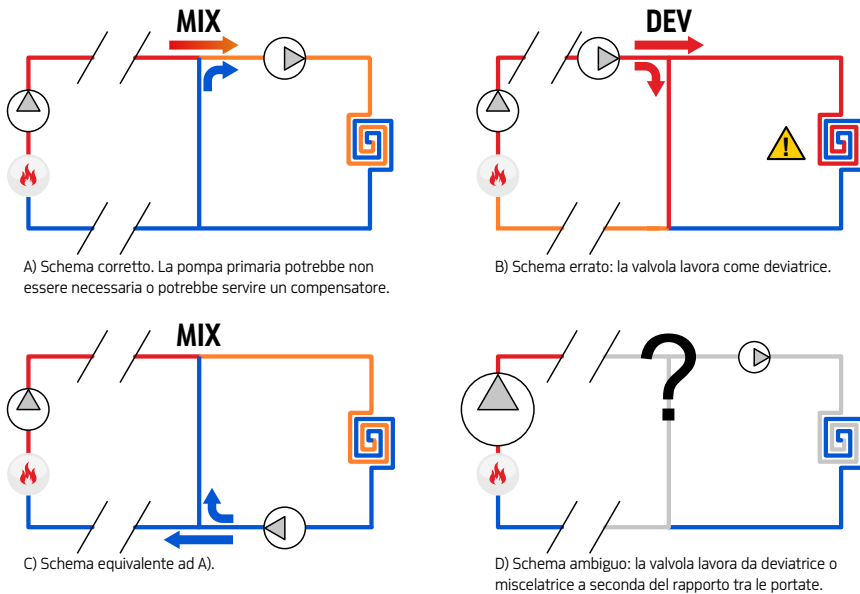


Figura 9. Alcuni esempi di valvole a tre vie operanti in miscelazione o deviazione.

1.3.5 Valvole a quattro vie

Lo scopo delle valvole a quattro vie è introdurre una miscelazione aggiuntiva per aumentare la temperatura di ritorno. Il funzionamento di una valvola a quattro vie a settore è visibile in Figura 10. Nella pratica sono usate a valle di generatori nei quali la condensazione non deve essere favorita perché potrebbe causare problemi, come le caldaie di vecchia concezione e i generatori a biomassa.

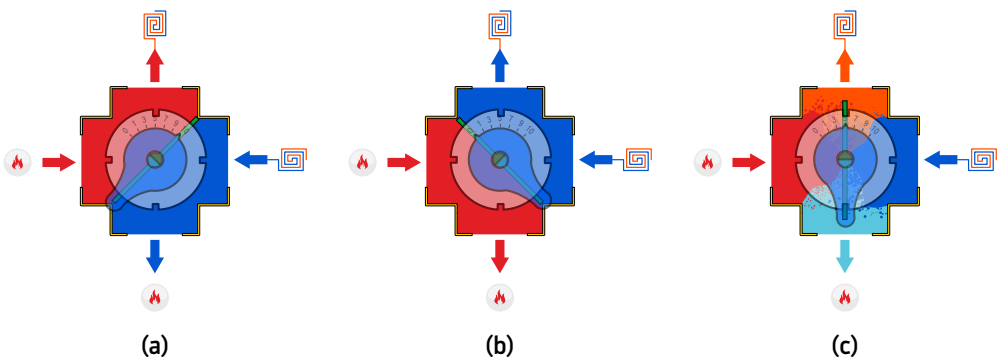


Figura 10. Schema di valvola miscelatrice a 4 vie completamente aperta (a), completamente chiusa (b) e in posizione intermedia (c).

Si osserva che, con la valvola a quattro vie, per ottenere la miscelazione sul ritorno occorre installare due pompe (Figura 11).

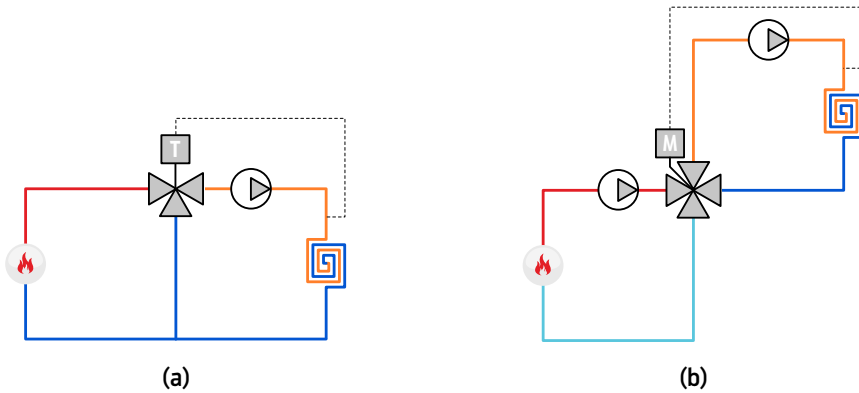


Figura 11. a) Circuito con valvola a 3 vie: basta una pompa. b) Circuito con valvola a 4 vie: servono 2 pompe.

In passato la valvola a quattro vie veniva utilizzata anche con una pompa sola (quella sul lato dell'utenza) e una pompa anticondensa sulla caldaia in quanto le perdite di carico della caldaia erano molto modeste.

1.3.6 Pre-miscelazione/post-miscelazione

La miscelazione spesso viene gestita in maniera automatica da un regolatore, che riceve il segnale dalla grandezza misurata e reagisce di conseguenza. Il regolatore ha quindi un compito molto importante, ma il suo lavoro qualche volta non è semplice.

Ad esempio, immaginiamo un'applicazione di riscaldamento a pavimento in cui l'acqua venga prodotta dal generatore a una temperatura molto alta. Chiaramente, in questo caso il regolatore dovrà cercare di tenere la via diretta quasi completamente chiusa... e l'attuatore potrebbe avere qualche difficoltà, soprattutto se la caratteristica della valvola non è abbastanza progressiva vicino alla chiusura e la pressione differenziale ai capi dell'impianto è elevata. In questi casi la presenza di una seconda camera di miscelazione può essere molto utile.

Il principio di funzionamento consiste nel suddividere la miscelazione in due parti:

- una parte viene realizzata in un dispositivo statico, che viene tarato sulla base del massimo carico;
- una parte viene realizzata da un dispositivo dinamico, che, quando il carico si riduce rispetto alle condizioni di progetto, riduce ulteriormente la portata alla temperatura di generazione.

Rispetto a una miscelazione tradizionale (Figura 12a), la miscelazione in due parti (Figura 12b) consente di fornire la maggior parte del fluido di ritorno nell'area "statica", lasciando all'attuatore "dinamico" solo la regolazione fine (Figura 13).

1 Circuiti e valvole di miscelazione

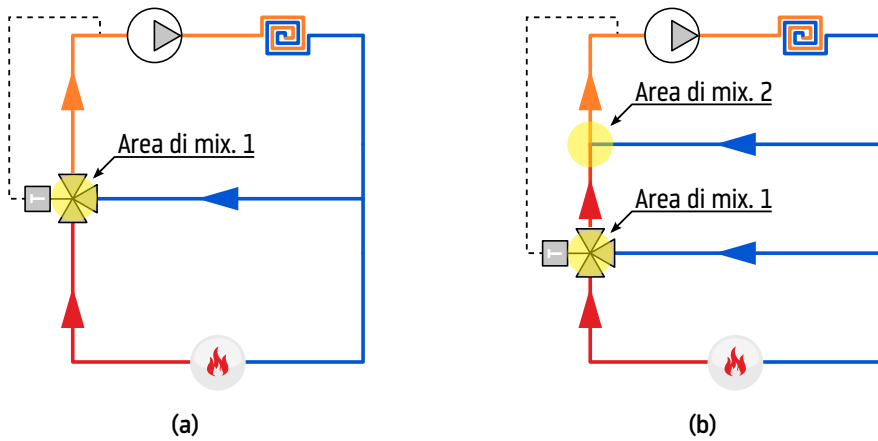


Figura 12. Sistema con singola camera di miscelazione (a) e con post-miscelazione (b).

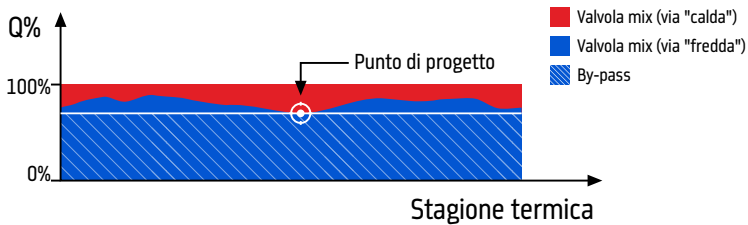


Figura 13. Contributi delle due aree di miscelazione durante la stagione: gran parte del fluido di ritorno viene fornito attraverso il dispositivo statico, mentre quello dinamico realizza la regolazione fine nei momenti di riduzione del carico.

L'aggiunta di un secondo punto di miscela può essere effettuata sia con valvole a due vie (Figura 14a) sia con valvole a tre vie (Figura 14b).

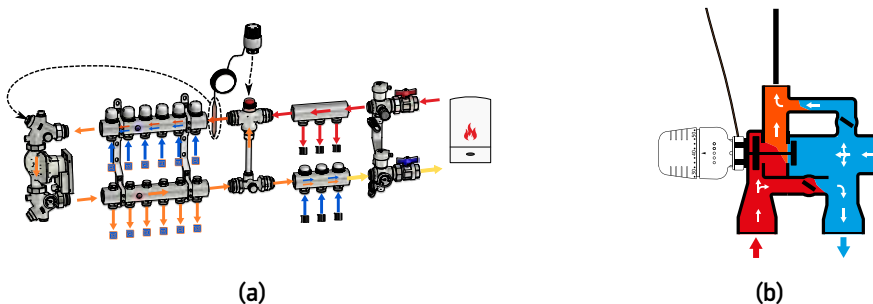


Figura 14. Esempi di gruppi di miscelazione con due aree di miscelazione: (a) valvola a due vie con pre-miscelazione e miscelazione nel collettore di ritorno; (b) valvola a tre vie con seconda miscelazione in by-pass.

Queste aree aggiuntive di miscelazione sono generate da passaggi regolabili per mezzo di selettori o valvole di tipo detentore.

I produttori offrono generalmente due metodi per la messa a punto:

1. un metodo "analitico";
2. un metodo "empirico".

Se si sceglie la prima strada, è necessario munirsi di uno schema semplificato dell'impianto e dei grafici dei componenti, per calcolare la posizione di apertura della valvola di regolazione.

Esempio. Trovare il numero di giri del by-pass che effettua la seconda miscelazione in una valvola miscelatrice a tre vie.

Soluzione. Con riferimento alla Figura 15a, il by-pass BII deve essere regolato in modo da fornire la portata "di ritorno" minima necessaria, che corrisponde al carico massimo (ad esempio, il giorno più freddo dell'anno in riscaldamento). Questa condizione corrisponde alla completa apertura della via diretta VD e, per come funziona la valvola miscelatrice a tre vie, alla completa chiusura della via di ritorno VA (Figura 15b). Assumiamo che la prevalenza fornita dalla pompa primaria, ΔP_{pr} , serva esattamente a compensare la perdita di carico del circuito primario, ΔP_1 . In questa ipotesi il circuito può essere semplificato come in Figura 15c, con via diretta e by-pass in parallelo.

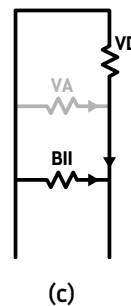
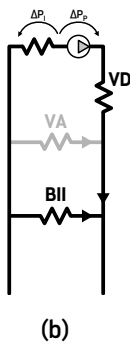
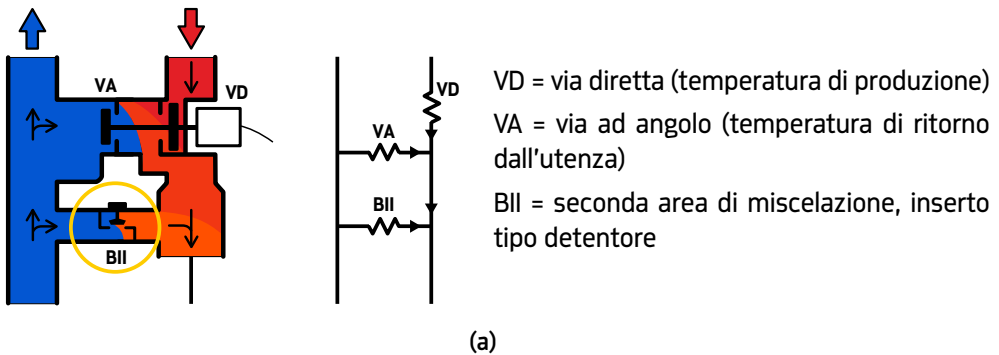


Figura 15. Schema di valvola miscelatrice con by-pass secondario (a). Condizione di massimo carico con via ad angolo chiusa (b). Circuito semplificato (c).

1 Circuiti e valvole di miscelazione

Per trovare il numero di giri corrispondente all'apertura corretta di BII, bisogna innanzitutto raccogliere i dati di progetto. Dobbiamo trovare la temperatura dell'acqua prodotta dal generatore θ_D , la temperatura desiderata a valle della miscelazione θ_M e la temperatura di ritorno dalle utenze θ_R , che è generalmente nota perché importante dato di progetto in fase di dimensionamento.

Supponiamo che sia:

$$\theta_D = 55 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_M = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_R = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

Applichiamo le Eqq. (1)-(2):

$$V'_D + V'_{BII} = V'_M \quad (8)$$

$$V'_D \theta_D + V'_{BII} \theta_R = V'_M \theta_M \quad (9)$$

con V'_{BII} portata attraverso il by-pass e θ_R la temperatura di ritorno dall'impianto.

Ricaviamo quindi le espressioni che ci permettono di trovare le proporzioni delle portate:

$$V'_D = V'_M \frac{\theta_M - \theta_R}{\theta_D - \theta_R} \quad (10)$$

$$V'_{BII} = V'_M - V'_D \quad (11)$$

Poiché V'_D e BII sono in parallelo, hanno le stesse perdite di carico. Possiamo quindi scrivere:

$$\left(\frac{V'_{BII}}{K_{V_{BII}}} \right)^2 = \Delta P_{BII} = \Delta P_{VD} = \left(\frac{V'_D}{K_{V_{VD}}} \right)^2 \quad (12)$$

dove $K_{V_{BII}}$ è proprio il coefficiente di flusso del by-pass nella posizione di regolazione corretta. $K_{V_{VD}}$ è invece il coefficiente di flusso della via diretta in condizione di massima apertura, fornito dal fabbricante.

Combinando le equazioni precedenti otteniamo:

$$K_{V_{BII}} = K_{V_{VD}} \left(\frac{V'_{BII}}{V'_D} \right) = K_{V_{VD}} \left(\frac{\theta_D - \theta_M}{\theta_M - \theta_R} \right) \quad (13)$$

Se $K_{V_{VD}} = 5,2$, otteniamo:

$$\theta_m = -K \times (\theta_e - \theta_{e,max}) + \theta_{m,min} \quad (14)$$

Il fabbricante fornisce anche il grafico contenente i coefficienti di flusso corrispondenti a diversi livelli di apertura. Entrando nel grafico è quindi possibile sapere di quanto aprire la valvola (Figura 16).

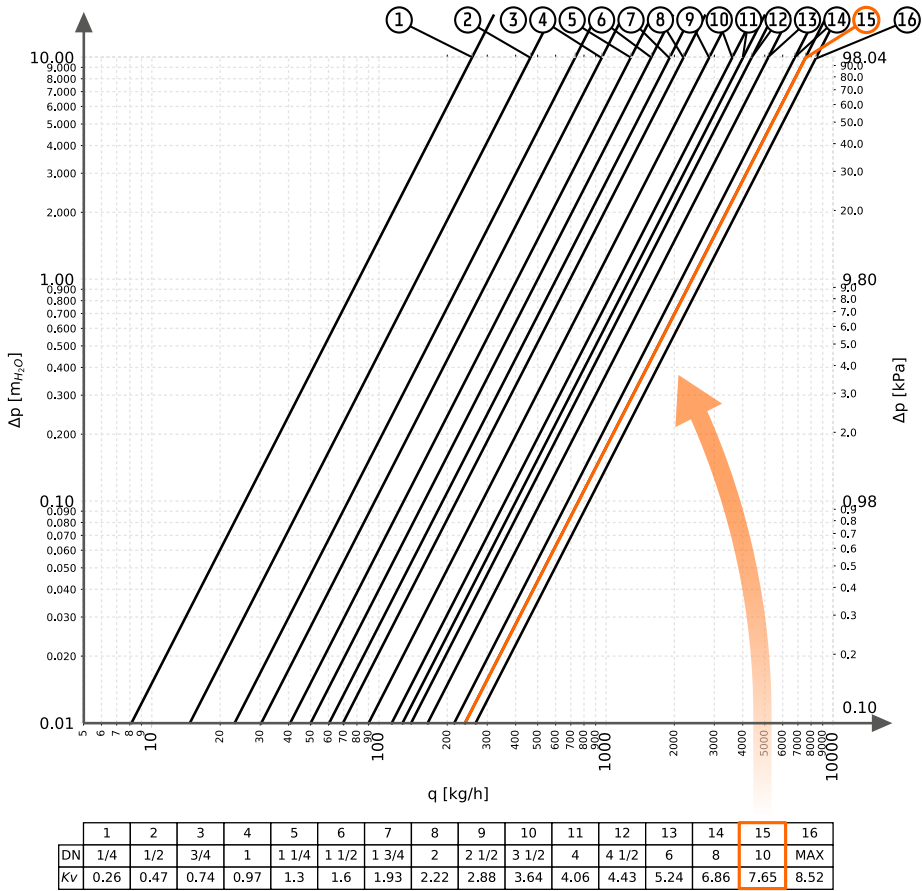


Figura 16. Individuazione della posizione di apertura mediante i dati forniti dal fabbricante.

Regoleremo quindi il by-pass quasi del tutto aperto e monteremo un attuatore sulla valvola miscelatrice, che interverrà quando il carico sarà inferiore rispetto alle condizioni di progetto. Più la temperatura di produzione e la temperatura di mandata sono lontane, più il by-pass va aperto. Non è raro che dai calcoli si trovi un valore di Kv_{Bil} superiore al massimo dichiarato, ma non è un grosso problema: non dimentichiamo infatti che stiamo trascurando l'apporto fornito dalla via ad angolo VA, un apporto gestito automaticamente quando l'attuatore verrà montato sulla valvola miscelatrice.

Il secondo criterio di messa a punto del dispositivo di miscelazione aggiuntiva è più pratico, non prevede calcoli e necessita solo di un termometro che permetta la visualizzazione della temperatura di mandata all'utenza.

Si parte sempre dalla condizione di valvola miscelatrice tutta aperta (senza attuatore montato). Si apre completamente anche il dispositivo di regolazione, Bil nell'esempio precedente, e si attende che la temperatura di mandata all'utenza si stabilizzi.

Se la temperatura osservata è più alta di quella richiesta dal progetto vuol dire che più di così non si può fare, quindi si monta semplicemente l'attuatore che automaticamente chiuderà la via diretta di quel che basta per riportare la temperatura al valore desiderato.

Se invece è inferiore rispetto al valore di progetto si comincerà lentamente a chiudere BII, sempre attendendo che il valore letto sul termometro si stabilizzi, finché non è prossimo a quello di progetto. A questo punto si monta l'attuatore, che si occuperà di reagire automaticamente alle variazioni del carico.

1.3.7 Tecnologia di azionamento

Le valvole ad azionamento assiale sono caratterizzate da un pistone, mosso dall'attuatore, che fa avanzare un otturatore e da una sede sulla quale l'otturatore fa tenuta in chiusura. Le valvole di regolazione assiali prevedono un senso di circolazione dell'acqua che apra l'otturatore e lo allontani dalla sede: se il verso non è rispettato, il flusso tende a portare l'otturatore in chiusura e non è infrequente che questo generi un treno di brusche aperture e chiusure (martellamento). Nel caso di valvole miscelatrici a tre vie è particolarmente importante creare geometrie che permettano di compensare le diverse pressioni differenziali che agiscono tra ramo diretto e ramo comune e tra ramo di ritorno e ramo comune.

Le informazioni essenziali per le valvole ad azionamento assiale sono:

- la direzione di flusso;
- indicazioni sulla forza minima che l'attuatore deve applicare per permettere la chiusura, fornite dal produttore (ad esempio, 100 N).

Nelle valvole miscelatrici a settore l'elemento di chiusura è una parete (un "sette") rotante che va a ostruire i due ingressi a seconda del valore della grandezza regolata. Si tratta in generale di dispositivi con perdite di carico, ma anche capacità di tenuta, inferiori rispetto alle valvole assiali. È possibile trovare questa informazione come percentuale di trafileamento rispetto alla massima apertura (ad esempio, 0,5% del Kvs). Un altro dato importante che il produttore deve fornire è la coppia di azionamento minima necessaria per muovere l'otturatore (ad esempio, 1 N·m).

1.3.8 Avvertenze per l'uso

Quando si ha a che fare con valvole di regolazione è opportuno tenere presenti alcuni elementi che ne possono determinare il buono o cattivo funzionamento, elencati in generale nel capitolo 11 del primo volume.

La pressione differenziale ai capi della valvola è un parametro molto importante non solo in relazione all'autorità, e quindi alla capacità di controllo, ma anche per motivi funzionali. L'attuatore infatti applica una forza al pistone (o una coppia al rotore), ma se la pressione differenziale ai capi della valvola è troppo elevata tale forza non è sufficiente per regolare bene e, nei casi più gravi, persino per chiudere.

È bene poi ricordare che è essenziale rispettare il verso del flusso, tanto che il fabbricante si prende addirittura la briga di stamparlo sul corpo della valvola (o incorporarlo nella fusione).

Sul corpo di una miscelatrice a tre vie vengono infatti indicati gli ingressi, spesso con un simbolo simile a quello di Figura 17. Salvo indicazioni contrarie da parte del fabbricante, è possibile usare la valvola anche come deviatrice collegando l'ingresso al "comune" e le due uscite alternative ai due ingressi.

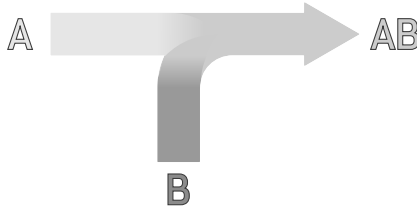


Figura 17. Simbolo indicante i versi di flusso in una valvola a tre vie. In miscelazione, "AB" è l'uscita comune, mentre in deviazione è l'ingresso da cui l'acqua viene smistata verso l'uscita "A" o l'uscita "B".

Capita non di rado di vedere valvole miscelatrici montate con collegamenti "artistici" che però danno luogo a funzionamenti sorprendenti...

Nei consigli utili non si può non sottolineare ancora una volta l'importanza di posizionare correttamente il circolatore, che deve trovarsi sul ramo comune a valle dei due ingressi di miscela. Se il circolatore è posizionato male, la valvola lavorerà in deviazione anziché in miscelazione e l'impianto non funzionerà come previsto.

1.4 Regolazione: principi e dispositivi

1.4.1 Scopo

Una buona regolazione della miscelazione deve permettere di raggiungere due obiettivi:

1. ottenere la temperatura di mandata desiderata;
2. mantenerla stabile.

In genere tutte le valvole possono essere "regolate" manualmente, ma non è questa la regolazione a cui ci riferiamo. La regolazione manuale è infatti a posizione fissa e nella pratica non è pensata per adeguarsi di continuo alle variazioni delle condizioni al contorno. I principi generali della regolazione automatica sono riportati nel capitolo 10 del primo volume. Di seguito passiamo in rassegna le tipologie di valvole, attuatori e regolatori in uso per controllare i circuiti miscelati.

Una prima distinzione che possiamo effettuare è tra sistemi meccanici e sistemi elettronici. Nel primo caso, parliamo sostanzialmente di sistemi di regolazione dedicati a mantenere una grandezza sempre allo stesso valore. Un esempio tipico sono i circuiti di miscela "a punto fisso" nei quali si utilizzano teste termostatiche molto simili a quelle utilizzate per le valvole da radiatore. Il sensore è costituito da un bulbo contenente liquido termosensibile che si dilata e si contrae in funzione della temperatura dell'acqua (e non dell'aria ambiente come nel caso delle valvole da radiatore). La dilatazione del liquido aziona lo stelo dell'otturatore

della valvola e la connessione è assicurata da un capillare. Questo regolatore è di tipo P (proporzionale). Una "testa" graduata consente di scegliere la temperatura alla quale l'otturatore va in battuta. Il meccanismo è identico a quello delle valvole termostatiche per radiatori ma sulla testa sono indicate le temperature di regolazione da 25 a 70 °C circa, esplicite e molto diverse da quelle delle teste termostatiche da radiatore.

L'installazione del bulbo avviene in un pozzetto immerso nel flusso (Figura 18a/b) oppure a contatto con una parte metallica in mandata (tipicamente, il collettore), a patto che vengano usati pasta conduttiva e appositi fissaggi (Figura 18c).

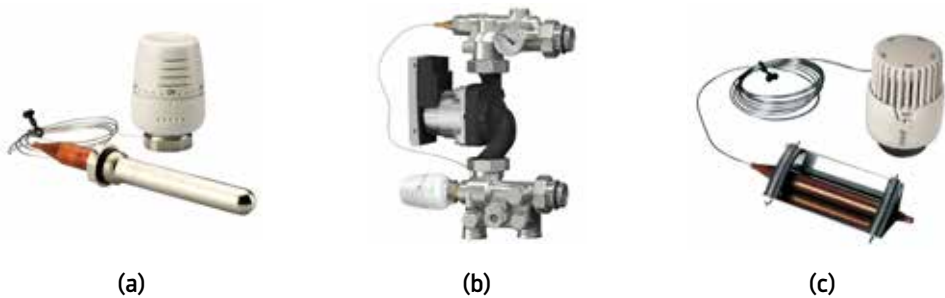


Figura 18. Testa termostatica per il controllo della miscelazione con pozzetto a immersione (a) ed esempio di installazione (b). Esempio di testa con fissaggio a contatto sul collettore di mandata (c).

Meno comuni, ma comunque presenti sul mercato, sono i miscelatori termostatici con sensore incorporato, in cui l'elemento termosensibile, questa volta a espansione di cera, si trova a contatto diretto con il liquido miscelato. Per come sono concepiti, i miscelatori termostatici con sensore incorporato si trovano solo nella variante a tre vie.

I dispositivi meccanici consentono solo di effettuare la cosiddetta "regolazione a punto fisso", ove il "punto fisso" è il valore della temperatura di set-point che impostiamo una volta per tutte sulla manopola.

Con i dispositivi sul mercato al giorno d'oggi possiamo realizzare molto, ma dobbiamo innanzitutto sapere cosa vogliamo. Le prime domande da porci quando dobbiamo scegliere un sistema di controllo della miscelazione sono:

1. L'impianto funziona in solo riscaldamento?

Se l'impianto prevede anche il raffrescamento, sappiamo già di dover optare per una regolazione elettronica, in modo da poter avere almeno due set-point indipendenti per il funzionamento invernale ed estivo.

2. Il dispositivo che effettua la miscelazione ha delle restrizioni in termini di attuatori installabili?

Non tutti i vitoni delle valvole sono adatti ad essere attuati da qualunque dispositivo. Per esempio, se l'attuatore non è autoadattante l'otturatore deve tenere conto di fattori aggiuntivi, come l'extra-corsa del motore (Figura 19).



Figura 19. Esempi di otturatori per comando termostatico (a) e motorizzato (b) in una valvola a due vie.

3. Desidero un sistema compensato?

Anche in questo caso una risposta positiva esclude i dispositivi meccanici. Per “compensazione” si intende una correzione del set-point della temperatura di mandata in funzione di un'altra grandezza, per esempio la temperatura esterna. Questa tecnica consente di rendere la risposta del sistema alle variazioni di carico più stabile e spesso è già inclusa nei controlli del generatore, nel qual caso è inutile replicarla, ad esempio, per controllare una valvola miscelatrice sul circuito utilizzatore.

Approfondimento: la compensazione

Il controllo a punto fisso della miscelazione fa sì che la temperatura di mandata venga tenuta sempre costante allo stesso valore (a meno di interventi dell'utente durante la stagione termica, che non sono molto frequenti). In particolare, il set-point non cambia in funzione delle variazioni del carico.

Tuttavia si può intuire che al diminuire del carico richiesto, per esempio in riscaldamento, sia sufficiente una temperatura di mandata inferiore per raggiungere un buon confort in ambiente: anzi, ridurla in funzione del carico può aiutare a stabilizzare la regolazione della temperatura ambiente perché altrimenti sarebbero richieste aperture minime delle valvole di regolazione, con rischio di oscillazioni e sovraelongazioni, cioè superamenti della temperatura ambiente desiderata.

Un accorgimento è variare il set-point in funzione di un'altra quantità che ben rappresenti il carico termico. La più conosciuta tra queste strategie è la cosiddetta compensazione climatica, così chiamata perché il set-point viene modificato dal regolatore elettronico in funzione della temperatura esterna. In altre parole, quando fuori fa freddo si suppone che il carico termico sia superiore, quindi il set-point è più alto, mentre nelle mezze stagioni, quando il clima è più mite, il set-point viene abbassato.

I regolatori dedicati a questa funzione permettono di modificare la dipendenza del set-

point dalla temperatura esterna impostando alcuni parametri, in particolare la pendenza e lo scostamento. Nella pratica, la funzione dipende dalla temperatura massima dell'acqua corrispondente alla temperatura esterna minima ed è limitata dalla temperatura ambiente che si vuole raggiungere. Ad esempio: la temperatura esterna minima della località in esame sia pari a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, corrispondente a una temperatura di mandata massima di $45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se la temperatura ambiente desiderata è $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, si assume che questa sia anche la minima temperatura di mandata che raggiunge l'impianto. Nell'ipotesi che essa debba essere raggiunta quando fuori ci sono $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, ecco che possiamo calcolare la pendenza della curva come $K = (45 - 20)/(15 - (-10)) = 1$. In base a questo risultato, data una temperatura esterna θ_e la temperatura di mandata si calcola come

$$\theta_m = -K \times (\theta_e - \theta_{e,max}) + \theta_{m,min} \quad (15)$$

Quindi a una temperatura esterna di $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ secondo questa curva corrisponde una temperatura di mandata di $-1 \times (5 - 15) + 20 = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

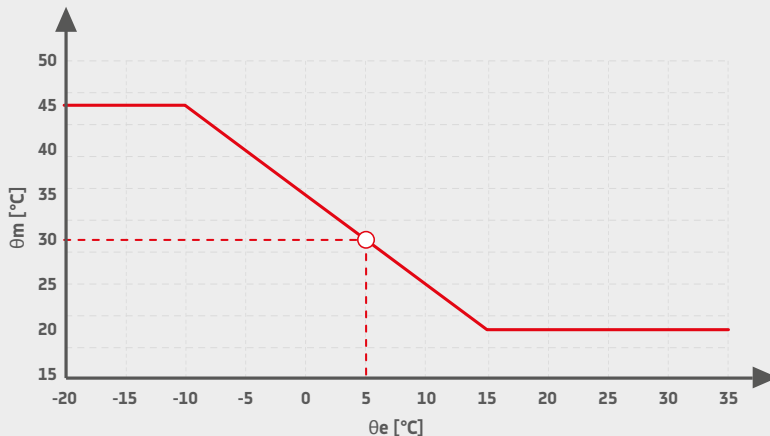


Figura 20. Esempio di curva di compensazione climatica.

Un'altra tecnica di compensazione consiste nel variare il set-point in modo da mantenere costante il salto termico a cavallo dell'utenza. Ciò si realizza nella pratica controllando il set-point in funzione della temperatura di ritorno: l'idea è che se l'utenza sta richiedendo meno potenza la temperatura di ritorno tenderà ad aumentare, per cui ha senso in questo caso diminuire la temperatura di mandata.

È possibile infine variare il set-point di temperatura dell'acqua direttamente in base allo scostamento tra misura e valore desiderato di temperatura ambiente. Questo controllo può essere anche abbinato alla compensazione climatica.

Si ricorda infine che la compensazione non è un sistema di regolazione della temperatura ambiente ma ha solo la funzione di adattare la potenza disponibile al carico prevedibile per aiutare la regolazione vera e propria.