

Introduzione

Contenuto

Questa edizione, completamente riveduta e aggiornata, è stata ampliata e completata per risultare adeguata alle recenti normative sul risparmio energetico negli edifici pubblici e privati. Sviluppa esaustivamente quegli aspetti impiantistici destinati all'adeguamento degli impianti idrosanitari, di riscaldamento e di climatizzazione nei casi in cui, dovendo rinnovare le installazioni, per obbligo di legge occorre intervenire su tutta la struttura edilizia. Particolare attenzione è stata data ai riferimenti che riguardano la normativa.

Suddivisione e configurazione degli argomenti

Il manuale è diviso in 17 capitoli. Dal capitolo 1 al capitolo 15, il testo segue lo sviluppo logico di altrettante aree didattiche. Il capitolo G tratta gli aspetti più generali. Il capitolo K sviluppa a livello pratico il percorso che si deve seguire per la realizzazione degli impianti e le numerose esercitazioni hanno lo scopo di stimolare il lettore a verificare il suo grado di apprendimento. Ciascun capitolo enuncia in apertura un semplice progetto guida, che precede l'indice. Il progetto guida è ogni volta rappresentato graficamente con una sezione dell'edificio in cui si deve intervenire per effettuare interventi di natura idraulica, termica, di ventilazione o di condizionamento secondo i casi. Le esercitazioni e gli esercizi si riconducono sempre al progetto guida, che viene di volta in volta visto sotto angolazioni diverse.

A ogni capitolo è assegnato un pittogramma, disposto sul bordo superiore delle pagine, che rimanda al contenuto. In questo modo viene assicurato un orientamento comodo e rapido per la ricerca nel volume dei vari argomenti.

Concezione metodologica

Ogni capitolo è preceduto da un tema applicativo presentato come una richiesta da parte di un ipotetico cliente, che si rivolge al tecnico per risolvere i suoi problemi. Il manuale esamina i vari argomenti sotto l'aspetto tecnologico, matematico, grafico e progettuale. In questo modo, ciascun tema trattato può essere sviluppato ed esaminato nella sua realizzazione pratica. I principi da ricordare, le formule ed i quesiti posti per il controllo dell'obiettivo didattico sono evidenziati in colore. Più di mille fotografie e disegni in quadricromia, congiuntamente alle numerosissime tabelle ed ai diagrammi, consentono di elaborare autonomamente lo svolgimento delle esercitazioni. I temi sviluppati si concludono sempre con l'esecuzione dell'ordine del cliente. Due ulteriori esercitazioni servono ad approfondire le nozioni apprese. Nell'ultimo capitolo del volume è rappresentato un progetto generale in cui si utilizzano i contenuti presentati nell'opera.

Destinatari

Il nuovo manuale di termoidraulica è destinato alla preparazione e all'aggiornamento professionale dei tecnici impiantistici e come utile testo pratico di informazione, di riferimento e di documentazione per ingegneri, architetti, geometri e periti industriali. È sicuramente un testo di utile consultazione per la preparazione degli esami e fornisce moltissime risposte specifiche agli interrogativi che sorgono durante il tirocinio pratico.

Gli autori e la casa editrice ringraziano anticipatamente tutti i lettori per qualsiasi annotazione critica e proposta di miglioramento che vorranno fare pervenire all'editore.

Note del curatore dell'edizione italiana

Da quando l'omo sapiens è apparso sulla Terra, lo stesso ha costantemente cercato di migliorare le condizioni fruibili e funzionali delle strutture che ha edificato.

Le civiltà più antiche hanno sperimentato e messo a punto soluzioni tecnicamente avanzate – talvolta di una semplicità disarmante, come i geniali camini a vento e i solai piani aerati e termocompensati ideati dalla civiltà araba – sempre nel tentativo di migliorare il comfort dell'edificio, ridurre il tasso interno di umidità, proteggere dalle intemperie, evitare eccessive escursioni termiche.

L'arricchimento delle conoscenze non solo tecnologica ma altresì igienico-sanitaria da un lato, ma soprattutto dall'altro, l'incremento continuo dei consumi energetici, ha messo in evidenza dei contrasti che non sono oggi facili da appianare.

Ancora per la generazione di metà novecento era frequente andare a dormire in camere non riscaldate e lavarsi al mattino il viso con l'acqua fredda. Era maggiormente salutare. Però l'uomo moderno non accetta più questa realtà che definisce inaccettabile carenza di comfort.

Un tempo il ricambio dell'aria interna alla struttura era almeno parzialmente assicurato dalla scarsa tenuta dei serramenti perimetrali, e i camini e le stufe provvedevano a svolgere egregiamente la funzione di estrazione forzata. La necessità di ridurre le dispersioni termiche ha portato a montare solo più serramenti a tenuta – per obbligo di legge – riducendo a zero il ricambio interno d'aria. Poi si è scoperto che gli edifici stagni soffrono di SEM – cioè di *sindrome dell'edificio malato*¹⁾ – realtà che crea scompensi anche gravi a chi vi soggiorna, da quelli psicologici a quelli fisiologici. In conclusione, parrebbe che, con l'ultima normativa in vigore, si debba inevitabilmente dotare tutti gli edifici, a partire dalle abitazioni private, di un impianto di aria condizionata, unica soluzione ottimale che concorre a ridurre le dispersioni termiche e a ricambiare e mantenere pulita e salubre l'atmosfera interna.

Un'obiezione al riguardo può essere quella di notare che un impianto di condizionamento d'aria completo, con trattamento termico, controllo dell'umidità ambiente e filtraggio, non solo richiede un dispendio energetico che in molti casi non compensa il risparmio conseguente alla minore dispersione termica, ma ha anche un costo di realizzazione, di ammortamento, di manutenzione e di gestione non indifferente. Quindi, nella filiera dell'esigenza dell'individuo, lo stesso finisce con l'essere costretto a guadagnare di più per riuscire a consumare meno energia e, con l'aumento di attività che lo stesso deve affrontare per poter pagare i consumi dell'impianto di condizionamento, si può affermare provocatoriamente che il divario energetico globale in alcuni casi cresce anziché diminuire.

Se è pur vero che nell'edificio il condizionamento totale migliora drasticamente la qualità dell'aria, non è sbagliato rispolverare quei sani concetti di vita del passato che tempravano anche fisiologicamente la persona e che erano non solo parsimonia, ma anche l'indossare calzini e maglione di lana se d'inverno si sente più freddo in casa durante la digestione, anziché portare i termostati a 25 °C, perché il tecnico, per quanto riguarda l'impiantistica, oggi non può più applicare soluzioni alternative che non siano conformi alla normativa vigente.

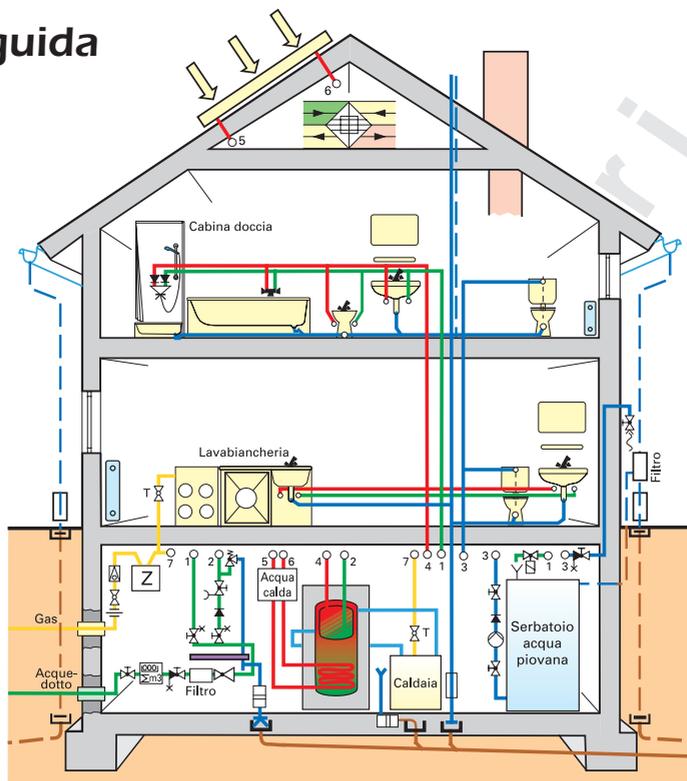
Si è cercato di conservare con attenzione i pregi didattici del testo originale, pragmaticamente elementare (seppure con qualche pagina discretamente impegnativa). Nelle esercitazioni più complesse, al lettore è richiesto (anche se in modo non esplicito) di fare uno sforzo di approfondimento consultando testi collaterali, siti internet, manuali tecnici, positivo stimolo a proseguire nell'acquisizione di conoscenza. I numerosi richiami ai testi di legge tedeschi sono stati tutti riallineati con la legislazione italiana e le Norme DIN (sempre più frequentemente coincidenti con le Norme EN) seppure in qualche caso conservate, sono state sostituite con quelle corrispondenti UNI-CIG o UNI-CEI.

GEB

¹⁾ Un esaustivo approfondimento sull'argomento è trattato nel volume dell'autore *Progettazione senza barriere*, Napoli, Sistemi Editoriali, 2004.



Progetto guida



1 Esempi elementari di installazione e di fissaggio



2a Esempio di installazione di rete idrica



2b Filiera del controllo di qualità



3 Montaggi su pareti e autoportanti



4 La manutenzione degli impianti



5 L'impianto domestico di acqua potabile



6 Impianti di scarico



7 Impianti di riscaldamento



8 Attrezzatura e allestimento degli ambienti sanitari



9 Generatori di calore



10 Sistemi di termoregolazione



11 Riscaldamento dell'acqua sanitaria



12 Impianti di alimentazione del combustibile



13 Impianti di trattamento dell'aria



14 Riparazione e manutenzione degli impianti



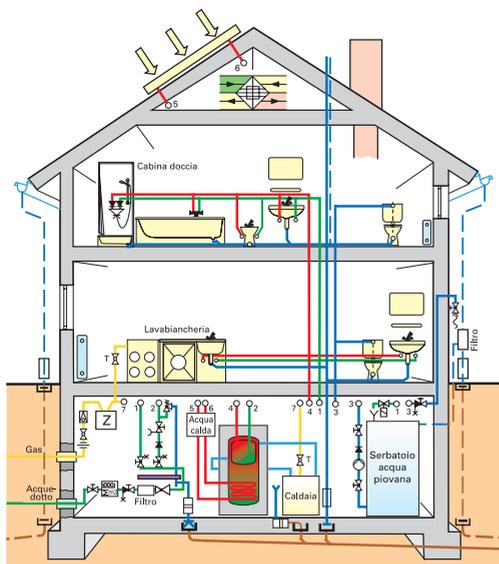
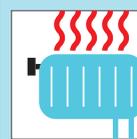
15 Impianti per il risparmio energetico



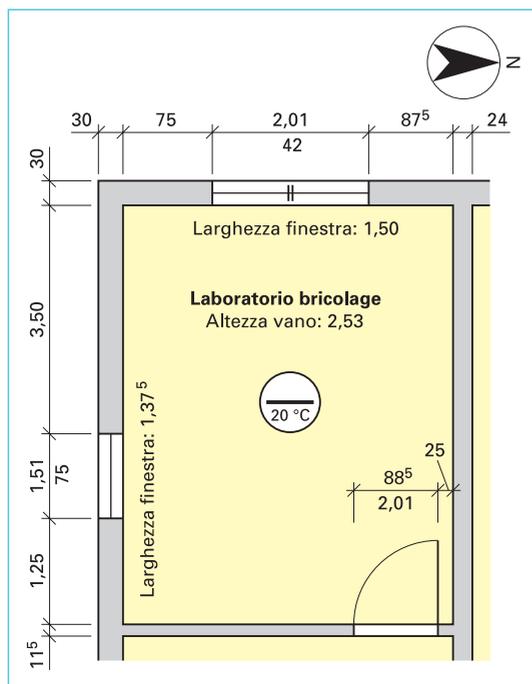
7

Impianti di riscaldamento

Heat distribution systems



Progetto guida



- 7.1 Sistemi di distribuzione
Heat distribution systems
- 7.2 Pompe di ricircolo – *Heat pumps*
- 7.3 Corpi scaldanti – *Heating surfaces*
- 7.4 Rubinetterie per uso termico
Heater system fittings
- 7.5 Montaggio degli impianti
Installation of heating systems
- 7.6 Rappresentazione grafica
Presentation of heat distribution systems
- 7.7 Calcolo degli impianti
Calculations for heat distribution systems
- 7.8 Esecuzione dell'ordine
Solution for the customer
- 7.9 Esercitazioni didattiche
Learning situations

Richiesta del cliente

Appunto del colloquio con
Signora Bianchi,
via Nazionale, 75 - Milano
Tel. + Fax 02.1234567

Motivo

La famiglia Bianchi vorrebbe riscaldare il ripostiglio situato al pianterreno, per usarlo come stanza da bricolage.

Richiesta del cliente

- Concordare un appuntamento per ispezionare il vano.
- Proposte sulla possibilità di riscaldare il vano, allacciando l'estensione all'impianto di riscaldamento esistente.
- Consigli per le misure di coibentazione.
- Calcolo dei costi dell'operazione.

Il tecnico potrà proporre soluzioni alternative se l'allacciamento all'impianto preesistente risultasse troppo gravoso e anche in funzione degli intervalli di tempo durante i quali il laboratorio viene effettivamente utilizzato.



7 Impianti di riscaldamento

L'impianto di riscaldamento non solo ci protegge dalle avverse condizioni climatiche, ma svolge anche un ruolo protettivo dell'edificio in cui è installato. Il riscaldamento degli edifici è oggi orientato verso i sistemi centralizzati, che presentano notevoli vantaggi di economia energetica rispetto al riscaldamento individuale in quanto:

- si usa una sola caldaia nell'edificio, con migliore utilizzo energetico;
- permette economia di spazio e riduce i problemi di manutenzione;
- col sistema di contabilizzazione individuale lascia la stessa libertà di gestione del sistema a caldaie individuali.

Il riscaldamento centralizzato ha anche degli svantaggi:

- maggiori costi di acquisto;
- se la caldaia si guasta, si interrompe il riscaldamento dell'intero edificio;
- se una o più unità condominiali rimangono disabitate è difficile ottenere dai proprietari la garanzia di una temperatura minima di mantenimento.

I riscaldamenti centralizzati possono essere suddivisi secondo varie caratteristiche (**tabella 1**).

Il mezzo portatore di calore, in genere l'acqua, viene riscaldato in un generatore di calore e condotto

ai vani riscaldati attraverso le tubazioni di alimentazione termica. L'acqua cede all'ambiente il suo calore e viene ricondotta al generatore termico attraverso le tubazioni di ritorno.

La trasmissione di calore nei vani avviene mediante irraggiamento e convezione (**fig. 1**).

Secondo le esigenze e la conformazione dell'edificio, si può avere la concomitanza di due o più sistemi diversi, ad esempio: nei locali principali dell'abitazione una caldaia per la produzione di acqua calda termica e sanitaria, nel sottotetto mansardato una pompa di calore e in tavernetta un caminetto a legna.

7.1 Sistemi di distribuzione

Il sistema a caldaia e termosifoni può essere realizzato con:

- sistema monotubo;
- sistemi a due tubi;
- sistema con ricircolo localizzato (caso degli alberghi).

7.1.1 Distribuzione discendente

La distribuzione discendente si ha quando il generatore termico è sistemato alla sommità dell'edificio su un terrazzo o nel sottotetto. Le colonne di distribuzione sono in questo caso discendenti. Dal momento che l'acqua calda tende a risalire nei tubi perché è più leggera di quella fredda, il sistema richiede per il funzionamento l'uso di pompe di ricircolo (**fig. 1**). La caldaia montata sull'ultimo solaio richiede un buon isolamento acustico per evitare trasmissioni di rumore ai vani sottostanti, verosimilmente abitati.

Tabella 1: Suddivisione dei sistemi di riscaldamento centralizzato	
Caratteristica distintiva	Tipi di impianto termico
Carburante, forma di energia	Carburante solido (legna, carbone), gasolio, gas (metano,/gpl), elettricità, energie alternative
Generatore di calore	Caldaia tradizionale, pompa di calore, impianto a pannelli solari a glicole, a fotocelle, teleriscaldamento
Mezzo portatore di calore	Acqua calda, vapore acqueo, aria
Circolazione	Circolazione forzata (a pompa), circolazione a gravità (obsoleta)
Pressione del sistema	Impianto chiuso, aperto (tipo del polmone di espansione)
Sistema di rete tubazioni	Sistema a uno o due tubi; distribuzione ascendente, discendente, al piano
Superfici termiche	Corpi termici, riscaldamento a superficie (a pavimento, a parete, a soffitto)
Riscaldamento dell'acqua potabile	Centrale/decentrato

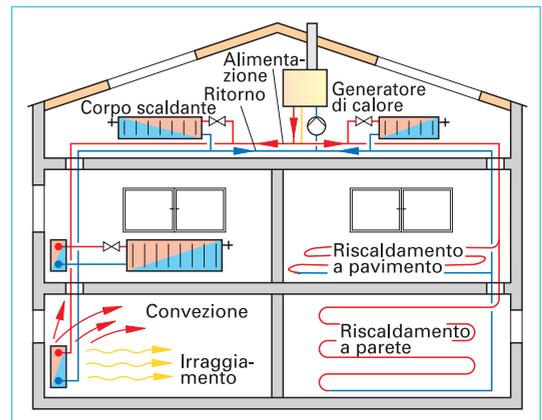


Figura 1: Impianto di riscaldamento centralizzato, sistema a due tubi, distribuzione superiore

7.1.2 Distribuzione ascendente

Nella distribuzione ascendente le colonne partono dal seminterrato, dove è posizionato anche il generatore di calore. Un tempo si usava la circolazione naturale dell'acqua calda che man mano, scaldandosi, sale per differenza di densità verso la sommità delle colonne. Attualmente la circolazione è forzata per mezzo di pompe di ricircolo (fig. 1).

7.1.3 Riscaldamento a due tubi

Nel riscaldamento a due tubi, l'acqua calda scorre dal generatore di calore verso i corpi scaldanti e ritorna in caldaia attraverso una tubazione di ritorno separata dalla prima.

La doppia tubazione permette di usare meno energia per pompare l'acqua calda in tutto l'impianto, perché le resistenze d'attrito sono minori. Un ulteriore vantaggio è dato da una temperatura più uniforme dell'acqua calda che raggiunge i corpi scaldanti (fig. 1).

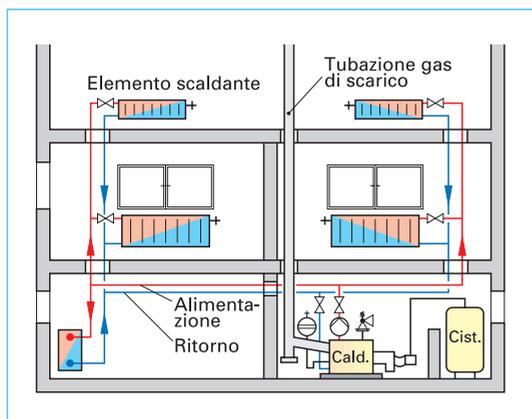


Figura 1: Riscaldamento a doppio tubo, con distribuzione ascendente

7.1.4 Riscaldamento a tubo singolo

Nel riscaldamento a tubo singolo, l'acqua calda scorre in un unico tubo da un elemento scaldante al successivo. Appare evidente che l'acqua, attraversando i singoli corpi scaldanti, cede calore e la sua temperatura diminuisce man mano che raggiunge i corpi più lontani (fig. 2).

La maggiore economicità di realizzazione dell'impianto non è certo compensata dalla funzionalità della gestione e da un comfort termico ottimale.

In questo sistema, si cerca di ovviare al calo di temperatura montando via via corpi scaldanti con superfici maggiori. La pratica, tuttavia, suggerisce che non si riesce comunque a installare più di una mezza dozzina di corpi scaldanti in totale.

Il sistema contempla il montaggio di valvole a due vie su ciascun elemento scaldante, in modo da non interrompere il flusso dell'acqua quando si esclude dal circuito uno degli stessi (fig. 3).

È indubbio che l'economia che si ottiene risparmiando la posa di un tubo non compensa affatto il maggior costo di installazione di elementi con maggiori dimensioni, anzi è certo che la spesa complessiva per realizzare l'impianto risulterà maggiore. L'adozione di una doppia tubazione di rame è la giusta soluzione.

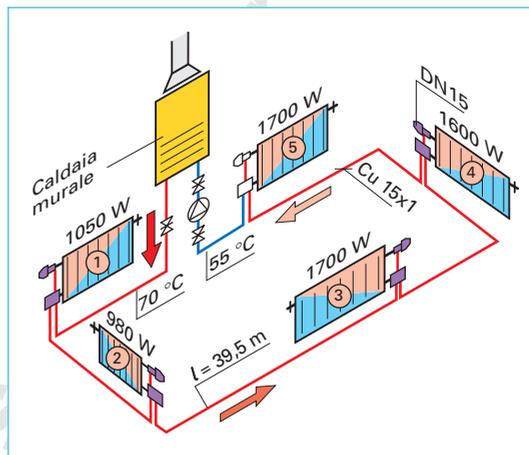


Figura 2: Riscaldamento a tubo singolo

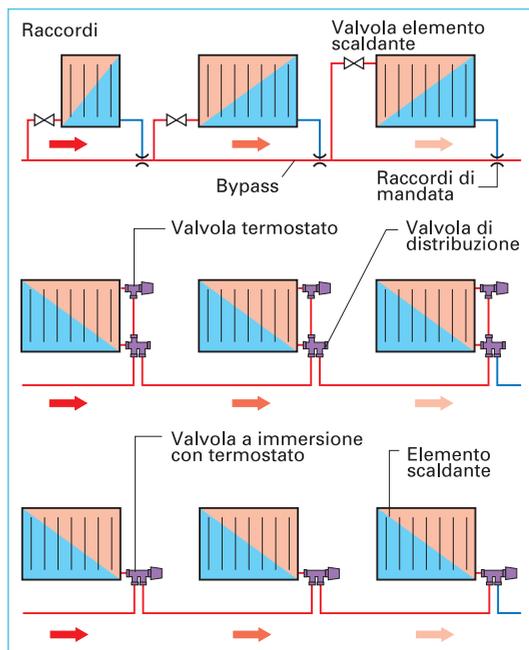


Figura 3: Allacciamenti ai corpi scaldanti a tubo singolo



L'efficienza di trasmissione termica di un corpo scaldante è in funzione del colore della sua superficie, per un principio fisico ampiamente sperimentato e noto dalla metà del diciannovesimo secolo. Di solito, i termosifoni si dipingono con tinte chiare. In realtà, dovrebbero essere tutti dipinti di nero

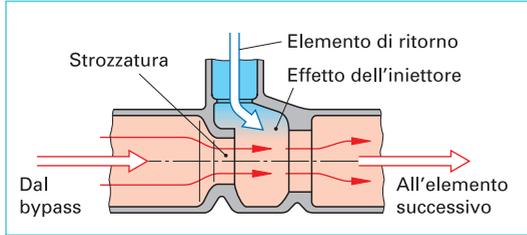


Figura 1: Raccordi di aspirazione

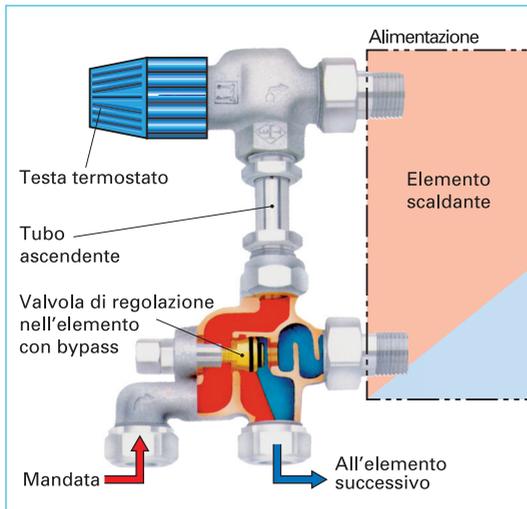


Figura 2: Valvola per tubo ascendente

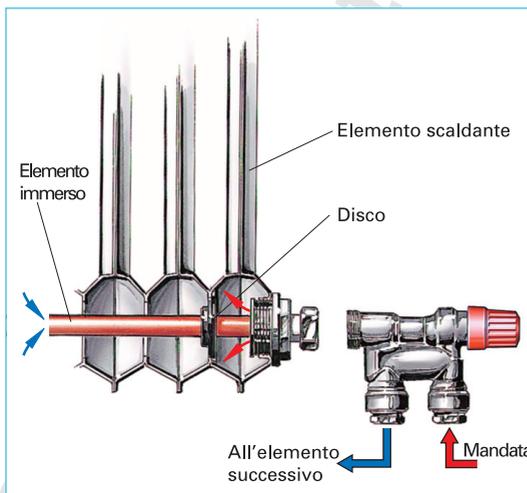


Figura 3: Valvola ad immersione

opaco perché in questo modo emettono il maggior flusso termico per unità di superficie, a ogni lunghezza d'onda per ogni data temperatura.

7.1.5 Riscaldamento autonomo

Nel riscaldamento autonomo il generatore termico è una caldaia murale che può produrre acqua calda sanitaria e termica. L'impianto di distribuzione in questo caso è orizzontale ed è allacciato ai vari corpi scaldanti dell'appartamento. Attualmente si usa il sistema di circolazione a due tubi o ad anello o a stella.

In alternativa ai termosifoni si possono alimentare zoccoli scaldanti o pavimenti termici ottenuti montando i tubi nudi sotto uno speciale battiscopa o una serpentina nel massetto sotto il pavimento (fig. 4).

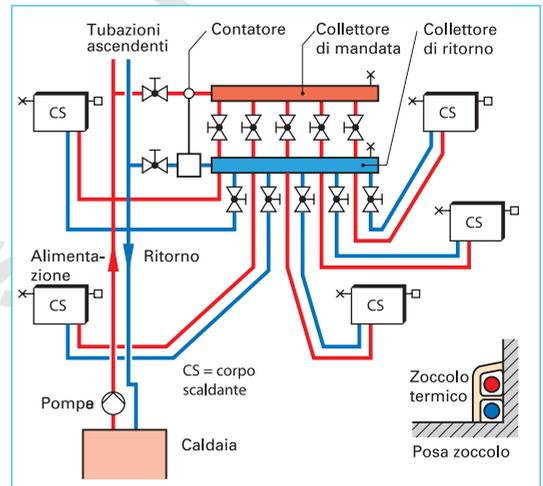


Figura 4: Riscaldamento autonomo, collegamento a stella

7.1.6 Tipi di tubi

Per realizzare le reti di distribuzione dell'acqua calda si possono usare gli stessi tipi di tubo degli impianti dell'acqua calda sanitaria.

Nella pratica i vari produttori realizzano sia le tubazioni sia anche i relativi raccordi. I tipi di tubi, designati secondo i materiali usati, sono descritti nei particolari nel capitolo **Principi didattici G1**. Si distinguono i seguenti tipi.

- **Tubi di ferro:** i più economici sono di ferro nero da saldare.
- **Tubi di rame:** di solito hanno una copertura in PVC o una coibentazione in materiale espanso.
- **Tubi di plastica:** polietilene reticolato (PE-X), polipropilene (PP) e polibutene (PB).
- **Tubi di materiale composito:** ad esempio, plastica e alluminio.

I tubi di rame, plastica e materiale composito vengono usati prevalentemente nell'edilizia civile. Esistono in forma rigida per tubazioni montanti e flessibile per posa su massetto. I tubi coibentati riducono le dispersioni termiche nei transiti non protetti.

Come **tecniche di giunzione** di questi tipi di tubi si usano di solito giunzioni a pressione, come la pres-

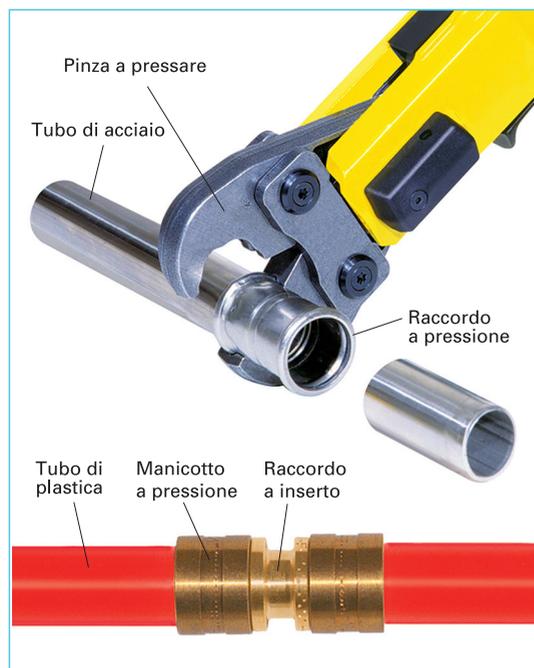


Figura 1: Pressatura radiale

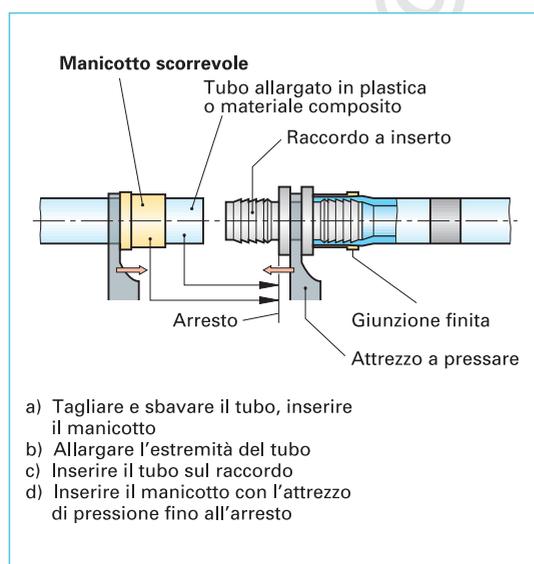


Figura 2: Sistema di collegamento assiale

atura radiale, o la tecnica a manicotto scorrevole per la pressatura assiale (figg. 1 e 2).

Nei tubi di rame è consueta la giunzione mediante brasatura tenera o dura. Utilizzando raccordi e manicotti conformati si usa in genere la brasatura tenera. Per gli impianti a pannelli solari, a causa delle maggiori temperature d'esercizio, è prescritta la brasatura dura (fig. 3).

Solo gli allacciamenti alla caldaia, ai distributori, alle pompe e ai corpi scaldanti vengono realizzati con raccordi avvitati (fig. 3).

Il tubo di rame posato anche nudo e fissato su supporti (non troppo distanziati per evitare un eventuale festonamento che si produce nel corso del tempo) nel tempo risulta particolarmente poco invasivo. Si può facilmente anche verniciare con colori a scelta.



Figura 3: Raccordi avvitati

Esercitazioni

- 1 Con quali caratteristiche distintive è possibile valutare e suddividere gli impianti di riscaldamento centralizzato?
- 2 Con quale disposizione del generatore termico è utile la distribuzione discendente?
- 3 Con l'aiuto di uno schizzo, spiega il concetto di distribuzione ascendente e indica i suoi vantaggi.
- 4 Perché gli impianti di riscaldamento centralizzato vengono realizzati prevalentemente con il sistema a due tubi?
- 5 Descrivi il funzionamento del riscaldamento a tubi singolo e indica i vantaggi e gli svantaggi.
- 6 Disegna le varie possibilità di allacciamento dei corpi scaldanti di un impianto a tubo semplice.
- 7 Indica un esempio di ordine per ciascun tipo di tubo usato in termotecnica (vedi G1.7).
- 8 Descrivi le tecniche più consuete di giunzione dei vari tipi di tubo.



7.2 Pompe di ricircolo

Le pompe di ricircolo sono necessarie per garantire la circolazione costante dell'acqua calda negli impianti termici, affinché tutti i corpi scaldanti diano il riscaldamento previsto dal calcolo del carico termico.

7.2.1 La circolazione con pompa di ricircolo

Nel sistema di riscaldamento a gravità, ormai obsoleto, l'acqua calda circolava solo grazie alla differenza di densità tra l'acqua più calda di alimentazione e l'acqua più fredda di ritorno.

Nel sistema dotato di pompa di ricircolo, la circolazione dell'acqua viene sollecitata meccanicamente in modo indipendente dalla temperatura di quest'ultima:

- sono possibili maggiori forze di circolazione;
- diametri minori dei tubi portano a risparmi di costi nell'installazione e coibentazione;
- minori temperature di alimentazione riducono le perdite di calore dell'impianto;
- un minore contenuto d'acqua della rete consente una regolazione rapida;
- una programmazione libera consente la disposizione ottimale dei corpi scaldanti, lunghi tratti di tubazione, come nel caso del riscaldamento a pavimento, e il posizionamento della caldaia anche sulla parte alta dell'edificio.

Gli svantaggi sono:

- costi per la pompa e la corrente d'esercizio;
- rumorosità, se la pompa di ricircolo non è montata e gestita correttamente.

7.2.2 Tipo e funzionamento delle pompe

Come pompe di ricircolo nel civile si usano **pompe centrifughe (fig. 1)** (le pompe a secco sono usate nei grandi impianti). Le caldaie individuali nei piccoli impianti sono dotate di pompa di ricircolo integrata nell'apparecchiatura. Negli impianti condominiali si usa montare due pompe (gemellari), per garantire la continuità di funzionamento nel caso se ne guasti una.

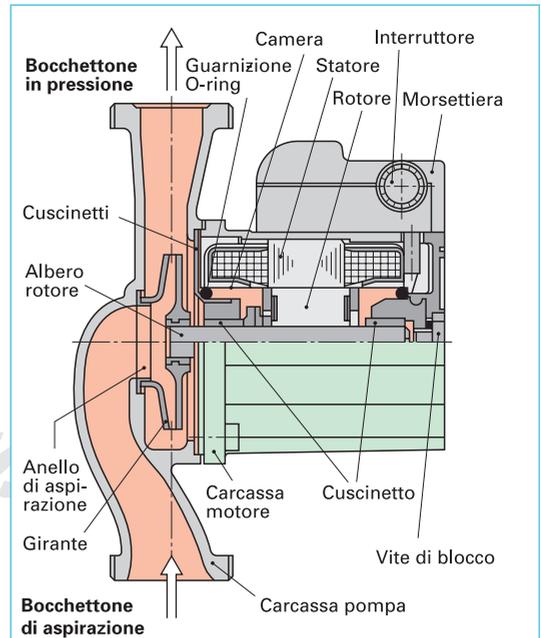


Figura 2: Pompa con funzionamento a umido



Figura 1: Pompa centrifuga per piccole portate

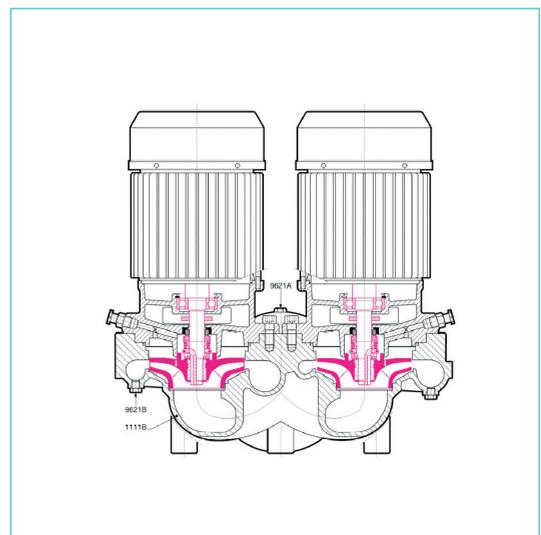


Figura 3: Pompe di ricircolo gemellari

7.2.3 Montaggio della pompa di ricircolo

Il punto di montaggio della pompa di ricircolo e quello del polmone (serbatoio di espansione) influiscono sulla distribuzione della pressione. La pressione dell'impianto deriva da tre pressioni singole:

- la pressione conseguente all'altezza dell'impianto (pressione idrostatica);
- la pressione prodotta dal polmone (pressione statica);
- la pressione d'esercizio della pompa (pressione dinamica).

La pressione della pompa fa aumentare come sovrappressione positiva quella presente nell'impianto sull'uscita della pompa stessa. Sull'aspirazione si genera di conseguenza una pressione negativa.

Il punto zero della pressione prodotta dalla pompa si viene a trovare in corrispondenza del raccordo del serbatoio di espansione a membrana. La pompa di ricircolo viene montata principalmente all'inizio della mandata dell'impianto, perché in questo modo è in grado di contribuire al ricircolo nell'intero impianto. In particolare, il montaggio sull'uscita impedisce l'aspirazione d'aria, con le relative conseguenze negative, come la corrosione e la rumorosità (fig. 1).

Se si posiziona la pompa sul ritorno e a monte del raccordo col serbatoio di espansione a membrana, l'effetto aspirante della pompa riduce la pressione d'esercizio nell'impianto, e questo può portare, a lungo termine, a disturbi e danni alla pompa (fig. 2).

Le pompe di ricircolo sono di solito montate tra due rubinetti di blocco fino al diametro di 32 mm. Per valori di diametro superiori si usano flange. Nel caso delle pompe gemellari il montaggio deve prevedere la possibilità di smontare una delle due pompe lasciando in esercizio l'altra.

Nel montaggio delle pompe occorre curare molto l'allineamento assiale delle tubazioni rispetto alle pompe per evitare sollecitazioni e successive difficoltà di smontaggio per manutenzione e riparazione.

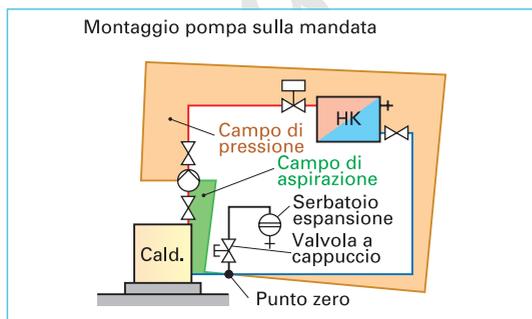


Figura 1: Montaggio della pompa a ricircolo sulla mandata

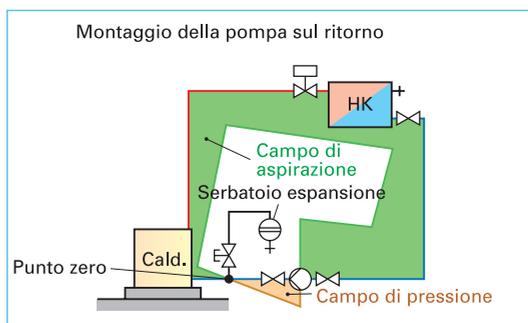


Figura 2: Montaggio della pompa a ricircolo sul ritorno

L'albero della pompa deve essere sempre posizionato orizzontalmente per assicurare il raffreddamento del rotore e la lubrificazione ad acqua dei cuscinetti del rotore. Per questo, la pompa potrà essere messa in funzione solo dopo aver riempito l'impianto.

Da ricordare

- L'albero della pompa deve sempre essere orizzontale.
- La pompa di ricircolo non deve mai girare a secco.

7.2.4 Scelta delle pompe

I valori determinanti per la scelta della pompa sono:

- il flusso volumetrico nell'impianto di riscaldamento secondo la prestazione termica e la differenza di temperatura tra la mandata e il ritorno;
- la pressione di alimentazione in funzione della perdita totale di pressione della rete.

Il flusso e l'altezza di alimentazione nelle pompe centrifughe sono interdipendenti. Nel diagramma questo viene rappresentato mediante curve caratteristiche.

Sull'asse verticale (ordinate) si riporta l'altezza di alimentazione H in m o la pressione di alimentazione Δp in bar o mbar. Sull'asse orizzontale (ascisse) viene riportato il flusso di alimentazione Θ o il flusso volumetrico ζ in m^3/h .

La **curva caratteristica della pompa** ha un andamento discendente, che può essere più piatto o più ripido e viene definito sperimentalmente dal produttore della pompa. Se la pompa gira con l'uscita bloccata, con l'alimentazione zero si ha la pressione massima. Se si apre l'uscita, il flusso di alimentazione aumenta e la pressione diminuisce, fino a raggiungere il flusso massimo di alimentazione.

La **curva caratteristica della rete** rappresenta il fabbisogno di alimentazione dell'impianto con un determinato flusso volumetrico. La pressione della pompa serve a superare le resistenze di attrito prodotte da tutti i componenti attraversati. L'altezza dell'impianto e la pressione nel serbatoio di espansione non hanno alcuna importanza.



La resistenza di attrito del tubo dipende dalla sezione interna, dalla ruvidità della sua parete e dalla lunghezza del circuito. La perdita di pressione nel fluido che scorre dipende anche dalla sua temperatura e dalla viscosità e velocità di flusso. Se si modifica il flusso volumetrico, ad esempio aprendo o chiudendo le valvole termostatiche, la velocità di flusso cambia in modo lineare e la resistenza di attrito del tubo cambia al quadrato. Come curva caratteristica, si ha una parabola (**fig. 1**).

Da ricordare

Se il flusso di alimentazione della rete viene dimezzato, l'altezza di alimentazione richiesta scende a un quarto.
Se il flusso di alimentazione raddoppia, l'altezza di alimentazione aumenta al quadrato.

Il **punto di lavoro** della pompa è determinato dall'intersezione della linea caratteristica della pompa con quella dell'impianto. Si ha quindi un equilibrio tra la potenza della pompa e il consumo di potenza della rete. Il flusso volumetrico massimo che la pompa deve produrre nel punto di lavoro previsto dipende dal carico termico dell'edificio (**fig. 1**).

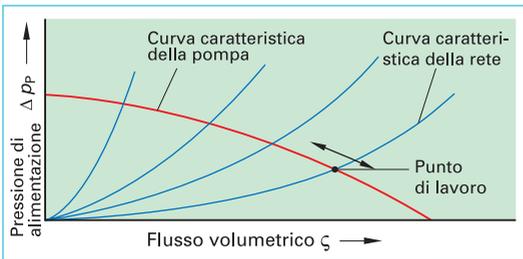


Figura 1: Diagramma delle curve caratteristiche

Per ottenere un buon grado di efficacia, nelle pompe con regolazione di regime si deve scegliere un modello che abbia il punto di lavoro coincidente con la curva caratteristica di regime massimo (**fig. 2**).

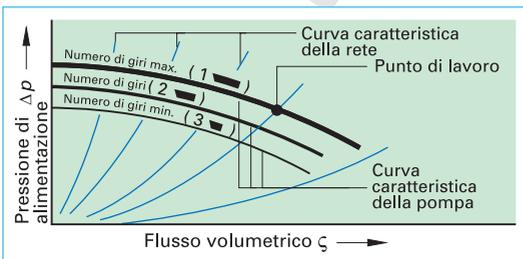


Figura 2: Numero di giri della pompa

Se il punto di lavoro viene a trovarsi fra due curve ottimali di funzionamento della pompa, si sceglie il valore inferiore.

La scelta non comporta malfunzionamenti, perché

in pratica si verifica una variazione di prestazione che può essere trascurata in sede di calcolo (**fig. 3**). In questo caso sarebbe errato scegliere una pompa più piccola.

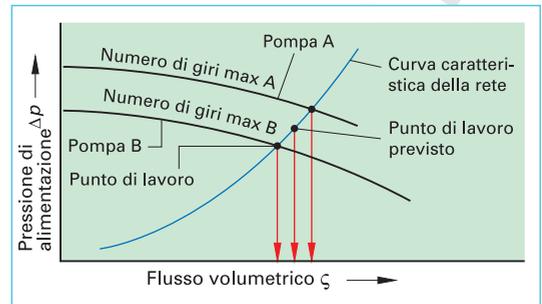


Figura 3: Punto di lavoro della pompa

7.2.5 Pompe di riscaldamento modulabili

Gli impianti di riscaldamento sono di norma calcolati tenendo conto delle temperature più sfavorevoli. La potenza delle pompe viene determinata tenendo conto di questo, ma anche della loro capacità di compensare le perdite di pressione inevitabilmente presenti in tutti gli impianti termici.

La giusta eccedenza di portata rispetto ai valori di regime permette un funzionamento favorevole in ogni situazione. Nel caso di una riduzione di portata volumetrica, la curva di funzionamento si sposta automaticamente sui valori più favorevoli (**fig. 4**).

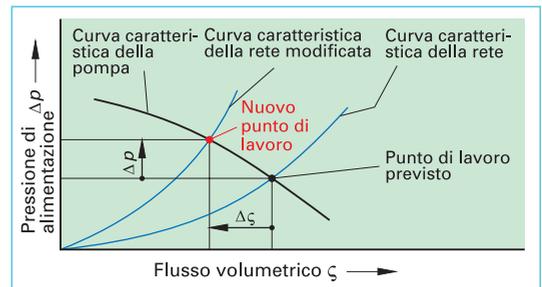


Figura 4: Modifica del punto di lavoro

Per evitare l'aumento di pressione, si montano pompe con regolazione elettronica della potenza. Questa regolazione viene realizzata generalmente mediante una commutazione automatica del regime della pompa, a uno o più livelli, in funzione della pressione differenziale della pompa stessa. In questo modo, con la diminuzione della quantità alimentata anche la pressione di alimentazione diminuisce, contribuendo a ridurre notevolmente la rumorosità e il consumo di corrente.

Per poter adattare meglio la pompa di ricircolo all'impianto termico, si distinguono varie regolazioni di pressione differenziale. Ad esempio, si possono scegliere:

- la regolazione della pressione differenziale con **valore nominale di pressione differenziale costante ($\Delta p-c$)**, soluzione che viene usata molto spesso. È adatta specialmente per impianti a doppio tubo con piccola resistenza della tubazione rispetto alla resistenza di flusso delle valvole;
- la regolazione della pressione differenziale con **valore nominale di pressione differenziale variabile ($\Delta p-v$)** è adatta a impianti a doppio tubo con tubazione equilibrata. La resistenza della tubazione dovrebbe corrispondere all'incirca alla resistenza di flusso delle valvole termostatiche. Questa caratteristica di regolazione rappresenta i punti di lavoro più frequenti di una pompa regolata durante un periodo di riscaldamento e offre un risparmio energetico ottimale (fig. 1).

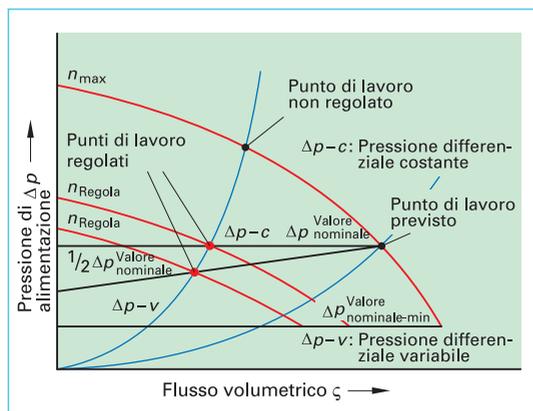


Figura 1: Regolazioni della pressione differenziale

La pompa regolata non ha una linea, ma un campo caratteristico, secondo il quale viene scelta la pompa. Per la regolazione, si può indicare nel display l'altezza di alimentazione calcolata (figg. 2 e 3).

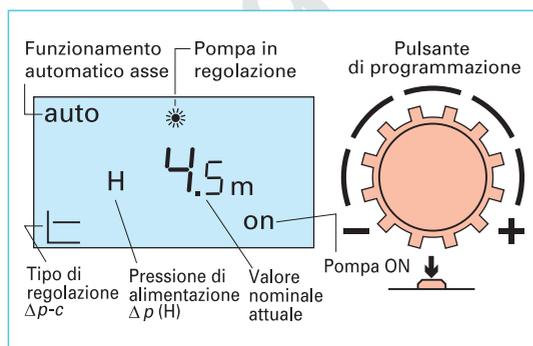


Figura 2: Display della pompa

Da ricordare

Secondo la normativa, per le pompe a ricircolo negli impianti termici centralizzati con potenza termica oltre 25 kW è prescritta una regolazione di potenza automatica, con almeno tre livelli. Per risparmiare energia, le pompe regolate dovrebbero essere montate anche in impianti più piccoli.

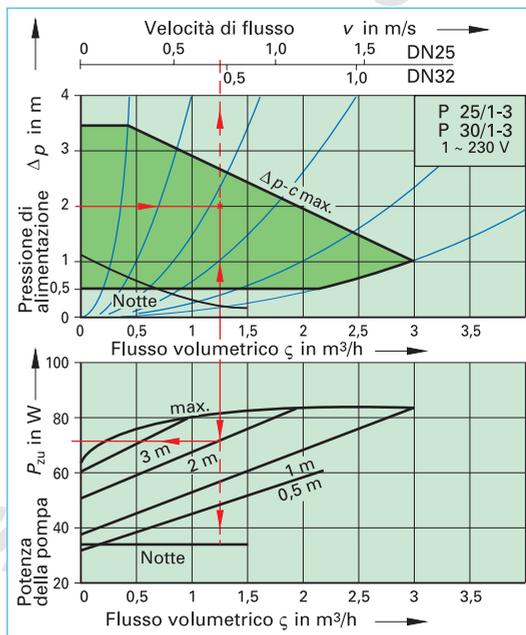


Figura 3: Campo caratteristico della pompa

L'etichetta energetica per **pompe di riscaldamento** ne indica il consumo energetico, come è prescritto da molto tempo dalla legge comunitaria per gli elettrodomestici. Questo criterio di indicazione dell'energia suddivide il consumo energetico relativo delle pompe a ricircolo di uguale potenza idraulica nelle classi da A a G, secondo il fabbisogno crescente. Il fabbisogno medio D corrisponde al 100% (fig. 4).

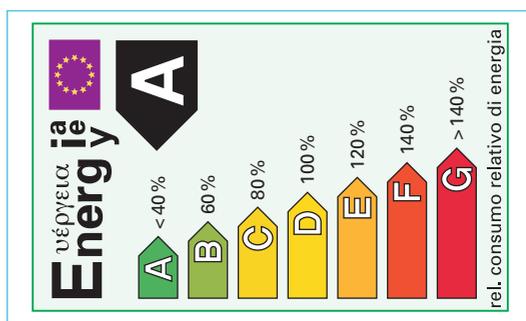


Figura 4: Etichetta energetica europea per pompe di riscaldamento



Esercitazioni

- 1 Indica i tipi di pompa usati come pompe a ricircolo.
- 2 Come funziona una pompa a ricircolo per riscaldamento?
- 3 Spiega i concetti: curva caratteristica della pompa e della rete e punto di lavoro dell'impianto.
- 4 Spiega perché negli impianti di maggiori dimensioni si adotta la regolazione di potenza automatica.

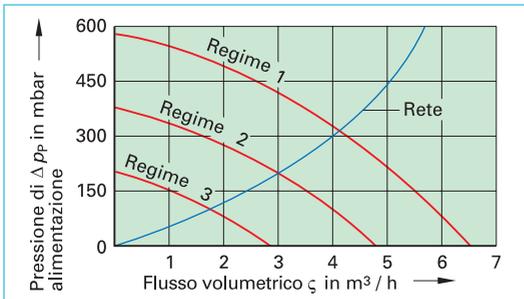


Figura 1: Diagramma di una pompa

7.3 Corpi scaldanti

Le superfici termiche possedute dai corpi scaldanti servono a trasmettere il calore dall'acqua calda all'ambiente, per ottenere una temperatura interna ottimale per il benessere termico. La trasmissione del calore avviene:

- per irraggiamento (trasmissione diretta delle radiazioni infrarosse dal corpo scaldante agli oggetti e all'ambiente);
- per flusso di calore (convezione).

La trasmissione può avvenire usando corpi scaldanti come piastre e termosifoni o riscaldando per mezzo di una serpentina immersa nelle pareti, nel pavimento o a soffitto.

7.3.1 Disposizione dei corpi scaldanti

La disposizione funzionale dei corpi scaldanti nell'ambiente da riscaldare influisce notevolmente sul benessere delle persone presenti.

Per raggiungere il benessere termico della persona, il suo bilancio termico deve essere equilibrato. Il calore prodotto dall'uomo per mantenere una temperatura corporea costante viene ceduto in vari modi all'ambiente.

Se la cessione di calore è troppo scarsa, si sente calore e si suda eccessivamente. Se la cessione di calore è troppo alta, si ha freddo. Una maggiore cessione di calore può essere causata dalla permanenza accanto a pareti o finestre fredde, perché in questo caso la persona cede una quantità maggiore di calore alle superfici circostanti più fredde anche per irraggiamento. Questo può essere bilanciato anche con una maggiore temperatura dell'ambiente. Dal

punto di vista della tecnica del riscaldamento, questo procedimento non è economico, perché ogni grado di maggiore temperatura ambiente richiede circa il 6% di energia in più (fig. 2).

Tipo di cessione del calore	%
Evaporazione	19
Respirazione	2
Irraggiamento	46
Convezione	32
Conduzione	1

Tipo di attività	Cessione totale
Seduto, tranquillo	100 W
In piedi, tranquillo	125 W
Lavoro di media difficoltà	180 W

Figura 2: Cessione termica dell'uomo

Per evitare sensazioni di disagio causate da eccessivo irraggiamento termico, gli elementi termici vengono disposti contro le pareti esterne o sotto le finestre. In questo modo, il calore viene condotto verso la persona mediante irraggiamento dalla stessa direzione in cui viene ceduto il calore alle superfici fredde delle finestre (fig. 3).

L'elemento termico disposto sotto la finestra esterna con il suo flusso di calore impedisce che l'aria fredda penetri all'interno e ne deriva un ricircolo di aria nell'ambiente con una distribuzione gradevole della temperatura. Questo presuppone che la larghezza dei corpi scaldanti corrisponda almeno alla larghezza della finestra. Nel caso di più finestre nello stesso ambiente, sotto ogni finestra si dovrebbe prevedere un elemento termico (fig. 3).

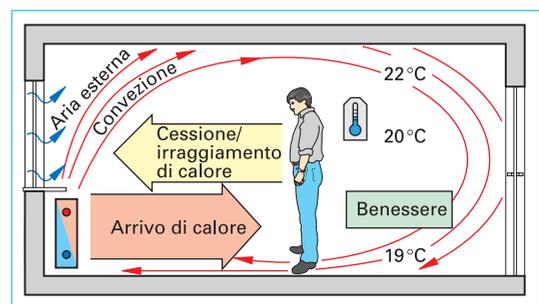


Figura 3: Corpo scaldante sotto la finestra

L'aria dell'ambiente, riscaldata dall'elemento termico, per la differenza di temperatura e densità sale verso l'alto, si raffredda a contatto con le superfici rivolte verso l'esterno, più fredde, e si dispone a strati. Se l'elemento termico è disposto su una parete interna, l'aria fredda che penetra dalla finestra viene peggio compensata. Le pareti fredde possono creare fenomeni di condensa e di muffa fintanto che sono più fredde dell'ambiente (fig. 1, pag. 166).

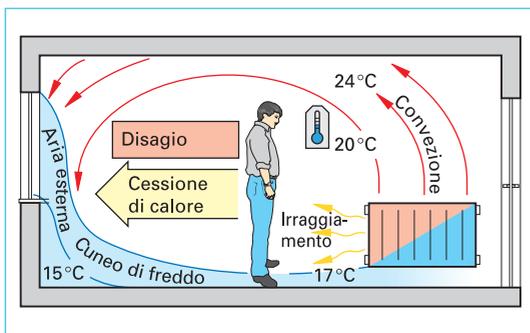


Figura 1: Corpo scaldante posto sulla parete interna

7.3.2 Tipi di corpi scaldanti

Sono in commercio molti tipi di corpi scaldanti e relative forme. La maggior parte di essi è regolata della norma EN 442. Secondo il tipo e il materiale, sono ammessi per temperature di alimentazione fino a 120 °C e con livelli di pressione da 6 a 10. Si distinguono:

- radiatori a corpi separati;
- corpi scaldanti piatti;
- forme speciali;
- convettori.

I **corpi scaldanti separati** sono formati da elementi prodotti ciascuno singolarmente. Vengono montati con:

- un numero specifico di corpi n , che indica la larghezza frontale totale L ;
- un'altezza N , da cui deriva la distanza reciproca N ;
- una profondità T (fig. 2).

La loro prestazione termica è costituita per circa 2/3 da convezione e 1/3 da irraggiamento.



Figura 2: Radiatore a corpi separati

Come materiali si usano principalmente acciaio da costruzione, ghisa e leghe leggere.

I **radiatori di ghisa** vengono composti con corpi di fusione in ghisa mediante nippoli con filetto a sini-

stra e a destra. Sono resistenti alla corrosione, pesanti e di lenta regolazione. Nelle costruzioni moderne sono meno usati (fig. 3).

L'esempio di denominazione di un radiatore in ghisa con 18 corpi, altezza 580 mm e profondità 110 mm è: 18 – 580 × 110. La lunghezza di un elemento è 60 mm.

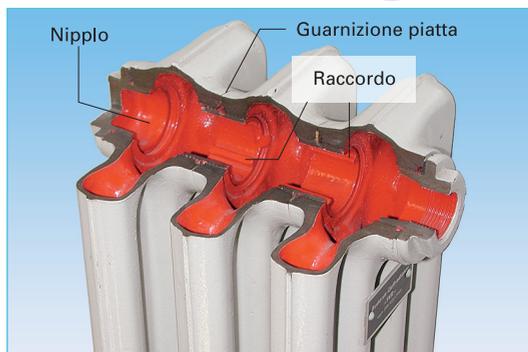


Figura 3: Radiatore di ghisa grigia

I **radiatori** realizzati con una **piastra d'acciaio** sono realizzati in lamiera imbutita con saldatura per punti o continua. I radiatori non dovrebbero superare i 20 elementi. Si possono regolare più facilmente e rapidamente, ma hanno una durata minore di quella dei radiatori in ghisa. Nell'edilizia civile, il loro uso è sempre più raro, a vantaggio dei corpi in leghe leggere.

L'esempio di denominazione 22 – 600 × 160 indica un radiatore in acciaio con 22 corpi, altezza 600 mm e profondità 160 mm. La lunghezza di ciascun elemento è 50 mm (fig. 4).



Figura 4: Radiatore di acciaio

Da ricordare

I radiatori montati a parete devono permettere una facile accesso ai rubinetti di regolazione e di blocco e una facile pulizia sottostante e posteriore.



I **radiatori in tubo di acciaio** si ricavano da tubi d'acciaio di precisione. Sono realizzati con profondità da 65 a 225 mm (da 2 a 6 colonne) e altezze da 190 mm a 3000 mm. In questo modo, i radiatori possono essere adattati esattamente al carico termico e alle condizioni spaziali dell'ambiente. Questi radiatori possono essere realizzati anche in forma ricurva o angolare e servono come elementi di arredo di design, montati anche staccati da una parete.

L'esempio di denominazione 28 – 750 × 105 indica: 28 elementi, altezza 750 mm, profondità 105 mm, 3 colonne). Queste misure non sono possibili nei radiatori in ghisa o in acciaio a piastra, ma solo per radiatori in tubo di acciaio. La lunghezza dell'elemento è 46 mm (**fig. 1**).

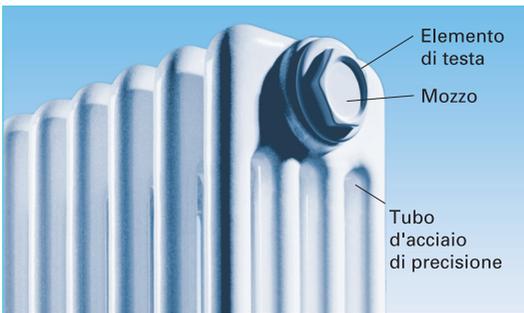


Figura 1: Radiatore a tubo

I **radiatori in tubo di acciaio a elementi orizzontali** sono adatti per essere montati sotto vetrata che giungono quasi a terra. Superiormente sono protetti con una piastra di copertura o un ripiano (**fig. 2**). I **radiatori termici piatti** hanno aspetto scatolare. Vengono realizzati in lamiera d'acciaio, in uno, due

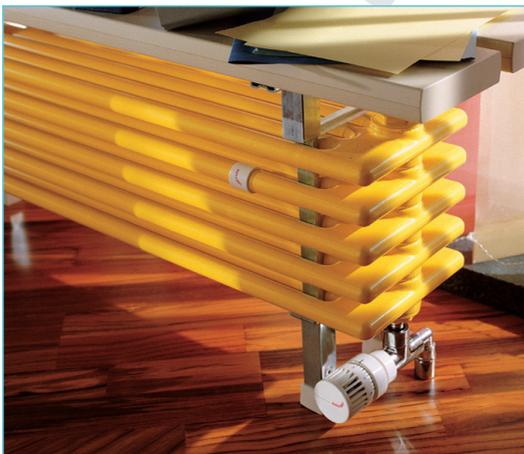


Figura 2: Radiatore in tubo di acciaio con elementi orizzontali

o tre elementi paralleli con la parte anteriore liscia o profilata. Per aumentare il flusso di calore, vengono applicate a saldatura lamiere di convezione in forma trapezoidale. La denominazione del tipo indica il numero delle lastre e delle lamiere di convezione combinate (**tabella 1**).

Con l'aumento del numero delle lamiere aumenta anche la prestazione termica e da puro calore di irraggiamento si trasforma in calore da convezione con una percentuale di irraggiamento. Gli elementi termici piatti vengono forniti in genere con rivestimenti superiori e laterali, il che conferisce loro un aspetto piacevole, e vengono spesso usati nelle abitazioni. L'esempio di denominazione di un elemento termico piatto a 2 serie/file con 2 lamiere di convezione, altezza 500 mm e lunghezza 1,5 m è: tipo 22 – 500 × 1500 (**fig. 3**).

Tabella 1: Tipi di corpi termici piatti

Tipo di elemento	10	11	21	22	33
Numero delle lastre termiche	1	1	2	2	3
Lamiere di convezione	0	1	1	2	3



Figura 3: Corpi termici piatti

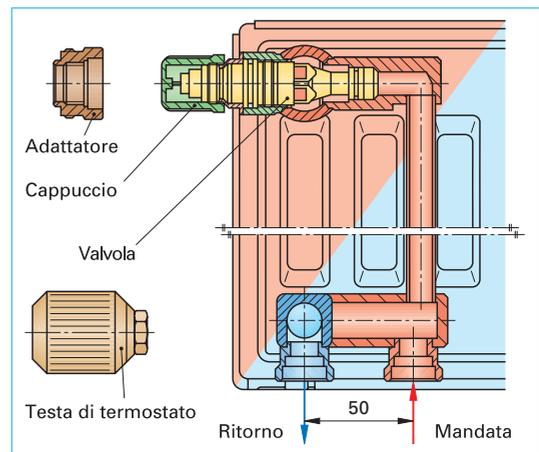


Figura 4: Particolare della valvola di regolazione

Nei radiatori termici piatti la valvola di comando e il detentore sono montati in fase di produzione. L'eventuale termostato può essere montato successivamente (fig. 4, pag. 167).

Sono prodotti parecchi altri **corpi scaldanti speciali**, in genere realizzati con tubo d'acciaio in varie forme e dimensioni. Per esempio i seguenti.

Radiatori con design particolare, progettati specialmente per ottenere effetti architettonici.

Corpi scaldanti per ingressi con accessori adatti, come specchi, attaccapanni e ripiani.

Corpi scaldanti per bagno definiti commercialmente anche scalda-asciugamani o termoarredi per tenere caldi e asciutta la biancheria da bagno.

Corpi scaldanti realizzati con materiali speciali (ad esempio, acciaio inox) o con dimensioni speciali (fig. 2).

I **termoconvettori** sono realizzati in profili cavi di acciaio o rame. Le lamelle, strettamente allineate, rappresentano una superficie molto grande, attraverso cui passa l'aria dell'ambiente che deve essere riscaldato.

Per il funzionamento del convettore, il montaggio deve sempre essere effettuato all'interno di una carenatura che obblighi l'aria a giungere dal basso e a uscire dall'alto, per facilitare il movimento di convezione (fig. 1).

Nel termoconvettore la cessione del calore avviene esclusivamente mediante convezione. Le dimensioni della carenatura e le bocchette inferiore e superiore dell'aria sono previste secondo i dati del produttore.



Figura 1: Termoconvettore



Figura 2: Corpi termici speciali

La ridotta quantità d'acqua e la grande superficie di scambio termico consentono una regolazione rapida.

La convezione, nonostante le misure ridotte, assicura un'alta prestazione e un rapido e completo riscaldamento dell'aria dell'ambiente. Il forte movimento dell'aria, il relativo sollevamento di polvere e la mancanza di calore da irraggiamento presentano qualche svantaggio.

— Norme UNI EN —

- UNI EN 442-1 – dicembre 2004. Radiatori e convettori - Parte 1: Specifiche tecniche e requisiti.
- UNI EN 442-2 – dicembre 2004. Radiatori e convettori - Parte 2: Metodi di prova e valutazione.
- UNI EN 442-3 – dicembre 2004. Radiatori e convettori - Parte 3: Valutazione della conformità.