

Pompe di calore

Progettazione | Ottimizzazione | Esercizio | Manutenzione



**Gruppo promozionale svizzero
per le pompe di calore GSP**



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'energia UFE

Impressum

Editori: Ufficio federale dell'energia,
Settore formazione di base e continua

Autori: Peter Kunz (coordinazione),
Prof. Dr. Thomas Afjei, Prof. Werner
Betschart, Peter Hubacher, Rolf Löhner,
Andreas Müller, Vladimir Prochaska

Lettorato: Othmar Humm

Traduzione: Milton Generelli

Impaginazione: Noemi Bösch

Grafici: Benjamin Magnin

I contenuti di questo scritto sono disponibili completi sul sito Web di svizzera-energia. www.svizzera-energia.ch,
Stampa separata autorizzata dal Gruppo promozionale svizzero per le pompe di calore GSP, Canobbio 2008



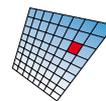
SVK Schweizerischer Verein
für Kältetechnik

VSEI
USIE



suissetec

s i a



brenet

building and renewable energies network of technology



Gruppo promozionale svizzero
per le pompe di calore GSP

Indice

Una tecnologia chiave	3		
1.			
Tecnica delle pompe di calore	5		
1.1 Limiti del sistema e valori di riferimento	5		
1.2 Valori di processo	6		
1.3 Diagramma log p, h	6		
1.5 Il ciclo di Carnot	8		
2.			
Componenti della pompa di calore	9		
2.1 Compressore	9		
2.2 Scambiatore di calore	11		
2.3 Valvole a farfalla	13		
2.4 Dispositivi di sicurezza	14		
2.5 Ulteriori componenti	15		
2.6 Dispositivi di sbrinamento	15		
2.7 Tipologie costruttive	17		
2.8 Altri sistemi	17		
3.			
Refrigerante	19		
3.1 Proprietà	19		
3.2 Scelta del fluido agente	20		
3.3 Effetto serra e indice TEWI	21		
4.			
Fonti di calore	23		
4.1 Aria esterna	23		
4.2 Calore della terra	25		
4.3 Acqua di falda	29		
4.4 Acqua di superficie	32		
4.5 Calore residuo	33		
4.6 Raffreddamento dell'edificio	35		
5.			
Erogazione del calore	37		
5.1 Riscaldamento ad acqua calda	37		
5.2 Impianti di aerazione controllata	41		
5.3 Riscaldamento dell'acqua calda sanitaria	41		
5.4 Altri sistemi	43		
6.			
Allacciamento della pompa di calore agli impianti dell'edificio	45		
6.1 Principio	45		
6.2 Tipi di funzionamento	45		
6.3 Idraulica	48		
6.4 Pompe di circolazione	51		
7.			
Acustica e protezione fonica	53		
7.1 Valori limite legali	53		
7.2 Provvedimenti per la riduzione delle emissioni foniche	54		
8.			
Progettazione	57		
8.1 Fornitura di energia elettrica	57		
8.2 Centrale termica	58		
8.3 Economicità	59		
8.4 Controllo delle prestazioni	60		
9.			
Messa in funzione	61		
9.1 Fase prima della messa in funzione	61		
9.2 Preparazione della messa in funzione	61		
9.3 Fonte di calore ed erogazione del calore	62		
9.4 Messa in funzione della pompa di calore	62		
9.5 Protocollo di messa in funzione	63		
9.6 Istruzioni per l'uso	63		
9.7 Protocollo di collaudo	64		
10.			
Esercizio	65		
10.1 Esercizio e controllo delle prestazioni	65		
10.2 Controllo dell'esercizio	65		
10.3 Manutenzione	65		
10.4 Esercizio ottimale	66		
10.5 Guasti e risoluzione dei guasti	66		
11.			
Casi esemplari	67		
Autori	79		

Una tecnologia chiave

In natura il potenziale del calore di bassa temperatura per un utilizzo nel riscaldamento di locali e nei processi è enorme. Calore residuo, calore ambientale e calore geotermico di bassa profondità sono disponibili ovunque, salvo poche eccezioni. L'unico scompensato è dato di regola dal livello di temperatura. Per un impiego diretto quale prestazione di servizio energetica, questo calore spesso non viene considerato. Con un processo a ciclo motorizzato questa lacuna è colmabile. A tal proposito la classica pompa di calore rappresenta una tecnologia chiave per lo sfruttamento di fonti di energia rinnovabili. E a tale riguardo svizzeraenergia promuove questo tipo di produzione di calore.

Senza motore non funziona nulla. Questo vale anche per la pompa di calore. Vale anche però che, con condizioni quadro migliorate, si restringe l'innalzamento della temperatura tra fonte di calore ed emissione – di conseguenza lo sforzo per l'azionamento di una pompa di calore. In primo luogo sono da citare gli edifici migliori: costruzioni ben coibentate con riscaldamento a pavimento sono ideali per l'impiego di pompe di calore. Vanno evidenziati progressi anche nella localizzazione e allacciamento di fonti di calore. Quindi nello sfruttamento di calore residuo, calore della terra e ambientale.

Il già ecologico effetto della pompa di calore è ancora migliorabile. Con l'impiego di corrente da fonti rinnovabili o da corrente ecologica certificata, la pompa di calore può essere considerata quale sistema di approvvigionamento energetico completamente sostenibile. Questo vale in particolare nell'impiego di pompe di calore in edifici costruiti in modo energeticamente efficiente ed ecologico.

Per il programma di formazione di base e continua nel settore dell'energia dello Stato e dei Cantoni, lo scritto «Pompe di calore: progettazione, ottimizzazione, esercizio, manutenzione» rappresenta uno strumento ideale per divulgare ad un vasto pubblico specializzato il funzionamento e le caratteristiche di questo produttore di calore rispettoso dell'ambiente. Gli autori di questo scritto, e con loro l'Ufficio federale dell'energia quale ente di divulgazione, sperano in un considerevole e vivo interesse.

**Ufficio federale dell'energia, settore della formazione di base e continua,
Daniel Brunner**

1. Tecnica delle pompe di calore

1.1 Limiti del sistema e valori di riferimento

I limiti del sistema e i valori di riferimento sono definiti nel modo seguente:

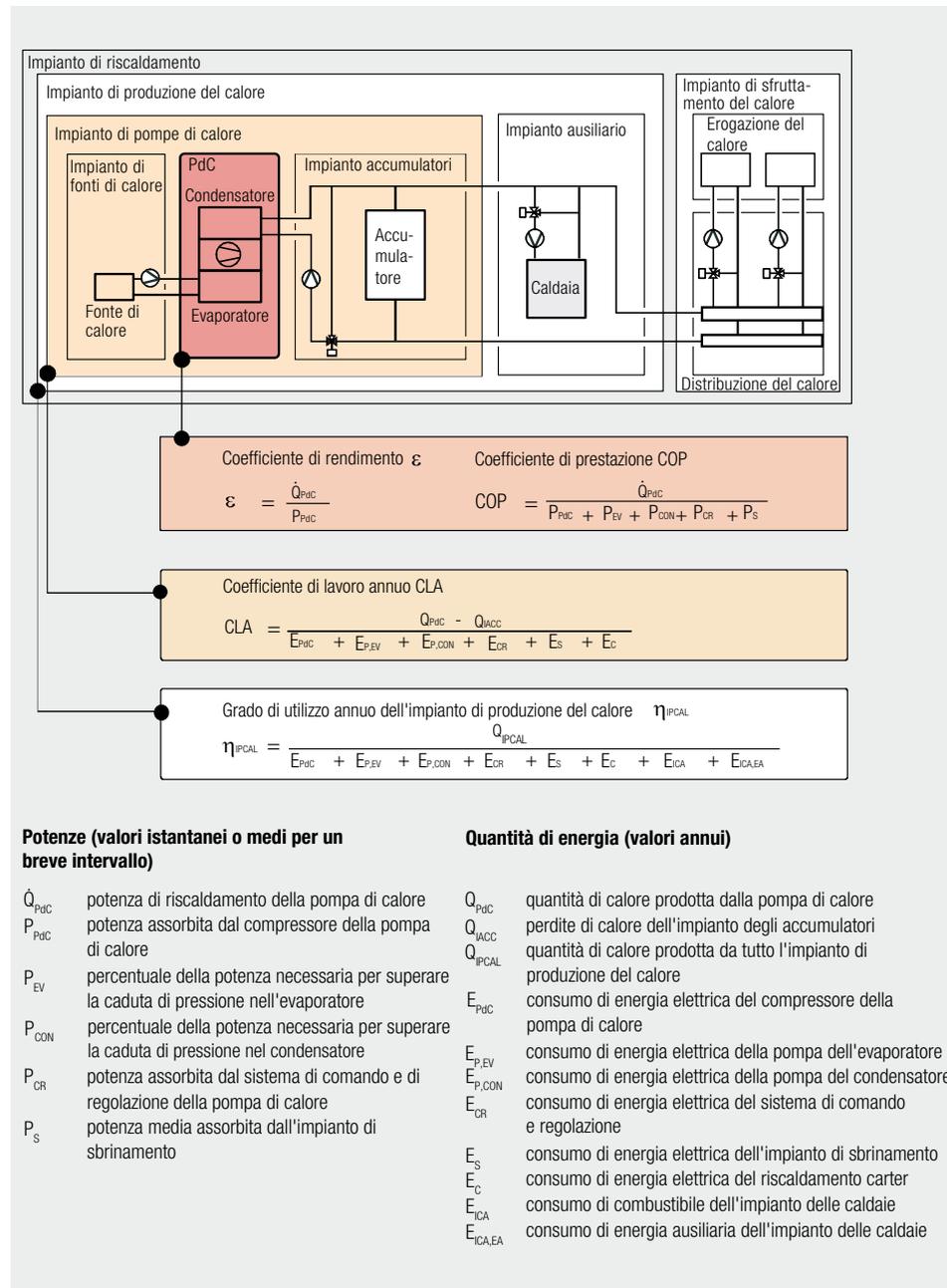


Figura 1.1: Limiti del sistema e valori di riferimento negli impianti di pompe di calore

1.2 Valori di processo

Lavoro e calore sono valori di processo. Essi rappresentano le possibili forme di trasporto dell'energia nei limiti del sistema. Energia E , lavoro L e calore Q hanno come unità il Joule (J).

Energia interna u : L'energia specifica interna, quale grandezza di stato calorifico, rappresenta la riserva di energia di un sistema termodinamico (kJ/kg).

Entalpia h : L'entalpia specifica, quale grandezza di stato calorifico, è definita da $h = u + p \cdot V$.

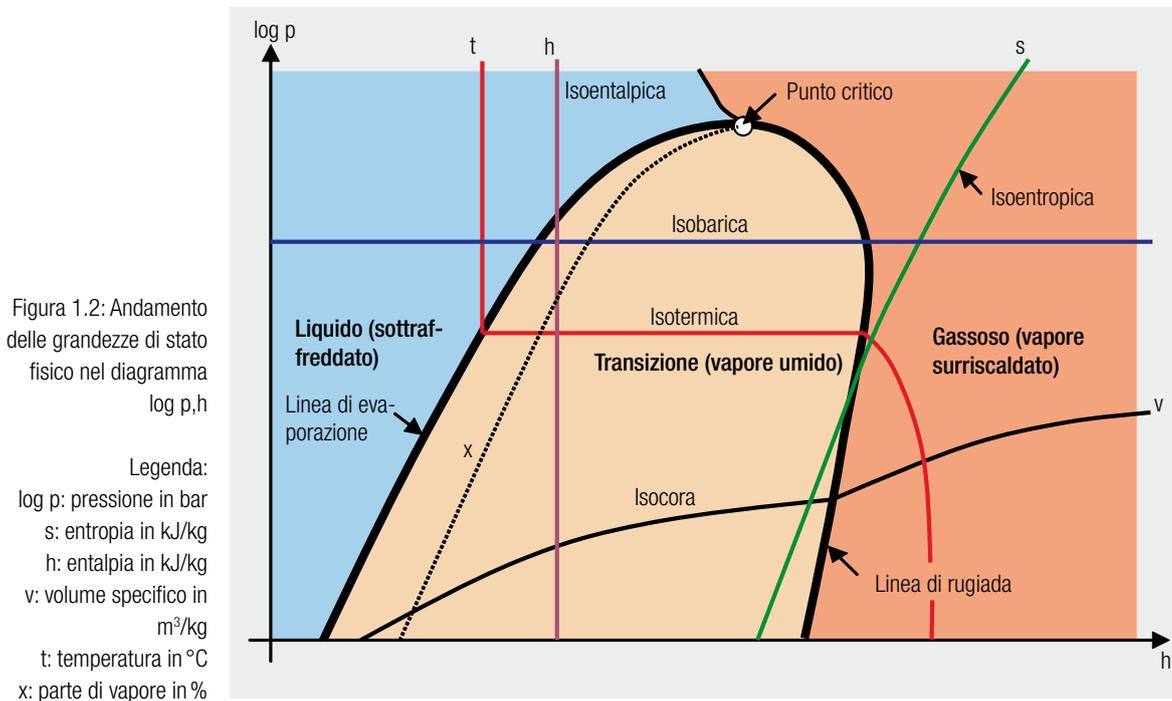
Exergia: L'energia racchiude exergia e anergia. L'exergia è quella parte di energia che in un ambiente prestabilito si lascia trasformare in qualsiasi forma di energia (p.es. elettricità per il compressore).

Anergia: L'anergia è quella parte di energia, che in un ambiente prestabilito non si lascia trasformare in qualsiasi forma di energia (p.es. calore ambientale quale fonte di calore).

Entropia s : L'entropia caratterizza l'irreversibilità e con questo la degradazione dell'energia in un processo.

1.3 Diagramma log p, h

Il procedimento principalmente utilizzato oggi nella tecnica delle pompe di calore è il ciclo di compressione del vapore saturo. Un refrigerante evapora in questo caso nella parte fredda del ciclo, assorbendo una quantità di calore d'evaporazione più grande possibile. Dopo la compressione in un compressore, mediante la cessione di calore di condensazione nella parte calda del ciclo, il fluido ritorna nuovamente allo stato liquido. In una valvola d'espansione infine il flu-



ido viene portato di nuovo alla pressione d'evaporazione. In tutti gli impianti che lavorano secondo questo principio si sfrutta la dipendenza dalla pressione delle temperature di evaporazione e condensazione. Un simile sistema può essere rappresentato in modo semplificato come nella Figura 1.3.

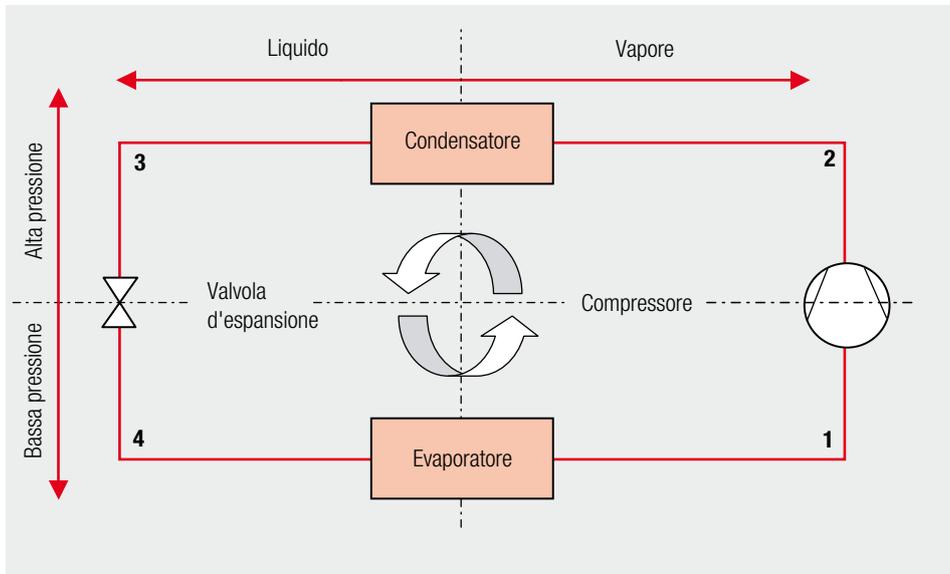


Figura 1.3: Principio del ciclo di compressione del vapore saturo

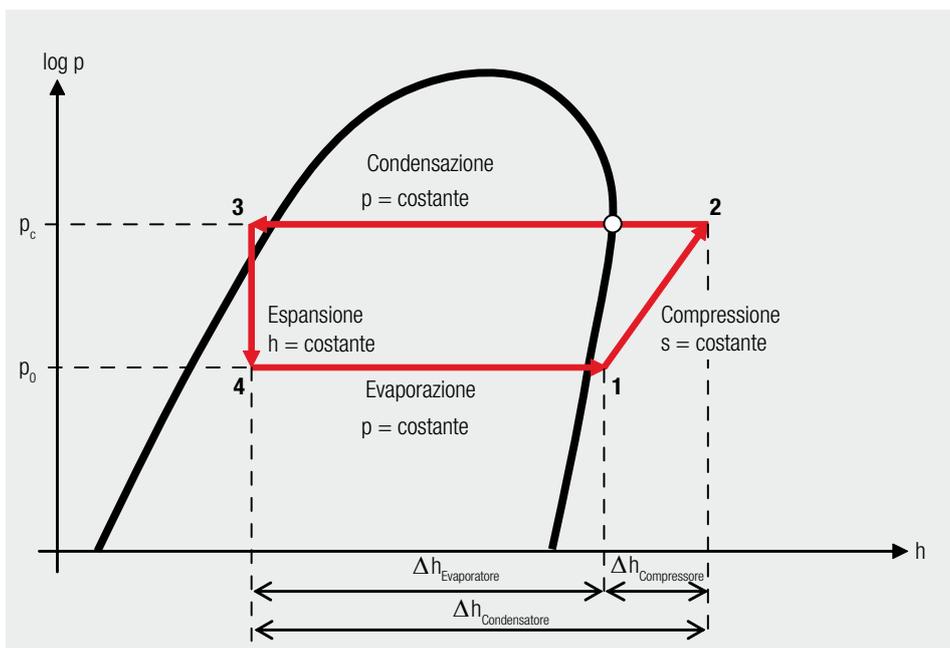


Figura 1.4: Il ciclo senza perdite nel diagramma log p,h

1.5

Il ciclo di Carnot

Il ciclo ideale (ciclo inverso di Carnot) descrive il ciclo termodinamico ideale, privo di perdite, senza surriscaldamento e senza sottoraffreddamento. Nel ciclo di Carnot si determina il coefficiente di rendimento di Carnot ε_c come segue:

$$\varepsilon_c = \frac{\dot{Q}_{\text{PdC}}}{W_{\text{PdC}}} = \frac{T_c}{T_c - T_o}$$

\dot{Q}_{PdC} Potenza di calore in kW

W_{PdC} Potenza assorbita in kW

T_o Temperatura di evaporazione in K

T_c Temperatura di condensazione in K

In un reale ciclo il coefficiente di rendimento ε_r si determina invece nel modo seguente:

$$\varepsilon_r = \frac{\dot{Q}_{\text{PdC}}}{P_{\text{PdC}}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$

P_{PdC} Potenza assorbita in kW

\dot{Q}_{PdC} Potenza di calore in kW

h_1 Entalpia del fluido frigorifero all'entrata del compressore in kJ/kg

h_2 Entalpia del fluido frigorifero all'uscita del compressore in kJ/kg

h_3 Entalpia del fluido frigorifero all'uscita del condensatore in kJ/kg

Il rapporto tra il reale coefficiente di rendimento e quello di Carnot viene definito come grado di utilizzo η_{cr} (exergetico).

$$\eta_{cr} = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_c}$$

2. Componenti della pompa di calore

Le quattro componenti principali, senza le quali nessun ciclo di vapore saturo di base funziona (sistema di refrigerazione a compressione), sono:

- Compressore
- Condensatore
- Valvola a farfalla (valvola d'espansione)
- Evaporatore

2.1 Compressore

Il compressore comprime il gas refrigerante, aspirato dall'evaporatore, alla pressione necessaria per la condensazione del fluido frigorifero.

Sono disponibili le più disparate costruzioni di compressori sebbene, a dipen-

denza del loro settore d'utilizzo, ogni costruzione evidenzia vantaggi e svantaggi.

Tipologie costruttive

La Tabella 2.1 si limita ad un elenco di compressori che vengono principalmente impiegati nel settore delle pompe di calore. Non sono elencati, tra i tanti, compressori a palette, a viti e a spirale.

Forme costruttive

A dipendenza dell'impiego e considerando i costi, si distingue tra le seguenti tre forme costruttive di compressore.

Compressore aperto: Il motore e il compressore sono gruppi costruttivi diversi. L'albero motore del compressore esce

Tabella 2.1: Tipologie costruttive di compressori

Tipo di compressore	A stantuffo	A spirale (scroll)	A viti	Turbo
Principio di lavoro	compressione	compressione	compressione	macchina a flusso
Compressione	statica	statica	statica	dinamica
Volume di compressione	geometrico	geometrico	geometrico	dipendente dalla contropressione
Flusso	a pulsazioni	costante	costante	costante
Portata (intervallo)	fino a 1000 m ³ /h	fino a 500 m ³ /h	100 fino a 10000 m ³ /h	100 fino a 50000 m ³ /h
Potenza di riscaldamento (intervallo a B0/W35)	fino a 800 kW	fino a 400 kW	80 fino a 8000 kW	80 fino a 40000 kW
Rapporto di compressione nella regolazione (monostadio)	fino a 10	fino a 10	fino a 30	fino a 5
Regolabilità a numero di giri costante	a stadi	difficile	continuo	continuo
Regolazione dei giri	possibile	possibile	possibile	possibile
Sensibilità ai colpi di liquido	elevata	bassa	bassa	bassa
Provoca vibrazioni	si	no	no	no

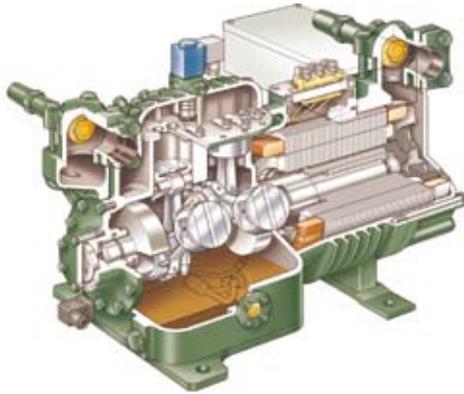
Figura 2.1: Compressore a spirale ermetico (scroll)
(immagine: Copeland)



senza perdite di gas dall'involucro, dove viene collegato direttamente, o mediante una cinghia, al motore. Oltre che ai motori elettrici, esistono anche dei motori a combustione.

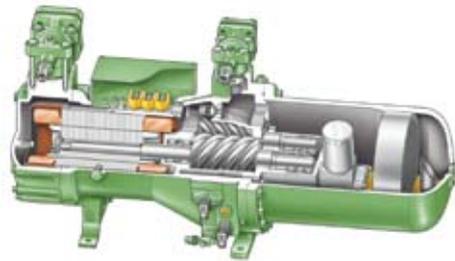
Compressore semiermetico: Il motore e il compressore rappresentano un'unica unità. L'albero motore è completamente all'interno dell'involucro, insieme al motore stesso. Il raffreddamento del motore elettrico avviene o attraverso il gas refrigerante aspirato (raffreddamento a gas aspirato), o attraverso l'involucro con aria o acqua.

Figura 2.2: Compressore a stantuffo semiermetico
(immagine: Bitzer)



Compressore ermetico: Il motore e il compressore rappresentano un'unica unità. A differenza di quello semiermetico, i compressori ermetici sono montati in un involucro completamente saldato. Il raffreddamento del motore avviene di regola attraverso il gas refrigerante aspirato (raffreddamento a gas aspirato). In caso di guasto è necessaria la completa sostituzione del compressore.

Figura 2.3: Compressore a vite semiermetico
(immagine: Bitzer)



Compressore senza olio: per compressori aperti, semiermetici o ermetici sono intesi compressori che, grazie allo speciale posizionamento, funzionano senza lubrificazione con olio. Il vantaggio principale di questi compressori è rappresentato

Figura 2.4: Compressore turbo semiermetico (senza olio)
(immagine: Turbocor)



Figura 2.5: Compressore a stantuffo aperto (esecuzione industriale)
(immagine: Grasso)

dal fatto che nessun olio circola assieme al fluido nel circuito refrigerante. In questo modo si elimina il problema di ritorno d'olio nel sistema. Questo crea considerevoli vantaggi soprattutto negli evaporatori sommersi e nei sistemi interconnessi (più compressori pro circuito refrigerante).

2.2 Scambiatore di calore Evaporatore

Nell'evaporatore viene sottratto calore all'ambiente (aria, acqua, salamoia, ecc.). Il fluido frigorifero assorbe questo calore ed evapora. Il calore viene trasmesso dalla fonte di calore al refrigerante. Sostanzialmente vengono distinte l'evaporazione a secco e sommersa, sebbene ci siano anche delle combinazioni di queste due varianti.

Evaporazione a secco: Il fluido frigorifero viene condotto all'evaporatore attraverso una valvola d'espansione. La quantità di fluido frigorifero viene regolata in funzione della differenza tra la temperatura del gas e quella di saturazione (surriscaldamento del gas aspirato). All'uscita dell'evaporatore il gas refrigerante è surriscaldato e quindi «asciutto».

Evaporazione sommersa: Il fluido frigorifero viene condotto all'evaporatore attraverso una regolazione a galleggiante dell'alta o bassa pressione. La quantità di refrigerante viene regolata in funzione del livello del liquido nella parte dell'alta o della bassa pressione. All'uscita dell'evaporatore il gas refrigerante non è pressoché surriscaldato e quindi «bagnato». Nella maggior parte dei casi è perciò da prevedere un separatore di liquido, a protezione da impatti di liquido al compressore. Il vantaggio principale dell'evaporatore sommerso consiste nel fatto che non è necessaria la benché minima differenza di temperatura tra la parte del fluido frigorifero e la fonte. Ciò significa che la temperatura di evaporazione può essere dimensionata più alta rispettivamente essa sale ulteriormente durante la fase di carico parziale. La conseguenza è un maggior rendimento dell'intero sistema.

Condensatore

Nel condensatore, attraverso la cessione di calore all'impianto per il riscaldamento, il gas refrigerante che arriva dal compressore si desurriscalda, condensa e sottoraffredda.

La trasmissione di calore può avvenire anche attraverso più scambiatori di calore

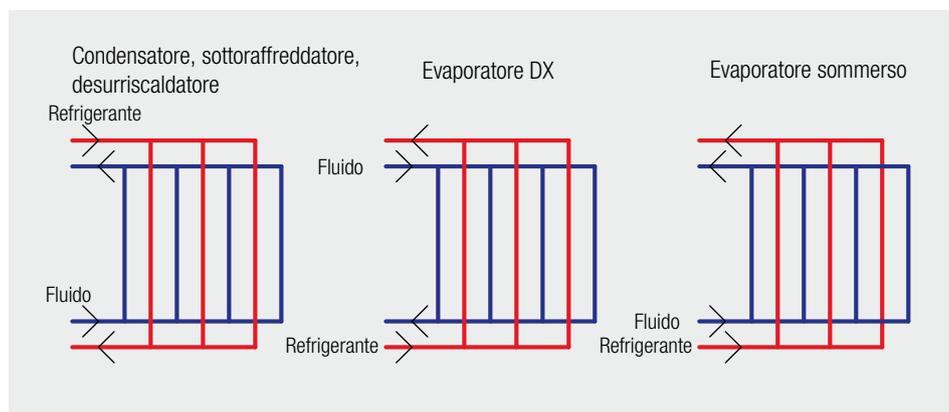


Figura 2.6: Schema scambiatore di calore a piastre

Figura 2.7: Scambiatore di calore a piastre (immagine: BMS)



Figura 2.8: Scambiatore di calore a fascio tubiero (immagine: Bitzer)



Figura 2.9: Scambiatore di calore coassiale (immagine: Wieland)



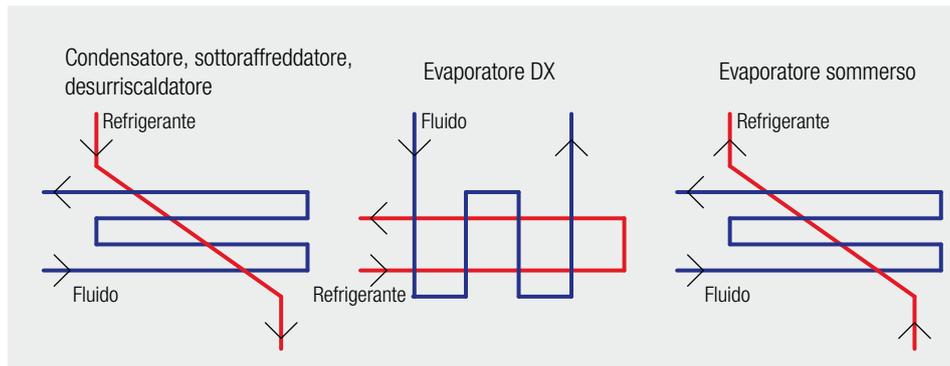
re e così a diversi livelli di temperatura. Questo impiego con desurriscaldatore, condensatore e sottoraffreddatore diventa interessante per motivi di economicità d'impiego in grandi impianti così come in sistemi con grandi differenze di temperatura tra l'entrata e l'uscita del calore utile, come ad esempio il teleriscaldamento, il riscaldamento di acqua calda sanitaria e impieghi industriali.

Tipologie costruttive

Scambiatori di calore a piastre: costruzione compatta realizzata mediante brasature, saldature o resa ermetica per lo scambio di calore di fluidi in forma liquida e – per impieghi speciali – in forma gassosa. Apparecchi a piastre hanno il vantaggio di avere contenuti moderati, grandi superfici di scambio su volumi molto ridotti e un'elevata modularità nella fabbricazione. Sono idonei sia per l'evaporazione a secco o sommersa.

Gli **scambiatori di calore a fascio tubiero** sono le classiche costruzioni composte da fasci di tubi e un mantello per lo scambio di calore di fluidi in forma liquida e in alcuni casi anche gassosa. Apparecchi a fascio tubiero si contraddistinguono per l'elevata varietà dei materiali, con un basso rischio di corrosione e sporcizia, così come una reazione alle regolazioni lenta. Sono adatti sia per un'evapo-

Figura 2.10: Schema scambiatore a fascio tubiero



razione con espansione a secco che per ingolfamento, sebbene nella variante ad ingolfamento è necessaria una quantità di fluido frigorifero considerevolmente superiore.

Negli **scambiatori di calore coassiali** lo scambio di calore avviene in un tubo doppio a spirale, normalmente eseguito in rame o acciaio. L'impiego avviene maggiormente negli impianti più piccoli o per motivi costruttivi.

Gli **scambiatori di calore a registri** sono composti da serpentine di tubi o insiemi di piastre in diversi materiali, le quali vengono collocate all'interno di contenitori aperti e chiusi, così come anche senza contenitore. L'impiego avviene soprattutto in presenza di fluidi molto sporchi, come ad esempio l'acqua di scarico e nel sottosuolo.

Gli **scambiatori di calore a tubi laminati** sono composti principalmente da singo-

li o più tubi paralleli con applicate delle lamelle. Sono ideali per lo scambio di calore di fluidi gassosi (p.es. aria). Sono possibili diverse combinazioni di materiali e regolazioni. Per un funzionamento ideale, va prestata particolare attenzione alla distanza tra le lamelle, siccome sporcizia, brina, ecc. possono causare considerevoli riduzioni delle prestazioni. Impiegandoli a temperature dell'aria al di sotto di ca. 5 °C, sullo scambiatore di calore si forma brina e ghiaccio. Questo aspetto incide parecchio sull'efficienza durante il funzionamento, a causa del necessario sbrinamento (vedi 2.6).

2.3 Valvole a farfalla

La valvola a farfalla espande il fluido frigorifero condensato dalla parte ad alta pressione del ciclo refrigerante a quella a bassa pressione. Inoltre questa valvola regola il flusso di fluido frigorifero all'evaporatore.



Figura 2.11: Scambiatore di calore a registro (pacchetto a piastre) (immagine: Omega)

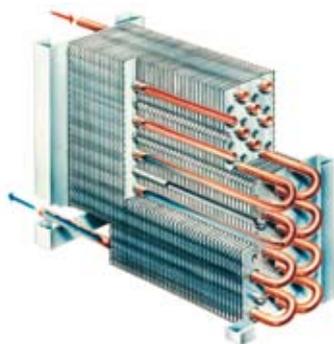


Figura 2.12: Scambiatore di calore a tubi laminati (batteria senza ventilatore, involucro, ecc.) (immagine: Günter)



Figura 2.13: Valvola d'espansione termostatica (immagine: Danfoss)

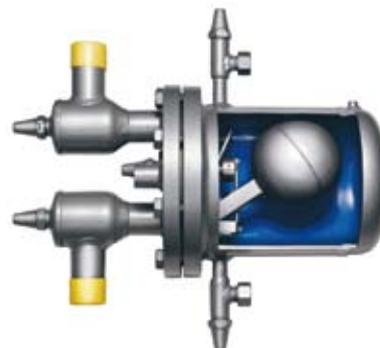


Figura 2.14: Regolatore di alta pressione a galleggiante (immagine: TH-Witt)

Tipologie costruttive

Le **valvole d'espansione** regolano il flusso di fluido frigorigeno all'evaporatore in base al surriscaldamento del gas in aspirazione all'uscita dell'evaporatore e vengono in sostanza impiegate nei sistemi con evaporazione mediante espansione a secco. Vanno distinte valvole d'espansione **termostatiche**, con compensazione della pressione interna ed esterna, e valvole d'espansione **elettroniche**. I vantaggi principali nella variante elettronica sono, il minimo surriscaldamento del gas in aspirazione dovuto alla costruzione, non efficace nelle valvole termostatiche, e la banda di potenza più grande.

I **regolatori di alta pressione a galleggiante** conducono il flusso di fluido frigorigeno dalla parte di alta pressione del regolatore con galleggiante all'evaporatore, in funzione del livello del liquido. I regolatori di alta pressione a galleggiante non devono essere tarati e regolano in modo molto stabile l'intera banda di potenza.

I **regolatori di bassa pressione con galleggiante** funzionano in maniera analoga come i loro simili dalla parte dell'alta pressione. Il flusso del fluido frigorigeno viene però regolato nell'evaporatore in funzione del livello del liquido.

2.4

Dispositivi di sicurezza

In modo che apparecchi, componenti, tubazioni e materie prime del circuito refrigerante non subiscano sollecitazioni eccessive, sono necessari dispositivi di sicurezza. Il genere e la modalità della sicurezza sono fissati dal legislatore, in funzione della grandezza dell'impianto, del fluido frigorigeno e la collocazione.

Qui di seguito una scelta dei dispositivi e organi di sicurezza più frequenti:

- **Limitatore della pressione di sicurezza** rispettivamente **pressostato di alta pressione** (disattivazione con l'aumento della pressione) per la protezione del compressore e tutte le componenti dalla parte di alta pressione. A partire da una determinata grandezza del compressore rispettivamente dell'impianto, questo apparecchio deve funzionare obbligatoriamente in modo meccanico e deve interrompere direttamente la corrente quale protezione principale del compressore.
- **Bassa pressione:** Disinserimento con la riduzione della pressione, quale protezione dell'evaporatore e tutte le componenti dalla parte della bassa pressione.
- **Interruttore di sicurezza della pressione dell'olio:** Disinserimento con la riduzione della differenza di pressione quale controllo della lubrificazione del compressore.
- **Surriscaldamento del gas compresso:** Disinserimento con l'aumento della temperatura quale controllo della temperatura del gas caldo.
- **Antigelo:** Disinserimento con la diminuzione del flusso secondario, quale protezione del condensatore contro il gelo.
- **Flusso:** Disinserimento con la diminuzione del flusso secondario, quale protezione dell'evaporatore da sporcizia rispettivamente brina, e del condensatore e desurriscaldatore dal surriscaldamento.
- **Protezione dell'avvolgimento, Klixon, relè termico e salvamotore** quale protezione dei motori elettrici (compressori, ventilatori, pompe ecc.).
- **Valvole di sicurezza, membrane di**

sicurezza, spine di sicurezza, ecc. quale protezione da elevate pressioni del sistema durante l'esercizio e quando è spento, p.es. in caso d'incendio.

- **Controllo dei livelli, controllo del fluido frigorifero**, ecc. per il controllo del contenuto di refrigerante (sovraccarico, perdite, depositi, ecc.).

2.5

Ulteriori componenti

Quale funzione per l'impianto o perlomeno installazione vantaggiosa, tra le tante esistono i seguenti componenti e apparecchi:

Filtro-essicatore per la raccolta di residui d'umidità nel sistema refrigerante. Quest'umidità può condurre al congelamento della valvola d'espansione, a cambiamenti della qualità dei materiali e a danni all'avvolgimento.

Spia di livello con indicatore d'umidità per il controllo visuale dell'umidità nel sistema e la formazione di Flashgas (bollicine di gas) quale indicatore di mancanza di fluido frigorifero, filtro-essicatore sporco, ecc.

Filtro di depressione per la protezione meccanica del compressore.

Valvola magnetica per l'automatico spegnimento, commutazione rispettivo spurgo di singoli scambiatori di calore.

Regolatore di pressione per il mantenimento della pressione costante, alta e bassa di singoli settori del sistema.

Assorbitore di vibrazioni per la separazione di parti dell'impianto che vibrano, p.es. il compressore.

Silenziatore gas in pressione (silenziatore muffler) per l'assorbimento delle pulsazioni di gas dei compressori a stantuffo.

Collettore fluido frigorifero per la raccolta del refrigerante durante differenti stadi d'esercizio o nel funzionamento in aspirazione.

Separatore d'olio per evitare grandi depositi di olio nel sistema e l'imbrattamento dell'evaporatore. Utilizzo in tutti i compressori a viti, impianti a più compressori e evaporatori sommersi.

Valvole di arresto e dispositivi di misurazione per una facile manutenzione e controllo dell'impianto (valvola di Schrader).

2.6

Dispositivi di sbrinamento

Gli scambiatori di calore a tubi laminati, a basse temperature dell'aria, possono subire formazione di brina e ghiaccio. Di conseguenza lo scambio di calore peggiora sempre più. Perciò in caso di necessità la superficie va sbrinata.

Per le pompe di calore aria-acqua si sono imposti i due seguenti sistemi di sbrinamento.

Bypass gas caldo (Figura 2.15)

Durante la fase di sbrinamento, il condensatore viene scavalcato mediante una valvola bypass e il gas in pressione viene condotto dal compressore direttamente all'evaporatore. È comunque importante che venga mantenuta alta la pressione dopo il compressore. La potenza di sbrinamento corrisponde quasi alla potenza elettrica assorbita dal compressore.

Figura 2.15: Schema di principio sbrinamento con bypass gas caldo

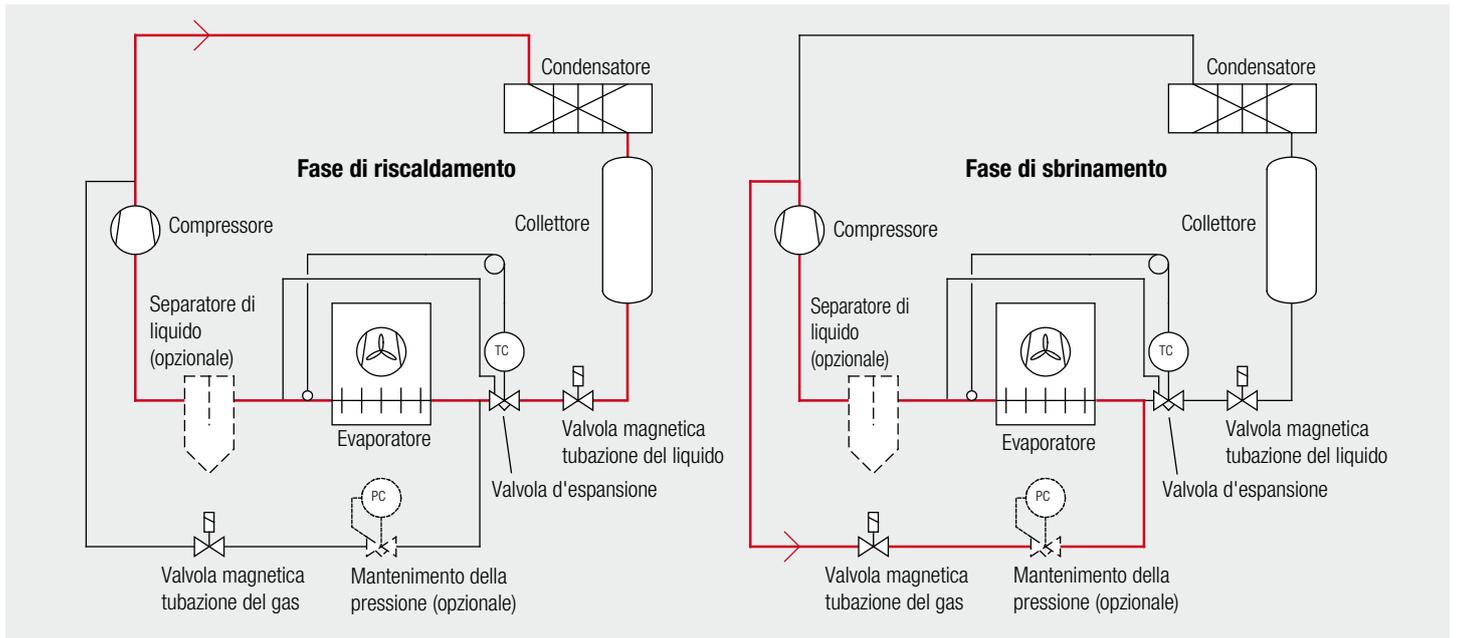
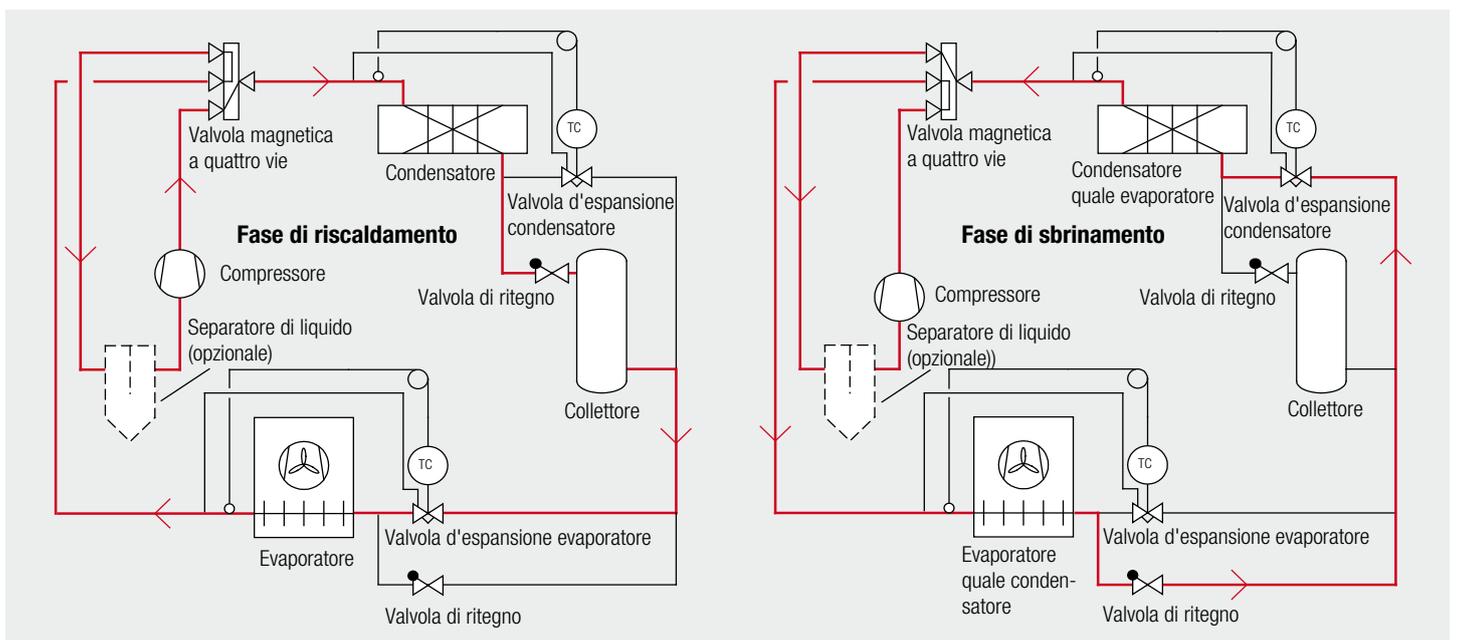


Figura 2.16: Schema di principio inversione di ciclo



Inversione di ciclo (Figura 2.16)

Mediante rispettive combinazioni di valvole magnetiche a quattro vie il processo viene invertito. Il condensatore funge da evaporatore e l'evaporatore da condensatore. È da verificare che durante il processo di sbrinamento sia a disposizione sufficiente energia dalla parte di utilizzo del calore, siccome per lo sbrinamento stesso viene assorbito del calore. La potenza di sbrinamento è di ca. 2 fino a 3 volte superiore alla potenza elettrica assorbita dal compressore.

Lo sbrinamento con il ventilatore al di sopra dei ca. 2 °C fino a 3 °C è la possibilità più veloce ed efficiente per sbrinare l'evaporatore. Questo tipo di sbrinamento può essere combinato senza problemi con altri sistemi.

2.7

Tipologie costruttive

Nel settore delle pompe di calore vengono differenziate le seguenti tipologie costruttive.

Compatta: tutte le componenti dell'impianto sono assemblate in modo compatto in fabbrica o sul posto in un involucro, in un locale tecnico o in un telaio.

Split: Parti importanti della pompa di calore si situano all'esterno di quella che è la centrale termica. Per esempio l'evaporatore di una pompa di calore aria-acqua viene collocato all'esterno dell'edificio, mentre il gruppo del compressore più condensatore invece è all'interno.

2.8

Altri sistemi

Oltre al ciclo di compressione del vapore saturo (sistema refrigerante a compressione), esistono altri processi che possono essere utilizzati come pompe di calore. Per esempio impianti ad assorbimento, raffreddamento termoelettrico (effetto Peltier), processi di ciclo Stirling, macchine ad iniezione di vapore freddo e gas freddo.

Nel settore commerciale della produzione di calore si è però imposto in aggiunta solo la tecnica ad assorbimento. Il rendimento di questi impianti è inferiore a quello dei sistemi refrigeranti a compressione. Questo processo viene soprattutto impiegato laddove è a disposizione calore costante e di qualità (calore residuo, ecc.), possibilmente gratuitamente.

3. Refrigerante

3.1 Proprietà

Come refrigerante si definisce il fluido agente in una macchina a compressione di vapore. Spesso si utilizza questa definizione in generale per tutte le macchine frigorifere o qualsiasi processo della produzione di freddo, come ad esempio le pompe di calore.

Ogni fluido frigorifero dovrebbe avere se possibile le seguenti proprietà:

- buone proprietà termodinamiche
- elevata potenza refrigerante volumetrica (→ piccolo compressore)
- livello di pressione appropriato per il campo di utilizzo (→ temperatura critica sufficientemente alta e temperatura di indurimento sufficientemente bassa)
- basse perdite di carico durante la circolazione
- chimicamente e termicamente stabile
- non velenoso
- non infiammabile
- buon miscelamento con lubrificanti
- nessun potenziale di distruzione dell'ozono e nessun o debole potenziale sull'effetto serra
- economico

La maggior parte dei refrigeranti sono, o dannosi per la distruzione dell'ozono, o stabili nell'aria, quindi attivi a livello climatico (→ effetto serra), come mostra la Figura 3.1. Esempi di refrigeranti stabili nell'aria sono R-134a e la serie

R-404A, R-407C, R-410A, R-417A, ecc. Tra i refrigeranti che distruggono lo strato d'ozono ci sono R-22, R-12, R-502 e le miscele di servizio della serie R-401, R-402 ecc. I refrigeranti permessi in Svizzera sono regolati a livello legislativo [ORRPChim] (www.cheminfo.ch).

Per motivi di protezione ambientale le quantità di refrigerante sono da minimizzare e sono da utilizzare nel limite del possibile refrigeranti naturali, come p.es. l'ammoniaca (R-717), 60 % ammoniaca e 40 % dimetiletere (R-723), idrocarburi (R-600a, R-290), CO₂ (R-744) o acqua (R-718).

Viene fatta una distinzione tra quattro gruppi di refrigerante:

- CFC (clorofluorocarburi completamente alogenati), come p.es. R-12 e R-502, distruggono fortemente l'ozono e sono molto attivi a livello clima-

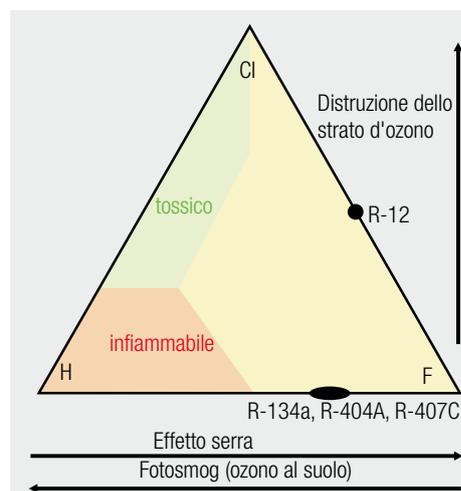


Figura 3.1: Refrigeranti sintetici (derivati alogeni del metano e etano)

- tico. Essi sono proibiti in Svizzera.
- **HCFC** (clorofluorocarburi parzialmente alogenati), come p.es. R-22 distruggono l'ozono e sono attivi a livello climatico. Essi sono proibiti in Svizzera per nuovi impianti (www.cheminfo.ch).
 - **HFC** (idrofluorocarburi parzialmente alogenati), come p.es. R-134a, R-404A, R-407C, R-410A e R-507A sono attivi a livello climatico (www.cheminfo.ch).
 - **Refrigeranti naturali**, come p.es. R-717 (ammoniaca), R-744 (CO₂), R-290 (propano), R-600a (isobutano) e

R-718 (acqua) non distruggono l'ozono, ne sono attivi a livello climatico (www.cheminfo.ch).

3.2 Scelta del fluido agente

Fluidi frigoriferi che distruggono lo strato d'ozono non sono più permessi per pompe di calore e impianti refrigeranti. Quando potenza ed efficienza sono paragonabili, allora dovrebbero essere impiegati refrigeranti con un basso potenziale di riscaldamento globale (GWP).

Refrigerante	GWP _{100a} (CO ₂ =1,0)	Valore limite pratico (kg/m ³)	Indicazioni sulla sicurezza	Temperatura critica (°C)	Variazione di temperatura a 1 bar _a (K)	Temperatura di condensazione a 1 bar _a (°C)
R-134a	1200	0,25	–	101	0	–26
R-407C	1520	0,31	–	87	7,4	–44
R-404A	3260	0,48	–	73	0,7	–47
R-410A	1720	0,44	–	72	<0,2	–51
R-417A	1950	0,15	–	90	5,6	–43
R-507A	3300	0,52	–	71	0	–47
<i>R-290 (propano)</i>	<i>3</i>	<i>0,008</i>	<i>infiammabile</i>	<i>97</i>	<i>0</i>	<i>–42</i>
<i>R-717 (NH₃)</i>	<i>0</i>	<i>0,00035</i>	<i>velenoso</i>	<i>133</i>	<i>0</i>	<i>–33</i>
<i>R-723 (NH₃&DME)</i>	<i>8</i>	–	<i>velenoso</i>	<i>131</i>	<i>0</i>	<i>–37</i>
<i>R-744 (CO₂)</i>	<i>1</i>	<i>0,07</i>	<i>pressione elevata</i>	<i>31</i>	<i>0</i>	<i>–57*</i>
<i>R-718 (H₂O)</i>	<i>0</i>	–	–	<i>374</i>	<i>0</i>	<i>100</i>

In corsivo: refrigerante naturale

*CO₂ deve essere impiegato al di sopra dei 5,3 bar (punto triplo) causa formazione di ghiaccio

«GWP_{100a}» definisce l'effetto serra riferito a CO₂=1, provocato in un periodo di tempo di 100 anni.

Il «valore limite pratico» definisce il valore limite massimo ammissibile di refrigerante nell'aria. Al suo interno sono già compresi margini di sicurezza per le concentrazioni irregolari (stratificazione).

La «temperatura critica» definisce la temperatura, al di sopra della quale è impossibile condensare un gas impiegando ancora pressioni così elevate.

La «variazione di temperatura» definisce la differenza tra la temperatura di condensazione e quella del punto di rugiada a pressione costante.

Tabella 3.1: Tabella dei valori tipici dei refrigeranti

4.

Fonti di calore

Le seguenti fonti di calore possono essere utilizzate mediante pompa di calore:

- Aria esterna
- Calore della terra
- Acqua di falda e di superficie
- Calore residuo

Di base si può affermare che, più è basso il livello di temperatura della fonte di calore, peggiore è l'efficienza (COP) della pompa di calore.

4.1 Aria esterna

L'aria esterna è a disposizione quale fonte di energia in quantità illimitata e non è richiesta nessuna procedura di autorizzazione per il suo impiego.

Lo svantaggio è rappresentato dal fatto che la temperatura della fonte di calore

ha un andamento contrario a quello della temperatura del sistema di riscaldamento.

Sistemi. Si differenziano le seguenti tipologie costruttive:

- Impianto compatto per la posa interna
- Impianto compatto per la posa esterna
- Impianto split

La costruzione compatta per la posa interna viene adottata in genere per i piccoli e medi impianti. (Potenza di riscaldamento: da 5 kW a 50 kW). La costruzione compatta per la posa esterna viene impiegata laddove nell'edificio non esiste sufficiente spazio.

Gli impianti split vengono impiegati laddove l'aria esterna, a causa dell'elevato volume d'aria necessario, non può esse-

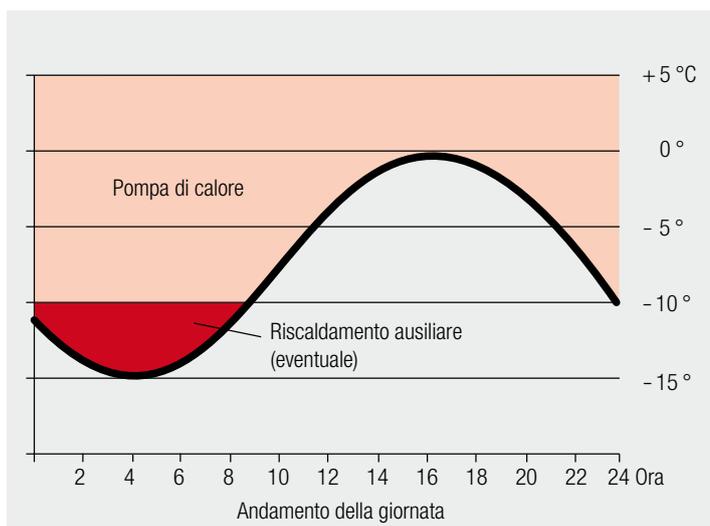


Figura 4.1: Esempio andamento giornaliero della temperatura dell'aria esterna

re condotta direttamente all'aggregato posizionato all'interno dell'edificio. La parte dell'evaporatore viene posizionata all'aperto, mentre il compressore e il condensatore nell'edificio.

Indicazioni di progettazione

- L'impiego dell'aria esterna quale fonte di calore non richiede autorizzazione.
- L'allacciamento elettrico deve comunque essere autorizzato dall'Azienda elettrica competente.
- La temperatura del sistema di riscaldamento è limitata a causa delle temporanee basse temperature della fonte di calore.
- Con temperature esterne al di sotto di ca. $+5^{\circ}\text{C}$ e umidità dell'aria corrispondente, l'evaporatore si ghiaccia. È necessario uno sbrinamento automatico.
- Con il raffreddamento dell'aria al di sotto del punto di rugiada, si forma dell'acqua di condensa. Questa va raccolta ed evacuata in una tubazione al sicuro dal rischio gelo.
- È da evitare che l'aria raffreddata nella pompa di calore non venga raccolta dall'aria esterna (corto circuito).
- Con l'impiego di scambiatori geotermici o mediante la presa di aria in posizioni «calde» (autorimesse, impianto d'aspirazione dell'edificio), è possibile aumentare l'efficienza energetica della pompa di calore.
- La pompa di calore va protetta dal rischio di danneggiamento da parte di persone, così come neve, foglie, polvere e piccoli animali.
- Un'installazione fissa di apparecchi esterni richiede una domanda di autorizzazione.
- Nella progettazione di un impianto split sono da considerare con attenzione le regole base della tecnica

frigorifera. Particolare attenzione va prestata al tema delle emissioni sonore (Capitolo 7).



Figura 4.2: Impianto compatto per posa interna (immagine: BKW FMB Energie SA)



Figura 4.3: Impianto compatto per posa esterna (immagine: BKW FMB Energie SA)



Figura 4.4: Sonda geotermica (immagine: BKW FMB Energie SA)

4.2

Calore della terra

Il terreno é un fornitore di calore ideale. Già a circa 10 m sotto la superficie terrestre nel sottosuolo si registra una temperatura più o meno costante durante tutto l'arco dell'anno. Con l'aumento della profondità la temperatura del sottosuolo aumenta di ca. 3 K ogni 100 m. La costante durante l'arco dell'anno crea la premessa ideale per l'impiego del calore della terra a scopi di riscaldamento. Le sonde geotermiche normalmente sono profonde tra i 50 m fino a 350 m.

Sonde geotermiche

Per l'estrazione di calore dal terreno, oggi vengono impiegate normalmente delle sonde geotermiche riempite con acqua o una miscela di acqua e glicol, oppure dei campi di sonde geotermiche.

Sistemi: Si tratta praticamente ovunque di tubi sintetici in PE, che possono essere disposti in diversi modi. Principalmente si è affermata la disposizione con due doppi tubi. Al centro viene collocato un tubo, attraverso il quale il buco causato dalla perforazione viene riempito dal basso con una miscela di cemento, acqua e bentonite. Questo assicura inoltre che i tubi, nei quali circola l'acqua, non si allontanino dalle pareti della perforazione.

Gli impianti con sonde geotermiche sono da dimensionare in funzione dei seguenti rilevanti aspetti energetici:

- Sottosuolo
- Numero di sonde
- Lunghezza delle sonde
- Distanza tra le sonde
- Diametro delle tubazioni
- Perdita di carico del sistema

Indicazioni di progettazione

- Impianti con sonde geotermiche sono soggetti ad autorizzazione (organi responsabili: Cantoni). I seguenti valori non dovrebbero essere superati: quantità di energia annuale di 100 kWh al metro così come ca. 2000 ore di esercizio a pieno carico all'anno con un carico per sonda geotermica di 50 W/m.
- Se l'impianto con sonde geotermiche viene impiegato anche come «fonte di freddo» (freecooling), il terreno può essere parzialmente «rigenerato» mediante l'apporto di calore. Le conseguenze sul dimensionamento delle sonde geotermiche sono da chiarire.
- Gli impianti con sonde geotermiche non possono essere impiegati per asciugare la costruzione, perché le citate condizioni quadro normalmente verrebbero superate.
- L'impianto con sonde geotermiche dovrebbe essere eseguito esclusivamente da parte di una ditta certificata.
- L'accesso al punto di perforazione con la trivellatrice é da garantire. Inoltre sono da osservare le esigenze sul posto di perforazione.
- Le tubazioni di allacciamento alle sonde geotermiche dal collettore sono da posare ad una profondità sufficiente (fuori dal rischio gelo). Se questo non è possibile, quest'ultime sono da isolare termicamente.
- Nel caso di un dimensionamento ottimale, é possibile l'esercizio solamente

Tabella 4.1: Lunghezza, contenuto e diametro delle sonde. Ipotesi: Tubo a doppio U. *Perforazioni in un terreno a rischio di spaccature (limo, ecc.) richiedono un diametro maggiore ($4^{3/4}$ fino a $7^{5/8}$ "), a dipendenza del diametro della sonda e dalla situazione del sottosuolo.

Diametro tubo della sonda geotermica	Contenuto al metro	Diametro della perforazione*	Lunghezza massima
32 mm	2,12 litri	112 fino a 115 mm	ca. 150 m
40 mm	3,34 litri	127 fino a 135 mm	ca. 300 m
50 mm	5,18 litri	152 mm	oltre 300 m



Figura 4.6: Palo di fondazione (immagine: enercret Röthis)



Figura 4.7: Palo battuto (immagine: enercret Röthis)

con acqua quale vettore energetico. La temperatura di evaporazione può essere scelta così bassa, in modo tale che non sia possibile la formazione di ghiaccio.

- La distanza tra le singole sonde geotermiche è da considerare in funzione dell'oggetto.
- Impianti più grandi (campi di sonde geotermiche) sono da dimensionare da parte di specialisti riconosciuti. Si consiglia l'esecuzione di una simulazione dinamica.

Sonde geotermiche con la tecnica del diossido di carbonio

Quale alternativa alle sonde geotermiche nelle quali circola acqua o acqua glicolata, la sonda può funzionare con un riempimento di CO_2 . La sonda CO_2 funziona secondo il principio del tubo termovettore (heat pipe). CO_2 non velenoso (diossido di carbonio) circola nella sonda geotermica. Il CO_2 viene inserito nella sonda allo stato liquido sotto pressione. Esso scende e si riscalda con l'aumentare della temperatura nel terreno. In questo modo il liquido evapora per poi condensare nuovamente nel punto più freddo, l'evaporatore della pompa di calore, e trasmette così il calore della terra alla pompa di calore. Il CO_2 circola senza energia ausiliaria, a differenza del fluido termovettore di una comune sonda geotermica, con un conseguente risparmio di energia. In ogni caso una simile sonda in estate non può venir rigenerata mediante un apporto di energia dalla pompa di calore. Un raffreddamento dell'edificio con questa sonda non è quindi possibile.

Scambiatore geotermico (serpentine nel terreno)

Anziché sonde geotermiche, si utilizzano anche scambiatori geotermici. Questi sono composti da serpentine di tubi disposte orizzontalmente nel terreno, 1,2 fino a 1,5 metri sotto la superficie del terreno. Gli scambiatori geotermici captano dal terreno principalmente il calore ceduto al terreno stesso tramite l'irraggiamento solare e la pioggia. Di regola viene impiegata una miscela con antigelo quale fluido termovettore.

Sistemi: Gli scambiatori geotermici normalmente sono composti da tubi in materiale sintetico o tubi in rame rivestiti da materiale sintetico, i quali vengono raccordati ad un collettore, risp. distributore, all'interno dell'edificio o in un vano all'esterno.

Indicazioni di progettazione

- Gli scambiatori geotermici possono essere soggetti ad autorizzazione (organismi responsabili: Cantoni).
- La potenza assorbita massima (potenza frigorifera) al m² di superficie di

scambio è pari a ca. 25 W fino a 30 W o ca. 60 kWh durante il periodo di riscaldamento.

- Quando lo scavo viene ricoperto, lo scambiatore geotermico deve essere in pressione, così da individuare eventuali perdite nel sistema. (Sassi, scarti di cantiere, ecc. non sono adatti quale materiale di riempimento.)

Pali energetici

I pali energetici normalmente vengono impiegati dove il terreno in cui sorge una costruzione è instabile e necessita di pali di fondazione. Il palo energetico ha quindi innanzitutto una funzione statica. La disposizione e la dimensione seguono le esigenze poste per l'edificio rispettivamente per il fondo sul quale esso sorgerà. Il guadagno energetico dipende di conseguenza dalle condizioni geologiche e dagli accorgimenti statici necessari (lunghezza e disposizione). Di regola quale fluido termovettore viene impiegata una miscela con antigelo.

Sistemi: Vengono distinte due tipologie costruttive – palo trivellato e palo battuto.

I **pali trivellati** sono composti da reti d'armatura, alle quali vengono fissate delle tubazioni. Esse vengono inserite nelle perforazioni, che in seguito vengono riempite con calcestruzzo.

I **pali battuti** sono pali in calcestruzzo preconfezionati, nei quali in fabbrica vengono posate e colate al loro interno le tubazioni. Durante la battitura è necessario assicurare che i collegamenti delle tubazioni alle estremità dei pali non vengano danneggiati.

Figura 4.8: Canestri geotermici (immagine: Calmothersm)



Indicazioni di progettazione

- I pali energetici sono soggetti ad autorizzazione (organi responsabili: Cantoni).
- Essi sono da dimensionare da parte di specialisti.
- È da garantire l'accesso al posto di trivellazione risp. battitura per le apparecchiature necessarie. Inoltre sono da osservare le esigenze riguardo il posto di lavoro.
- Le tubazioni dal palo energetico al distributore sono da posare ad una profondità sufficiente e vanno provviste di un isolamento termico.
- A dipendenza del terreno e dimensionamento, è possibile l'esercizio unicamente con acqua quale fluido termovettore.

Canestri geotermici

I canestri geotermici sono tubi sintetici arrotolati a spirale, che vengono posati ad una profondità da 1,5 m fino a 3,5 m. Essi vengono influenzati dalle condizioni meteo sulla superficie terrestre come gli scambiatori geotermici.

Trincee geotermiche

In trincee profonde da 1 m a 1,5 m vengono posati orizzontalmente dei tubi

sintetici. Anch'essi sono influenzati dalle condizioni meteo sulla superficie terrestre.

Pareti colate

Le pareti colate vengono eseguite con una benna o una fresa in funzione del tipo di terreno o della profondità. Nello scavo viene inserita una gabbia con fissati dei tubi in materiale sintetico, in seguito riempito con calcestruzzo.

Allacciamento del sistema di sfruttamento del calore della terra

Oltre che al corretto dimensionamento della fonte di calore, va prestata la giusta attenzione all'idraulica del circuito primario.

Fluido termovettore

Normalmente nei sistemi di sfruttamento del calore della terra vengono impiegati delle miscele con antigelo. Questi sistemi però, mediante un dimensionamento corrispondente (p.es. con l'esecuzione di una simulazione), possono funzionare anche con acqua senza additivi. In questo caso la temperatura d'evaporazione può scendere ad un livello massimo tale da evitare la formazione di ghiaccio.

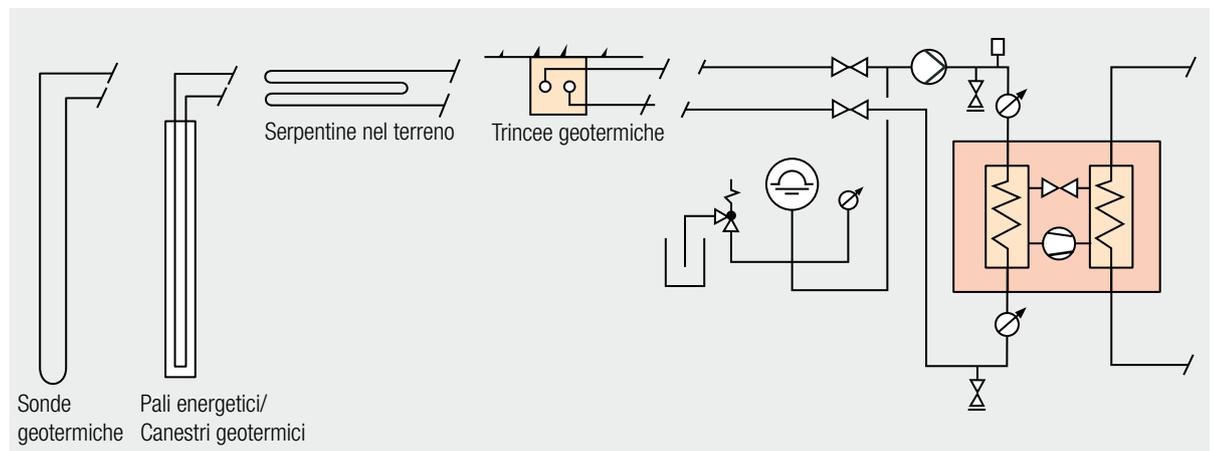


Figura 4.9: Collegamento al sistema di sfruttamento del calore della terra

La concentrazione di antigelo nella miscela deve corrispondere alle indicazioni del produttore (protezione anticorrosione). Le proprietà fisiche della miscela di antigelo cambiano in funzione della temperatura e la capacità termica.

Pompe di circolazione

La pompa di circolazione è da dimensionare sempre in funzione dell'impianto. A dipendenza della lunghezza e la disposizione della sonda geotermica, la perdita di carico è considerevole. Una pompa di circolazione sovra- o sottodimensionata può peggiorare il rendimento di tutto l'impianto. In generale lo scopo è quello di raggiungere un rendimento della pompa di circolazione più elevato possibile. Con pompe di circolazione a potenza variabile, va adattata la potenza della pompa nel circuito delle sonde in funzione delle esigenze. È inoltre da tenere in considerazione la formazione di acqua di condensa.

Dispositivi di sicurezza

- Il controllo di pressione spegne l'impianto della pompa di calore se si manifesta una caduta di pressione del circuito primario.
- Il vaso d'espansione compensa le variazioni di pressione nel sistema, che si manifestano a causa delle variazioni di temperatura e nei materiali (p.es. deformazione dei tubi sintetici).
- Per proteggere l'impianto da sovrappressioni, è da prevedere una valvola di sicurezza. Lo scarico di quest'ultima è da raccogliere in un contenitore.

Tubazioni

- Sono da utilizzare materiali resistenti alla corrosione come materiali sintetici, acciaio cromato o acciai

con trattamenti anticorrosione. Non possono venir impiegati tubi zincati o sistemi fitting.

- All'interno dell'edificio la rete di condotte, compresa la rubinetteria, vanno isolate contro la diffusione del vapore, così da evitare il rischio di condensa.

Bilanciamento idraulico

I singoli circuiti delle sonde geotermiche sono da bilanciare idraulicamente tra loro. Va montata la corrispondente rubinetteria sul distributore delle sonde geotermiche.

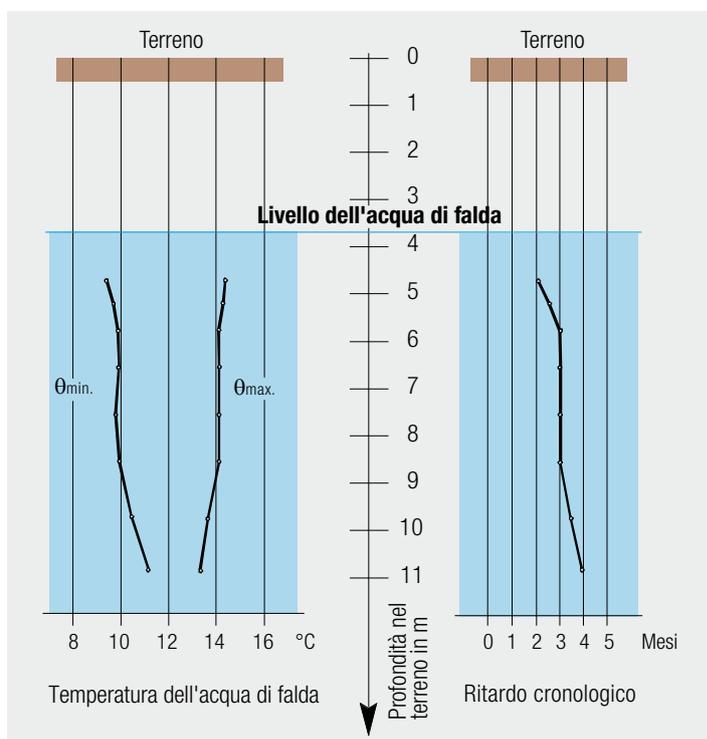
4.3

Acqua di falda

Provenienza dell'acqua di falda

L'acqua che nel sottosuolo riempie le intercapedini nella roccia, fessure o crepacci, viene definita come acqua di falda. Essa scorre principalmente per

Figura 4.10: Temperature dell'acqua di falda



effetto della gravità attraverso le zone permeabili tra materiale fisso e sciolto (zone ricche di ghiaia e sabbia, arenaria, rocce spaccate o carsiche). Acqua di falda vicina alla superficie, nella maggior parte dei casi, si raccoglie a pochi metri fino a più decine di metri di profondità, soprattutto grazie alla presenza di materiale sciolto (letto di ghiaia).

La temperatura media annuale dell'acqua di falda in prossimità della superficie di regola è pari a 9°C fino a 11°C e quindi al di sopra del valore medio per l'aria esterna. La temperatura può essere influenzata da infiltrazioni di acqua di superficie o dalla temperatura dell'aria. Se l'influenza dell'acqua di superficie è relativamente ridotta e il punto di estrazione è a diversi metri di profondità, le variazioni annuali della temperatura sono minime. Con l'aumentare della profondità inoltre aumenta lo sfasamento tra i valori minimi e massimi. L'oscillazione massima della temperatura è pari a ca. 5 K (Figura 4.10).

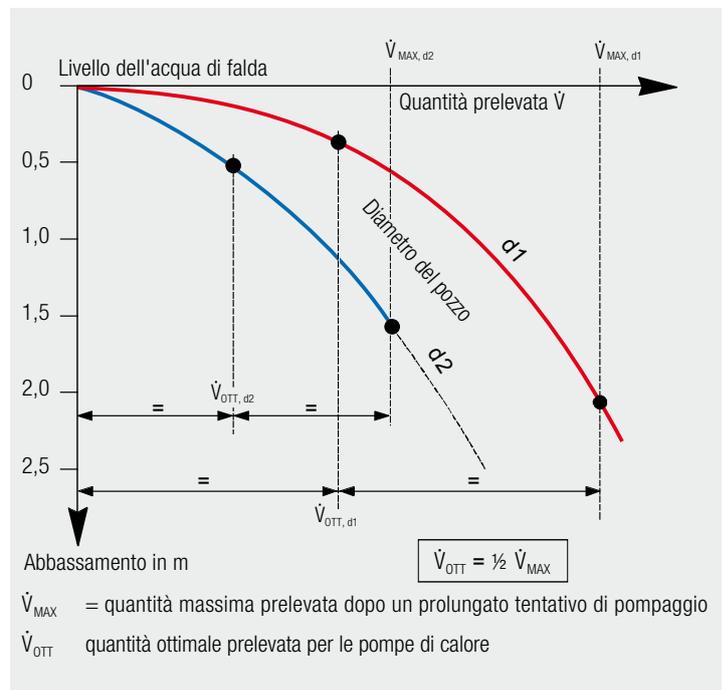
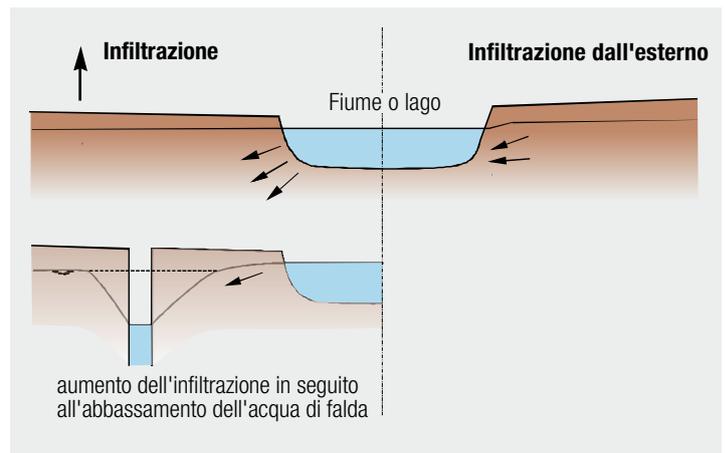
Grazie al suo relativamente costante livello di temperatura, l'acqua di falda rappresenta una fonte di calore ideale e affidabile per le pompe di calore.

Qualità dell'acqua di falda

La qualità dell'acqua di falda può essere influenzata in maniera decisiva attraverso l'infiltrazione dai bacini superficiali (Figura 4.11). Oltre che al condizionamento dal lato termico, va prestata attenzione all'influenza sulla qualità dell'acqua di falda. Nella maggior parte dei casi l'acqua di falda non è aggressiva. In particolare l'apporto di materiale organico o ossigeno mediante l'aggiungersi di acqua di superficie può condurre a reazioni indesiderate. È per questi motivi che si consiglia una semplice analisi

Figura 4.11: Infiltrazione dell'acqua di superficie

Figura 4.12: Dimensionamento di una captazione dell'acqua di falda



della qualità dell'acqua di falda. Sono da rispettare i seguenti valori limite:

- Valore pH: ≥ 7
- Ferro (sciolto): $\leq 0,15$ mg/l
- Manganese (sciolto): $\leq 0,1$ mg/l

Sporcizia attraverso sabbia, che potrebbe causare danni meccanici all'impianto, non dovrebbe riscontrarsi in un impianto concepito correttamente, né attraverso l'influsso di acqua di superficie, né dall'approvvigionamento nei pozzi filtranti. Per garantire ciò, sia il pozzo di captazione che quello di restituzione devono essere progettati e realizzati con la supervisione di specialisti.

Captazione dell'acqua di falda e restituzione

Il dimensionamento dei pozzi di captazione e restituzione (Figura 4.15) si basa principalmente sulle proprietà delle rocce acquifere così come sulla portata necessaria alla pompa di calore. La quantità di pescaggio ottimale da un pozzo di captazione si situa a metà della quantità massima di captazione possibile (Figura 4.12). La portata necessaria al kW di fabbisogno termico normalmente si situa tra i 150 l/h e i 200 l/h. Con l'aumentare della quantità di captazione di regola sono necessari diametri di perforazione maggiori. Il dimensionamento delle perforazioni dipende in maniera importante dalle condizioni locali e deve essere svolto da uno specialista.

La restituzione spesso avviene anche attraverso un pozzo perdente poco profondo. In questo caso è da chiarire la permeabilità del sottosuolo. A dipendenza dei casi è possibile reinserire l'acqua in un bacino superficiale nelle vicinanze.

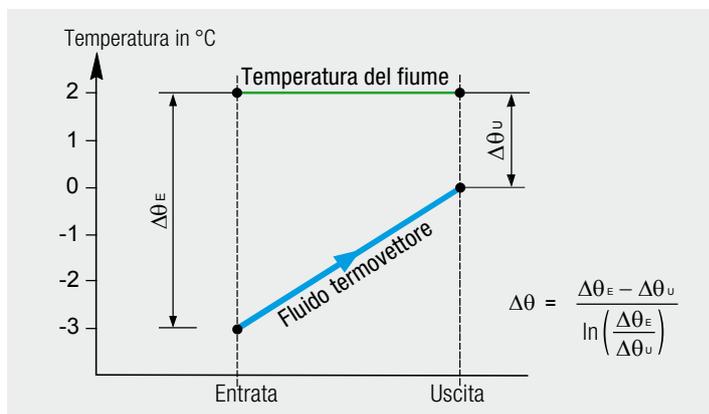
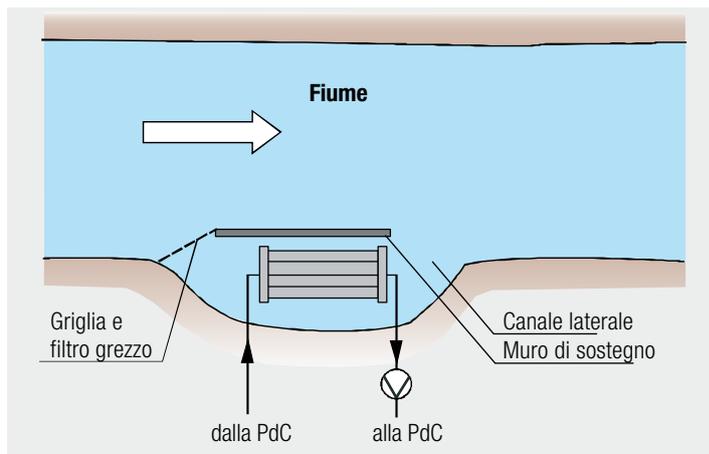
Progettazione e realizzazione

Durante la progettazione e realizzazione sono da osservare i seguenti punti:

- La progettazione e la realizzazione vanno effettuate coinvolgendo un geologo o un idrogeologo quale consulente.
- Nel caso di captazioni in prossimità di bacini acquiferi superficiali, va prestata attenzione alla possibilità di infiltrazioni.
- Nella localizzazione di punti per la captazione e la restituzione va considerato il senso di flusso dell'acqua sotterranea (nessuna restituzione a monte della captazione).
- È consigliabile una semplice analisi dell'acqua.
- La potenza della pompa di pescaggio è da dimensionare in base al livello dell'acqua falda più basso previsto.
- Un monitoraggio della temperatura

Figura 4.13: Registro nel flusso d'acqua corrente

Figura 4.14: Temperature del fiume e del fluido termovettore



e del flusso offrono una sicurezza contro il raffreddamento dell'acqua impiegata oltre il punto di congelamento, così come uno sfruttamento eccessivo della captazione.

- Per l'utilizzo dell'acqua di falda è necessaria un'autorizzazione da parte delle autorità. La procedura di autorizzazione è differente per ogni cantone.

4.4 Acqua di superficie

Le relativamente elevate variazioni della temperatura dell'acqua di superficie (acqua di fiume, lago o bacino) normalmente non permettono un esercizio monovalente con impiego diretto. Quindi nella maggior parte dei casi avviene un utilizzo indiretto: la fonte di calore cede la propria energia ad uno scambiatore, collegato alla pompa di calore mediante un circuito intermedio. Questo circuito contiene una miscela con antigelo, affinché la temperatura di evaporazione possa scendere sotto gli 0°C .

La captazione di calore dall'acqua di superficie è sostanzialmente possibile in due modi:

- **Registro nel flusso d'acqua corrente** (Figura 4.13): Attraverso il registro scorre una grande quantità di acqua, di conseguenza il raffreddamento è lieve. (Figura 4.14)
- **Pozzo filtrante** (Figura 4.16): L'acqua viene raccolta direttamente in un pozzo filtrante accanto all'acqua di superficie, e da qui pompata verso lo scambiatore.

Per la variante con registro è consigliabile calcolare con una differenza di temperatura media logaritmica massima di 5 K fino a 6 K. Per il dimensionamento della



Figura 4.15: Pozzo di captazione e restituzione (immagine: BKW FMB Energie SA)

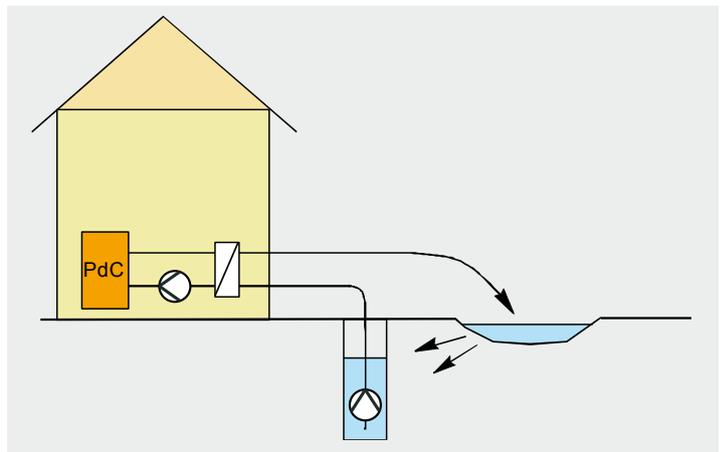


Figura 4.16: Pozzo filtrante

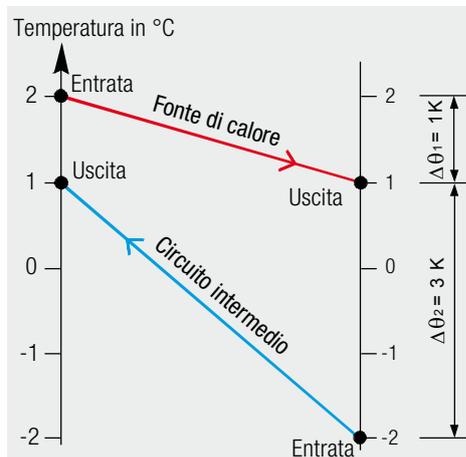


Figura 4.17: Temperature della fonte di calore e il circuito intermedio

superficie dello scambiatore di calore si possono ipotizzare valori U di 200 fino a 300 $W/(m^2K)$ (velocità di scorrimento > 0.5 m/s). Si consiglia inoltre di aggiungere un fattore di sicurezza di circa 25 % in considerazione del possibile imbrattamento del registro. Lo scorrimento rapido della fonte di calore (acqua di bacino o fiume) evita la formazione di ghiaccio. La distanza tra i tubi deve essere di almeno 4 cm. In più il registro deve venir protetto mediante dei ripari contro il ghiaione e deve poter essere pulito facilmente. In caso di bacini d'acqua stagnante questa soluzione è applicabile solo a determinate condizioni.

Il vantaggio della variante con pozzo filtrante è la captazione di acqua praticamente esente da sporcizia. Spesso è possibile un esercizio monovalente.

In sintesi si può dire che:

- Un circuito intermedio provoca delle temperature d'evaporazione più basse e di conseguenza rendimenti peggiori.
- L'offerta d'acqua è spesso variabile (p.es. bacino).
- Pro kW di fabbisogno energetico, il quantitativo d'acqua necessario è normalmente pari a ca. 300 l/h fino a 400 l/h.
- La realizzazione è piuttosto difficoltosa (specialmente la variante con registro).
- Per lo sfruttamento dell'acqua di superficie è necessaria un'autorizzazione da parte delle autorità (essa viene rilasciata solo se non c'è il rischio di inquinamento per l'acqua potabile). La procedura di autorizzazione e la manutenzione possono essere parecchio impegnative, soprattutto nella variante con registro.
- Un'analisi dell'acqua è assolutamente consigliata.

- Prestare attenzione al rischio d'incrostazione o intasamento a causa di molluschi.

4.5

Calore residuo

Il calore residuo, dove possibile, dovrebbe essere sfruttato direttamente. Se non è possibile un impiego diretto a causa delle temperature d'esercizio richieste, è possibile elevare il calore a disposizione alla temperatura richiesta mediante una pompa di calore.

Acqua di scarico

L'acqua di scarico è presente in diverse forme; p.es. non depurata nelle canalizzazioni, parzialmente pulita nei processi industriali che necessitano di elevate quantità di acqua fredda, o pulita all'uscita dell'impianto di depurazione. Le temperature dell'acqua si situano tra i 10 °C e i 25 °C nelle canalizzazioni e negli impianti di depurazione, rispettivamente fino oltre i 60 °C nei processi industriali.

Il raffreddamento dell'acqua di scarico non è un problema, se gli impianti sono dimensionati correttamente, rispettando le indicazioni fornite da chi gestisce gli impianti di depurazione. Questo procedimento inoltre non crea problemi né al procedimento di depurazione dell'acqua di scarico, né all'acqua stessa.

Sistemi

Scambiatore di calore nel canale: Il recupero di energia avviene mediante uno scambiatore di calore integrato nel fondo del canale di scarico. Nelle nuove canalizzazioni vengono anche inseriti dei tubi direttamente in getto nel canale di scarico, allo scopo di recuperarne il calore.

Scambiatore di calore in bypass: L'inserimento avviene parallelo al canale di scarico. Questo ha il vantaggio che durante la fase di realizzazione non viene praticamente intaccato il canale di scarico.

Recupero di calore senza lo scambiatore di calore nel canale: Questo è vantaggioso nel caso di grandi impianti, laddove l'impiego di scambiatori di calore nei canali presenta delle limitazioni tecniche. In questi casi l'acqua di scarico viene convogliata all'evaporatore della pompa di calore, con o senza un circuito intermedio. Affinché l'evaporatore rispettivamente lo scambiatore di calore non si sporchi, è necessario o un trattamento preliminare dell'acqua di scarico, o una scelta costruttiva degli apparecchi in funzione della qualità dell'acqua di scarico.

Pompe di calore sull'acqua di scarico: Il recupero di calore avviene direttamente o a fianco dell'edificio, prima che l'acqua di scarico raggiunga la canalizzazione. Sono a disposizione diversi sistemi con specifiche fabbricazioni.

Indicazioni di progettazione

- Per motivi tecnici ed economici, questi impianti richiedono una portata d'acqua minima.
- Impiegando scambiatori di calore nel canale, è possibile calcolare con una potenza media di captazione pari a ca. 2 kW/m².
- Elevate temperature dell'acqua di scarico permettono un elevato raffreddamento e di conseguenza un grande recupero di energia. Le condizioni ideali sono date da temperature dell'acqua di scarico, che nel peggiore dei casi rimangono sopra i 10 °C.
- Un'importante premessa è che sia a disposizione un flusso di acqua di scarico continuo. Anche durante la notte

o i fine settimana dovrebbero essere rispettate le quantità minime di acqua necessarie per l'esercizio.

- Deve essere garantita l'accessibilità per la realizzazione e la successiva manutenzione.
- La distanza tra la fonte di calore e il luogo della pompa di calore deve essere più breve possibile, altrimenti viene utilizzata parecchia dell'energia recuperata per il trasporto, con conseguenze negative sul coefficiente di lavoro annuo CLA.
- Simili impianti vanno realizzati da specialisti con corrispondente esperienza.

Impianti di refrigerazione

Sistemi: Ogni impianto di refrigerazione produce calore residuo. In grandi e più recenti impianti, il calore residuo viene ceduto all'ambiente mediante sistemi di raffreddamento. Il sistema di raffreddamento può così essere impiegato in modo ottimale quale fonte di calore, con l'effetto secondario che l'inferiore temperatura di ritorno permette un minor consumo energetico dell'impianto di refrigerazione.

A impianto di refrigerazione spento, lo scambiatore per il raffreddamento, se dimensionato di conseguenza, può prendere l'energia dall'aria ambiente. La pompa di calore in quel caso lavora come pompa di calore aria-acqua indiretta.

Indicazioni di progettazione

- Il dimensionamento e la definizione dei limiti d'impiego, così come il punto di raccordo idraulico e di regolazione, sono assolutamente da chiarire con il fabbricante o il fornitore.
- Il fabbisogno di energia deve corrispondere all'andamento del carico

dell'impianto refrigerante nel tempo.

- Va prestata anche attenzione all'isolamento termico (acqua di condensa) del sistema di raffreddamento.

Impianti di ventilazione e climatizzazione

Sistemi: L'impiego di pompe di calore è sensato anche negli impianti di ventilazione e climatizzazione. La pompa di calore rappresenta una componente ideale per il recupero del calore (RC). Grazie ad essa è possibile recuperare sia il calore sensibile che latente da un flusso di aria d'aspirazione, e ritornare di nuovo questa energia al circuito, previo il necessario fabbisogno di energia.

Soluzioni standardizzate si possono trovare p.es. negli apparecchi di ventilazione per piscine o negli edifici con un'aerazione controllata.

In caso di piscine, in primo piano si pone la problematica della deumidificazione dell'aria interna. In questi apparecchi il flusso d'aria viene dapprima convogliato attraverso l'evaporatore (deumidificazione) e poi il condensatore (nuovo riscaldamento del volume d'aria). Il calore in esubero viene spesso impiegato per il riscaldamento dell'acqua delle vasche.

Un ulteriore impiego avviene negli impianti di ventilazione decentralizzati. In piccoli impianti con una distanza tra impianto d'immissione e espulsione inferiore ai 25 m, l'evaporatore viene inserito direttamente nell'espulsione – rispettivamente il condensatore nel monoblocco d'immissione. Negli impianti di grandi dimensioni o in caso di elevate distanze, è raccomandabile un circuito intermedio. In caso di calore in esubero, gli impianti possono essere utilizzati per il riscaldamento di edifici o, al di fuori del periodo di riscaldamento, per la preparazione dell'acqua calda sanitaria.

Indicazioni di progettazione

- Gli scambiatori di calore negli impianti di ventilazione devono essere accessibili per una regolare pulizia. Inoltre è da prevedere un isolamento termico idoneo (acqua di condensa).
- Entrambi i flussi di energia (sorgente e utilizzatore) dovrebbero essere se possibile disponibili in contemporanea, altrimenti è necessario un accumulo dell'energia, il quale può subito causare costi elevati.

4.6

Raffreddamento dell'edificio

In molti casi l'edificio può venir raffreddato direttamente, mediante lo sfruttamento del calore della terra, dell'acqua di falda o di superficie. In questo caso si parla di raffreddamento libero (free cooling).

Il prelievo di energia avviene senza azionamento del compressore

Se questo non basta, può essere integrata nel sistema una macchina frigorifera o una pompa di calore reversibile. Il calore residuo di questi impianti può essere impiegato per il riscaldamento o la produzione di acqua calda sanitaria. Il calore non utilizzabile viene ceduto al terreno, all'aria, all'acqua di falda, di superficie o di scarico.

Il prelievo di energia avviene con l'azionamento del compressore

Sistemi. Di base vengono distinti i seguenti sistemi:

- Impianti di refrigerazione (macchina frigorifera)
- Impianti di riscaldamento (pompa di calore)

Questo significa che la grandezza di riferimento decide, se si tratta di una macchina frigorifera o una pompa di calore, rispettivamente di un impianto combinato.

Di base l'energia può essere presa o ceduta al consumatore attraverso lo stesso sistema di distribuzione. Durante la fase di raffreddamento, il sistema o deve venir protetto da temperature d'esercizio troppo basse (formazione di acqua di condensa), o conseguentemente isolato in funzione delle condizioni di funzionamento e protetto contro la corrosione. Sistemi di riscaldamento comuni, in caso di raffreddamento funzionano ad una temperatura del fluido minima di 17°C fino a 20°C, in modo che di norma non si possa formare dell'acqua di condensa.

Esempi: Se per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria viene recuperata energia dall'edificio e non da una fonte di calore, si tratta in questo caso di una **pompa di calore con impiego dell'evaporatore**.

Se viene impiegato un sistema di riscaldamento a bassa temperatura per il raffreddamento di edifici e viene convogliata energia direttamente all'impianto delle sonde geotermiche, p.es. mediante uno scambiatore di calore, si tratta in questo caso di **raffreddamento libero**.

Il raffreddamento dell'immissione avviene mediante l'impiego del compressore, o con una macchina frigorifera, o con una pompa di calore reversibile commutata sul raffreddamento. Il calore residuo viene utilizzato perlomeno parzialmente nell'edificio, mentre il calore rimanente viene ceduto all'aria esterna. In questo caso si tratta di una **macchina frigorifera con sfruttamento del calore residuo**.

Indicazioni di progettazione

- Osservare l'obbligo d'autorizzazione (organi responsabili: Cantoni).
- Il fabbisogno di calore o raffreddamento dell'edificio con le corrispondenti temperature del fluido sono da definire in anticipo. Il sistema di distribuzione deve essere concepito in corrispondenza delle diverse esigenze.
- Nel caso di impianti di sonde geotermiche, per determinare la lunghezza della sonda è da considerare l'impiego primario.
- Nel caso di sfruttamento dell'acqua di falda, di superficie o di scarico, vanno assolutamente chiarite le temperature massime di restituzione con le autorità competenti.
- Va prestata particolare attenzione alla corretta scelta del punto di connessione per la regolazione tradizione produzione di calore, distribuzione ed erogazione. Una separazione chiara e adeguata semplifica la progettazione e la realizzazione, oltre che l'esercizio, soprattutto negli impianti complessi.

5. Erogazione del calore

Con l'erogazione del calore viene definito il sistema con il quale il calore, generato con la produzione e trasportato con la distribuzione di calore, viene ceduto agli ambienti interni.

Le temperature del sistema d'erogazione del calore dipendono dal carico di riscaldamento nominale (fabbisogno di potenza termica) dell'edificio, e con questo la sua conformazione energetica (collocazione, luogo, geometria, costruzione, utilizzo).

Siccome le pompe di calore impiegano al meglio l'energia necessaria al compressore, se l'aumento di temperatura tra l'evaporatore e il condensatore è contenuto, è da favorire una temperatura più bassa possibile al condensatore, rispettivamente una temperatura di mandata più bassa possibile nel sistema di riscaldamento. In particolare è durante il carico parziale, che è preferibile una temperatura di mandata variabile, anziché un funzionamento costante. Pompe di calore che funzionano con regimi di temperatura inutilmente alti, sprecano preziosa energia elettrica e pesano sul bilancio d'esercizio dell'utente.

Le pompe di calore sottostanno nella loro funzione a determinate leggi termodinamiche e costruttive. Al dimensionamento quindi vengono posti dei limiti. A differenza di un impianto con caldaia, dove la potenza del bruciatore e quindi quella della caldaia può essere elevata entro certi limiti, nella pompa di

calore questo non è possibile. Per questo motivo le pompe di calore sono poco indicate ad esempio per l'asciugatura di edifici appena costruiti, tramite l'innalzamento della temperatura di mandata, o per la compensazione energetica di una riduzione notturna dell'impianto di riscaldamento.

5.1

Riscaldamento ad acqua calda

Sistemi: I sistemi di erogazione del calore nei riscaldamenti ad acqua calda riguardano principalmente i riscaldamenti a pavimento e con corpi riscaldanti o la combinazione dei due. Negli ultimi anni,

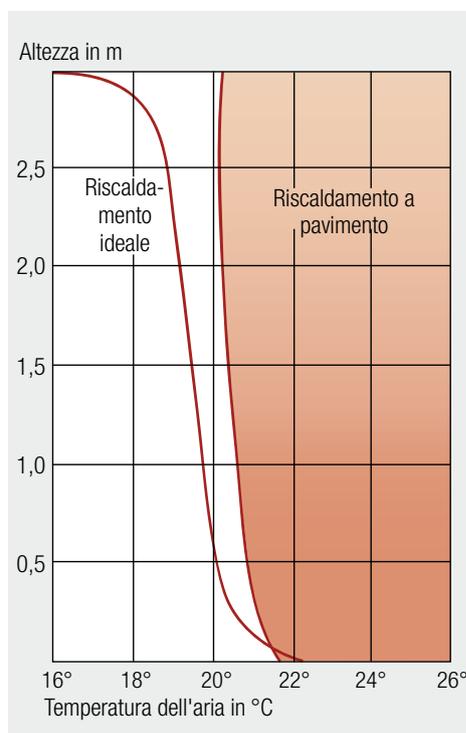


Figura 5.1: Andamento della temperatura con riscaldamento a pavimento

soprattutto negli edifici a basso consumo energetico, sono sempre più utilizzati sistemi ad attivazione termica della massa (TABS).

Riscaldamento a pavimento

Vantaggi

- + Grande erogazione del calore a basse temperature grazie alla compensazione attraverso la grande superficie di pavimento
- + Buona distribuzione della temperatura sull'altezza del locale
- + Lo spessore del pavimento (betoncino) può essere utilizzato come accumulatore.

Svantaggi

- Inerzia a causa dell'integrazione nel betoncino
- Il sistema di erogazione del calore non è più accessibile in seguito alla sua realizzazione.

La riduzione del fabbisogno di energia, grazie all'introduzione dagli anni ottanta di Leggi in materia energetica, ha una conseguenza diretta sul fabbisogno di calore e il dimensionamento dei sistemi di riscaldamento degli ambienti. Di conseguenza le temperature di mandata in parte possono essere considerevolmente ridotte.

Con una temperatura di mandata bassa, si raggiunge con la pompa di calore un impiego energetico più efficiente.

Il luogo comune per il quale «il riscaldamento a pavimento equivale ad un pavimento caldo» non corrisponde alla realtà. È un dovere del progettista e l'installatore, informare l'architetto e la committenza che le basse temperature di mandata hanno un peso da non sottovalutare nella scelta del materiale per la co-

pertura del riscaldamento a pavimento. Infatti i riscaldamenti a pavimento sono spesso fonte di reclami a causa delle loro superfici relativamente fredde (vedi Figura 5.3).

La Figura 5.2 mostra in modo significativo il flusso di calore dal piede a dipendenza del materiale di rivestimento del pavimento.

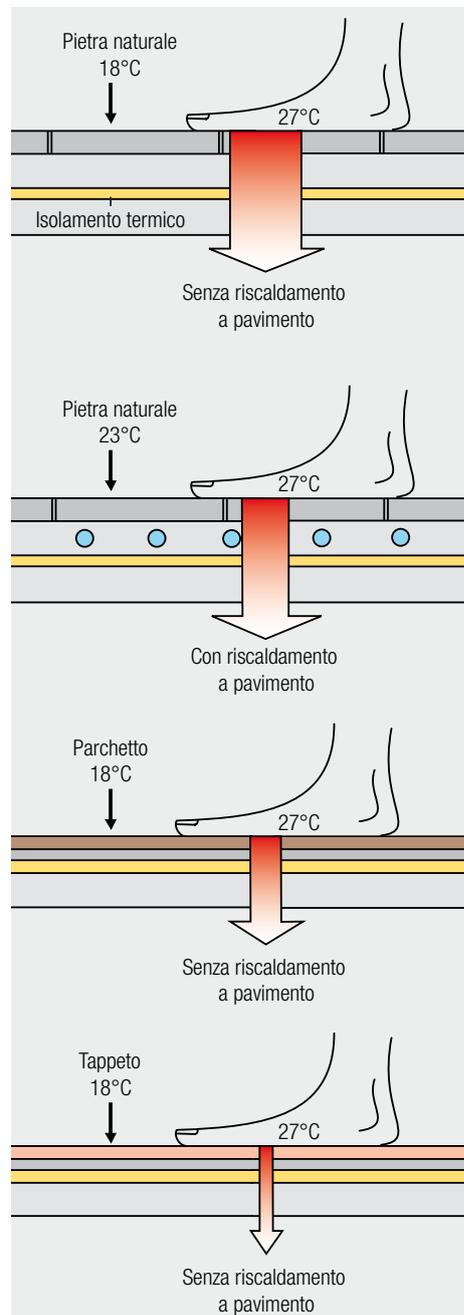
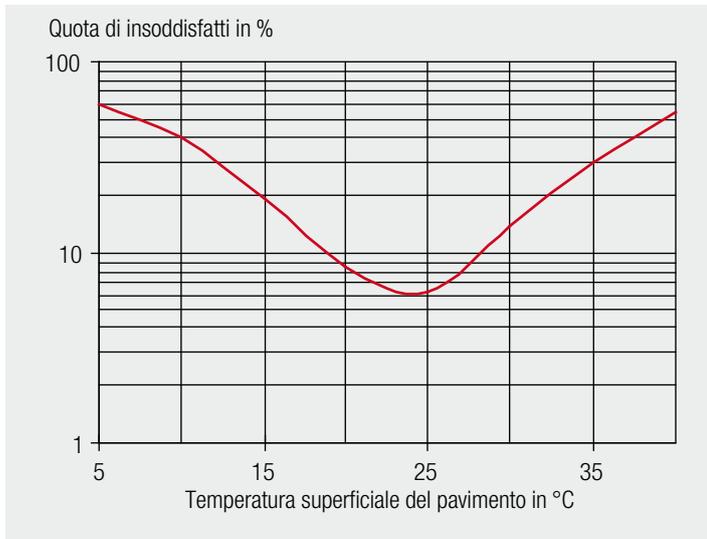


Figura 5.2: Disperdimento di calore dal piede con diversi rivestimenti del pavimento



Effetto autoregolante: Per effetto autoregolante di un sistema di erogazione del calore, si intende la riduzione automatica della potenza di riscaldamento, quando al locale si aggiungono quantità di calore estranee. L'osservazione analitica dell'effetto autoregolante è riportata nella Figura 5.4, per il settore rilevante per la tecnica di riscaldamento.

Da questa riflessione ne consegue che la sovratemperatura non può essere scelta troppo elevata, se si intende sfruttare l'effetto autoregolante e si vuole evitare una sovraoscillazione della temperatura del locale.

Figura 5.3: Percentuale di persone insoddisfatte, che indossano scarpe leggere, in funzione della temperatura superficiale del pavimento

Sistemi ad attivazione termica della massa

Sistemi ad attivazione termica della massa sono elementi costruttivi che, quali parti delle superfici che circoscrivono il locale, possono essere muniti di un sistema di tubazioni con un fluido riscaldante o raffreddante, rendendo così possibile il riscaldamento o il raffreddamento del locale. La varietà di tipologie va dai soffitti riscaldanti risp. raffreddanti, passando per le solette intermedie con integrate le tubazioni al centro, fino ai riscaldamenti a pavimento. Questi sistemi estremamente inerti vengono volutamente impiegati per separare nel tempo l'offerta di energia dal fabbisogno di calore dei locali, nell'ottica di un impiego razionale dell'energia. Per esempio un raffreddamento attivo dell'elemento durante la notte, per un raffreddamento passivo durante il giorno, grazie all'elemento raffreddato. Concetti di edifici e impianti, dove è previsto l'impiego di sistemi ad attivazione termica della massa con i relativi tempi di reazione lenti, esigono l'impiego di moderni strumenti di simulazione per edifici. Questo nell'ottica di una progettazione competente e

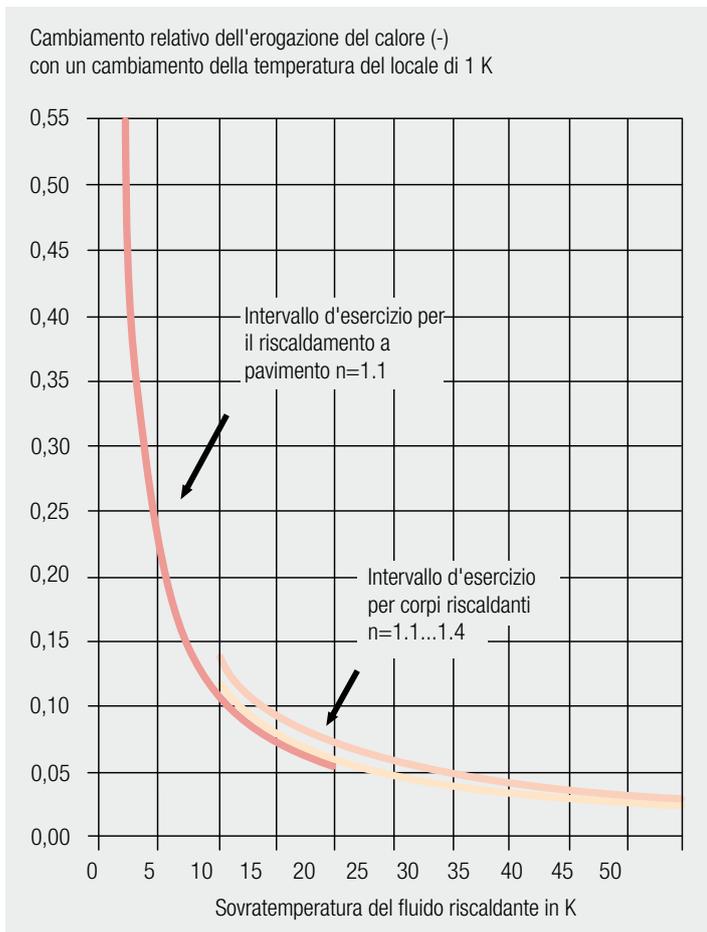


Figura 5.4: Effetto autoregolante dei sistemi di emissione del calore

responsabile, così da poter formulare delle fondate considerazioni in merito al benessere termico e al fabbisogno di energia.

Decisivo è il passaggio di calore: Per lo scambio di calore tra gli elementi termoadattivi e il locale, è possibile calcolare con un coefficiente di trasmissione calorica (α) combinato per l'irraggiamento e la convezione. Per flussi di calore disposti orizzontalmente o verticalmente, questo coefficiente è pari a ca. 7 fino a 8 W/(m²K) (per convezione ca. 2 fino a 3 W/(m²K); per irraggiamento ca. 5 W/(m²K). Ne risulta una trasmissione di calore di circa 50 W/m², con una differenza di calore tipica tra superficie dell'elemento e l'aria del locale di 6 K (temperatura superficiale dell'elemento di 19°C e temperatura dell'aria del locale di 25°C). Se una potenza termica di 50 W/m² condiziona l'elemento per 24 ore a pieno carico, si

ottiene una quantità di energia pari a 1,2 kWh/m², che giornalmente viene ceduta al locale.

Riscaldamento con corpi riscaldanti

Vantaggi

- + Reagisce velocemente a cambiamenti di carico
- + Sistema di erogazione di calore sempre accessibile
- + È possibile evitare la caduta di aria fredda in prossimità delle superfici fredde, a dipendenza del posizionamento dei corpi riscaldanti

Svantaggi

- Potenza di riscaldamento bassa con temperature di mandata basse
- Pessima distribuzione della temperatura sull'altezza del locale
- Pavimento freddo se in pietra
- Necessita di superfici riscaldanti relativamente grandi

Figura 5.5: Dettaglio in sezione
 Figura 5.6: Edificio amministrativo con 6000 m² di elementi termoattivi (immagine: Vescal)

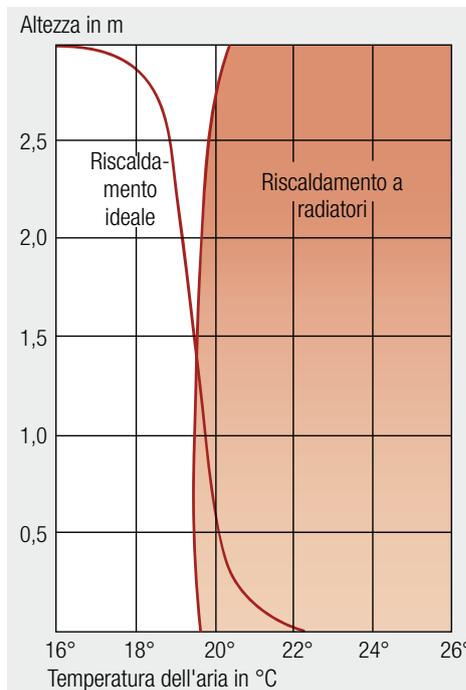
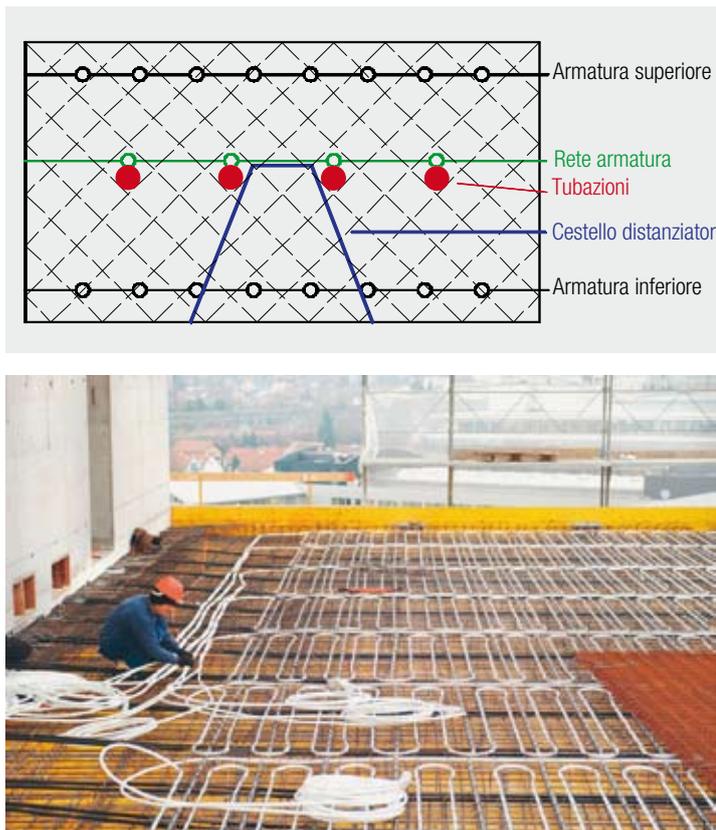


Figura 5.7: Andamento della temperatura con riscaldamento a radiatori

Anche nei sistemi con corpi riscaldanti variano le superfici di riscaldamento (superficie che contribuisce attivamente all'erogazione di calore), a dipendenza delle temperature del sistema e il fabbisogno di riscaldamento. Sebbene qui si pongono dei limiti riguardo alle superfici in vista (superficie, con la quale si percepisce frontalmente la superficie di riscaldamento) e l'impiego di materiale.

Indicazioni di progettazione

- Scegliere le temperature di mandata più basse possibili
- Scegliere una differenza di temperatura bassa tra la temperatura di mandata e quella di ritorno
- Nella scelta del refrigerante è da considerare la differenza di temperatura (sbalzi di temperatura)
- In caso di rivestimento con parquet, osservare la temperatura di mandata massima delle tubazioni posate nel betoncino (incurvamento)

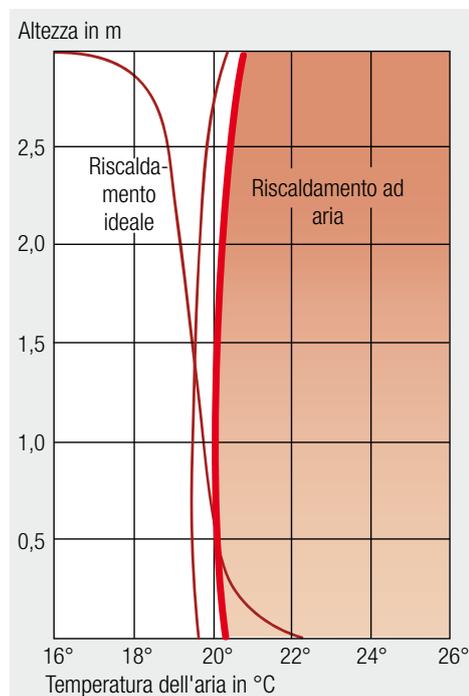


Figura 5.8: Andamento della temperatura con riscaldamento ad aria

5.2

Impianti di aerazione controllata

Riscaldamento ad aria

Sistemi: Il riscaldamento ad aria è una possibile alternativa ai sistemi di erogazione del calore ad acqua per le case Minergie-P e passive. La premessa è data da un'attenta progettazione.

Vantaggi

- + Reagisce velocemente a cambiamenti di carico
- + Il sistema di erogazione è sempre accessibile, laddove non è prevista la posa in getto
- + Solo un sistema di riscaldamento

Svantaggi

- Erogazione del calore contenuta a temperature di mandata basse
- Pessima distribuzione della temperatura sull'altezza del locale
- Pavimento freddo se in pietra
- Possibile caduta di aria fredda presso le superfici fredde
- Igiene nella rete di distribuzione dell'aria
- Necessaria una temperatura al condensatore elevata (COP peggiore)

Indicazioni di progettazione

- Scegliere le temperature d'immissione più basse possibili
- Nella scelta del refrigerante è da considerare la differenza di temperatura (sbalzi di temperatura)
- Evitare punti d'immissione dell'aria nella zona di soggiorno

5.3

Riscaldamento dell'acqua calda sanitaria

Sistemi: Il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria mediante pompa di calore

può essere sostanzialmente suddiviso in due sistemi.

Utilizzo indiretto: L'acqua viene **indirettamente** riscaldata dal sistema di riscaldamento mediante uno o più scambiatori di calore.

Utilizzo diretto: L'acqua viene **direttamente** riscaldata mediante uno o più scambiatori di calore del circuito di refrigerazione.

Evidentemente è possibile combinare i due sistemi.

Utilizzo indiretto

Vantaggi

- + Facilmente integrabile in circuiti idraulici standardizzati
- + Elevata disponibilità di componenti standard

Svantaggi

- Esercizio parallelo di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria possibile solo con un basso rendimento globale dell'impianto
- Basso rendimento
- Basse temperature dell'acqua

Tipici esempi di impiego indiretto sono:

- Accumulatore con scambiatore di calore esterno
- Accumulatore con registro
- Accumulatore combi o a spirale

Utilizzo diretto

Vantaggi

- + Rendimento elevato
- + Utilizzo del calore in funzione della temperatura mediante desurriscaldamento, condensazione e sottoraffreddamento del refrigerante

Svantaggi

- Dal lato del refrigerante si prediligono

scambiatori di calore separati per il riscaldamento e per la produzione di acqua calda sanitaria

- Elevati contenuti di refrigerante
- Elevata formazione di calcare, con conseguente frequente pulizia dello scambiatore (desurriscaldatore, condensatore)
- Il circuito refrigerante-olio deve essere eseguito conforme alle prescrizioni in materia alimentare

Disaccoppiamento termico in funzione della temperatura:

L'innalzamento della temperatura nella produzione di acqua calda sanitaria è normalmente molto più alto rispetto al riscaldamento dell'acqua di riscaldamento. Questa circostanza può essere sfruttata se considerata nel dimensionamento della pompa di calore e nella connessione idraulica del calore di desurriscaldamento, condensazione e sottoraffreddamento a differenti livelli di temperatura.

Questa ottimizzazione dell'estrazione di calore è applicabile con diversi sistemi.

- Scambiatori di calore separati (desurriscaldatore, condensatore, sottoraffreddatore).
- Provvedimenti costruttivi per l'utilizzo del sottoraffreddamento e il desurriscaldamento nel condensatore.

Esempi tipici per un utilizzo indiretto sono:

- Accumulatore con condensatore esterno e sottoraffreddatore
- Accumulatore con zone-registro separate per il desurriscaldamento, condensazione e sottoraffreddamento
- Accumulatore con registro semplice

Indicazioni di progettazione

- In sistemi monovalenti è da verificare

l'impiego di un riscaldamento elettrico d'emergenza.

- Per scongiurare la legionella sono da prendere i necessari provvedimenti per l'intera rete dell'acqua calda sanitaria.
- La produzione di acqua calda sanitaria dovrebbe avvenire tutto l'anno mediante la pompa di calore e non solo durante il periodo di riscaldamento. Per il dimensionamento delle sonde geotermiche questo è da considerare.
- Temperature troppo elevate alla superficie dello scambiatore di calore conducono alla formazione di calcare nell'acqua da riscaldare.
- È da considerare l'influenza della circolazione.
- È da garantire la stratificazione

dell'acqua calda sanitaria nell'accumulatore (da verificare in caso di accumulatore esistente).

- Gli scambiatori di calore nell'accumulatore dell'acqua calda devono essere dimensionati sulla potenza massima della pompa di calore. (Pompe di calore aria-acqua hanno quasi il doppio della potenza in estate.)
- Sono da osservare le prescrizioni generali e locali riguardo alle installazioni per l'acqua calda sanitaria.

5.4

Altri sistemi

Scaldacqua con pompa di calore

Lo scaldacqua con pompa di calore (bollitore a pompa di calore) è un'unità compatta, composta da un pompa di calore

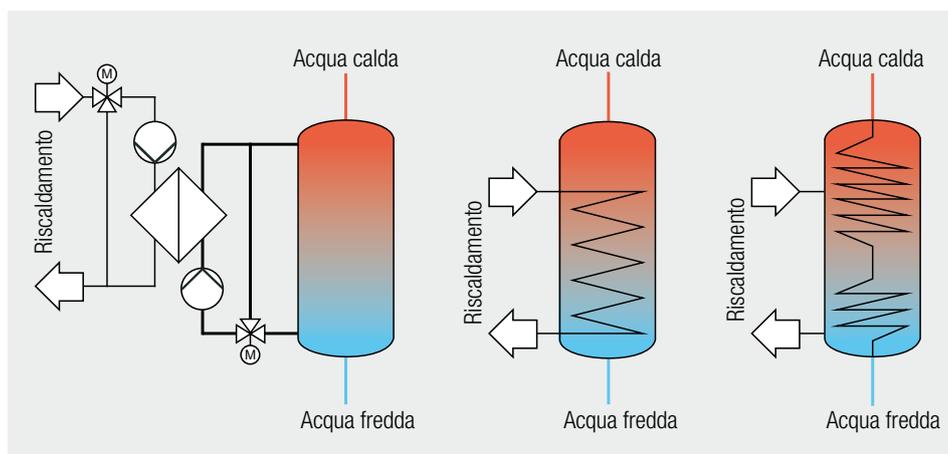


Figura 5.9: Sistemi indiretti di riscaldamento dell'acqua calda

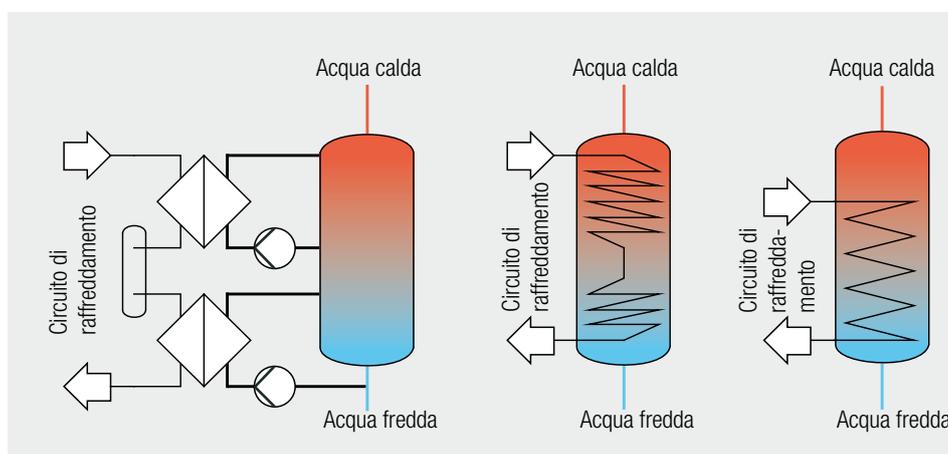


Figura 5.10: Sistemi diretti di riscaldamento dell'acqua calda

aria-acqua e un accumulatore. L'energia necessaria dall'aria può essere assorbita dal locale d'installazione, da un locale vicino o dall'aspirazione, ecc. L'aria viene raffreddata e deumidificata, quindi il locale è indicato ad esempio quale dispensa o locale asciugatura.

Indicazioni di progettazione

- Il bilancio energetico è da chiarire con esattezza, affinché non avvenga una sottrazione del calore dai locali riscaldati.
- Prevedere un buon isolamento termico verso i locali riscaldati.
- Per emergenze è da prevedere una resistenza elettrica aggiuntiva.
- Per scongiurare la legionella sono da

prendere i necessari provvedimenti per l'intera rete dell'acqua potabile.

- Necessario lo scarico della condensa.

Pompa di calore sull'acqua della piscina

Pompa di calore aria-acqua per il riscaldamento di piscine esterne nei periodi caldi dell'anno.

Indicazioni di progettazione

- Osservare la scelta del materiale per le componenti.
- Osservare il luogo di posa per una pompa di calore aria-acqua (acustica, sporcizia, distanze dal confine).
- Osservare le prescrizioni (permessi).

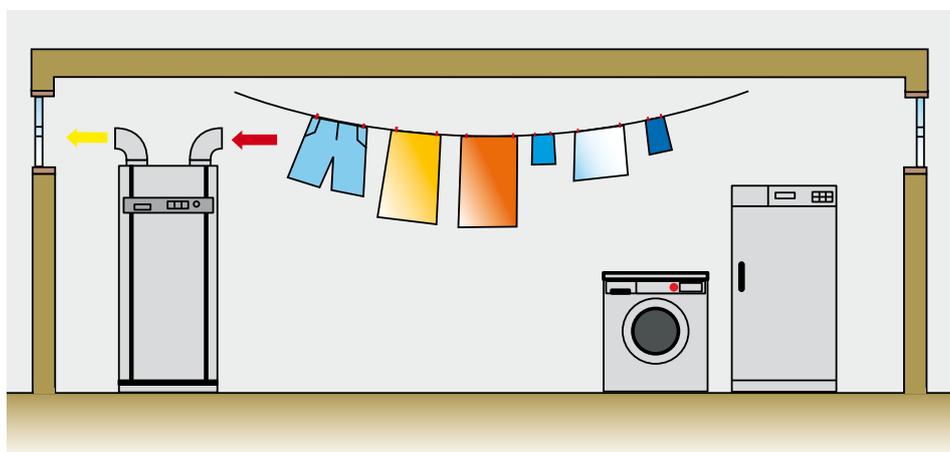
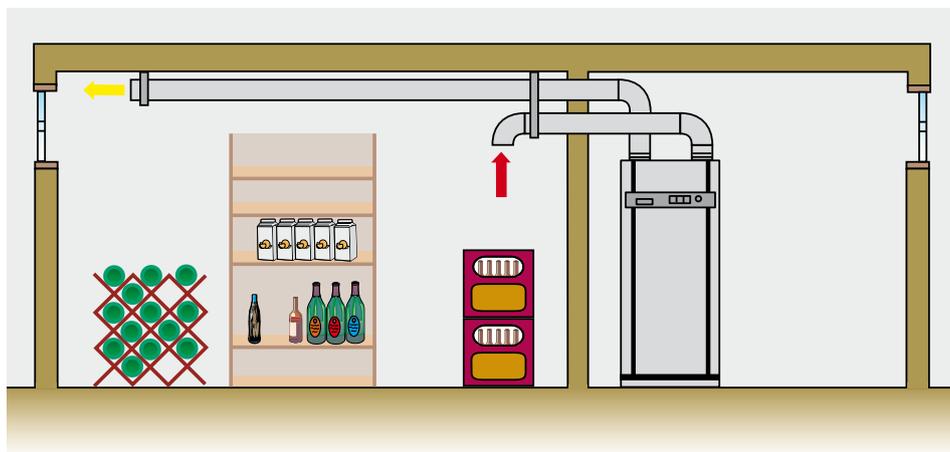


Figure 5.11 e 5.12:
Esempi di posa per
pompe di calore
dell'acqua calda, per il
raffreddamento (sopra)
e la deumidificazione di
locali (sotto)

6.

Allacciamento della pompa di calore agli impianti dell'edificio

6.1

Principio

La pompa di calore viene allacciata al sistema idraulico dell'impianto. L'inserimento è da scegliere in modo che possa essere garantito un funzionamento energeticamente efficiente, economico e con meno guasti possibile. Sono da osservare i seguenti punti:

- Allacciamento idraulico
- Spurgo dell'impianto prima dell'allacciamento della pompa di calore
- Potenza termica resa
- Grado di copertura della pompa di calore
- Portata d'aria possibile per una pompa di calore aria-acqua
- Processo di sbrinamento per una pompa di calore aria-acqua
- Temperatura di mandata massima
- Limiti d'impiego
- Adattamento ai casi di carico parziale
- Potenza a disposizione dall'ambiente
- Le prescrizioni per l'aerazione della centrale termica, così come la separazione del locale della caldaia e la pompa di calore, dipendono dalla tipologia e quantità del refrigerante e del vettore energetico addizionale.
- Protezione fonica

6.2

Tipi di funzionamento

Funzionamento monovalente

Nel caso di un **funzionamento monovalente**, la pompa di calore garantisce la potenza di riscaldamento necessaria a tutti i possibili regimi di funzionamento. Di conseguenza la pompa di calore deve essere dimensionata in base al fabbisogno massimo di potenza dell'edificio, così come alla temperatura di mandata massima necessaria. (Figura 6.1)

Funzionamento bivalente – alternativo

La pompa di calore copre il fabbisogno di potenza di riscaldamento alle alte temperature dell'aria esterna (oltre il punto di bivalenza). Nei periodi con temperature dell'aria esterna basse, la copertura del fabbisogno di potenza viene garantita interamente da una produzione di calore alternativa (caldaia a legna, a gas o a gasolio). La pompa di calore va dimensionata al punto di bivalenza, mentre il secondo produttore di calore al fabbisogno massimo di potenza dell'edificio. (Figura 6.2)

Il **punto di bivalenza** dipende da diversi criteri:

- La potenza d'allacciamento elettrica necessaria o possibile

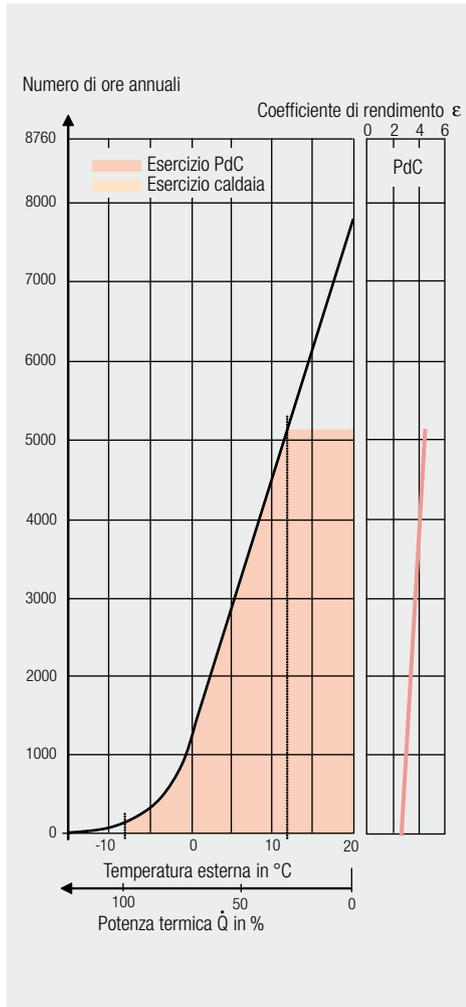


Figura 6.1: Funzionamento monovalente

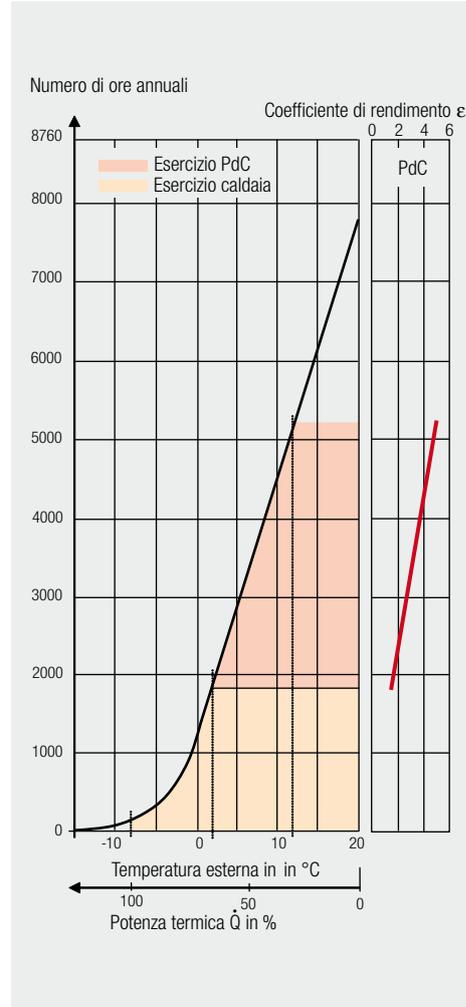
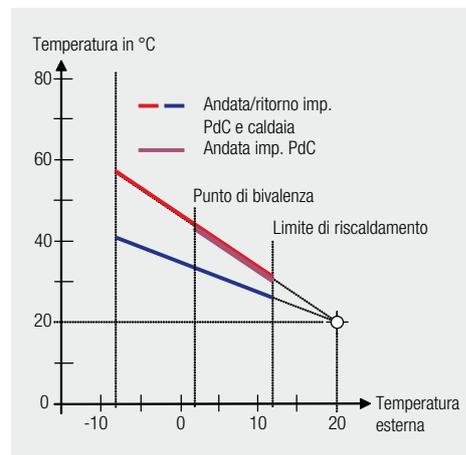
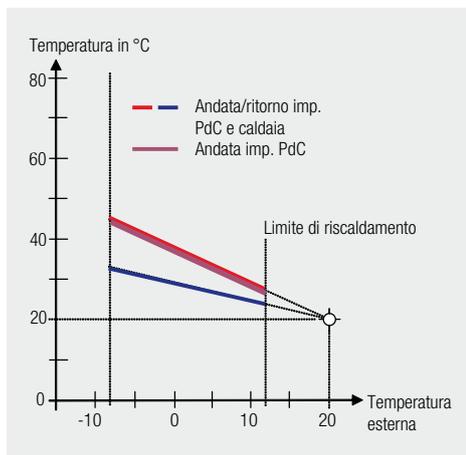


Figura 6.2: Funzionamento bivalente – alternativo



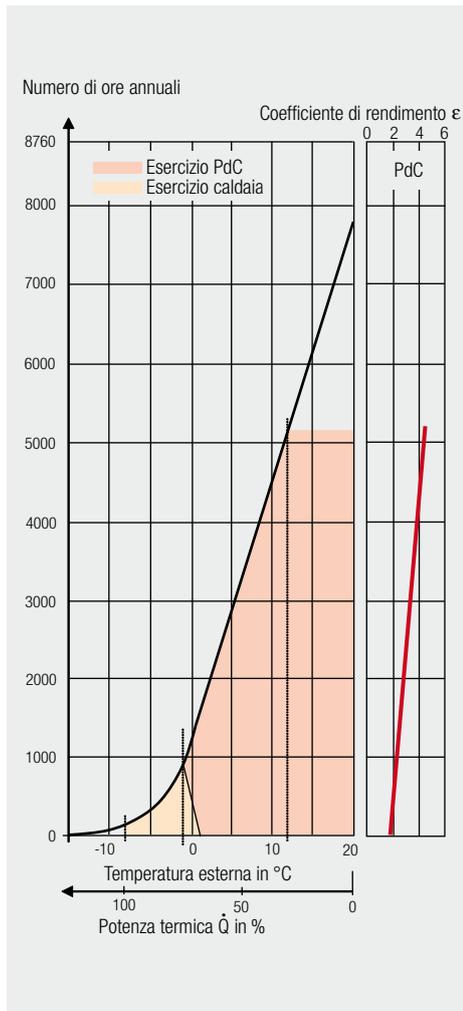
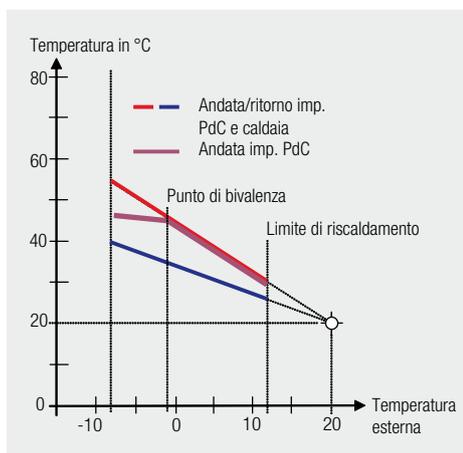


Figura 6.3: Funzionamento bivalente – parallelo o bivalente – parzialmente parallelo



- Evitare lo sbrinamento
- Temperatura di mandata massima

Spazio necessario per il riscaldamento aggiuntivo: Per il serbatoio del gasolio, caldaia, accumulatore e canna fumaria sono necessari degli spazi supplementari.

Funzionamento bivalente – parallelo o bivalente – parzialmente parallelo

Nel funzionamento **bivalente – parzialmente parallelo** i produttori di calore lavorano a volte contemporaneamente. La pompa di calore copre il fabbisogno di potenza per il riscaldamento alle alte temperature dell'aria esterna (oltre il punto di bivalenza).

Al di sotto del punto di bivalenza, quindi alle basse temperature esterne, si aggiunge un secondo produttore di calore (caldaia a legna, a gas o a gasolio). In questa fase entrambi i produttori di calore lavorano in parallelo. (Figura 6.3)

Nel funzionamento bivalente – parzialmente parallelo, a una determinata temperatura dell'aria esterna la pompa di calore viene spenta completamente. Questo vale soprattutto per le pompe di calore aria-acqua. Quindi solo in caso di funzionamento parzialmente parallelo, il secondo produttore di calore (caldaia) deve essere dimensionato alla potenza di dimensionamento.

Funzionamento monoenergetico

Siccome la potenza massima in un piccolo impianto deve essere disponibile per un periodo relativamente breve, per le case monofamiliari si predilige occasionalmente una pompa di calore aria-acqua combinata ad una resistenza elettrica aggiuntiva per la copertura dei picchi di carico. Tuttavia la pompa di calore è però sempre in funzione. Il funziona-

mento monoenergetico è un funzionamento in parallelo con pompa di calore e resistenza elettrica. (Figura 6.4)

Indicazioni di progettazione

- Un accumulatore è necessario se nell'edificio la capacità di accumulo termico è bassa o inesistente (per esempio un riscaldamento a corpi riscaldanti con un esiguo contenuto d'acqua).

Il punto di bivalenza per una pompa di calore salamoia-acqua o acqua-acqua viene determinato solo indirettamente attraverso la temperatura dell'aria esterna. La scelta del punto di bivalenza dipende da diversi criteri:

- La potenza d'allacciamento elettrica necessaria o possibile
- Potenza a disposizione dall'ambiente
- La temperatura di mandata necessaria
- La quota coperta dalla resistenza elettrica deve essere mantenuta più bassa possibile.

6.3

Idraulica

Differenza di temperatura e portata negli scambiatori di calore

La differenza di temperatura negli scambiatori di calore definisce la portata, la perdita di carico e il consumo di corrente delle relative pompe di circolazione e ventilatori.

I sistemi di erogazione del calore vengono dimensionati, a dipendenza della temperatura media di riscaldamento necessaria, tra massimo 50/40 °C per i corpi riscaldanti (per i risanamenti 60 °C possibile) e minimo 25/22 °C per le superfici radianti.

I riscaldamenti a pavimento autoregolanti, sempre più utilizzati, non hanno

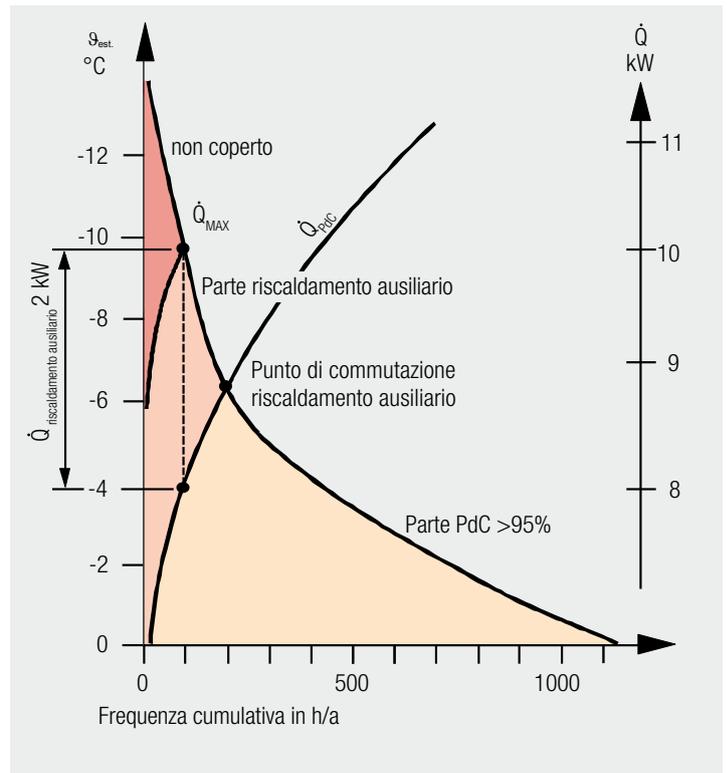


Figura 6.4: Funzionamento monoenergetico di una pompa di calore aria-acqua per una casa unifamiliare

valvole termostatiche e quindi non necessitano un disaccoppiamento idraulico.

Disaccoppiamento idraulico: Con la diminuzione del carico termico dell'edificio, ad esempio a temperature esterne elevate, si riduce la portata attraverso l'erogatore di calore. In funzione del fabbisogno variabile, nel caso delle pompe di calore senza funzionamento modulare, è necessario un disaccoppiamento idraulico sotto forma di un accumulatore, un bypass o una valvola. Pompe di calore con un funzionamento modulare possono essere utilizzate senza un disaccoppiamento idraulico. (Figura 6.5)

Accumulatore: Con un accumulatore possono essere superati gli orari di interdizione da parte dell'Azienda elettrica. In questo modo è possibile accordarsi con l'Azienda per una corrente a tariffa

vantaggiosa. È opportuno distinguere gli accumulatori come segue:

Accumulatore tecnico per una separazione idraulica e a garanzia di una frequenza di avviamento massima permessa.

Accumulatore termico per l'accumulo di energia termica per la copertura dei picchi e il superamento degli orari di interdizione, e di conseguenza un aumento minimo del contenuto dell'impianto (massa d'accumulo).

Strategie di carica per l'accumulatore

Carica graduale: In una carica graduale dell'accumulatore, la portata attraverso il produttore di calore è costante. Il produttore può elevare la temperatura di ritorno solo fino a una determinata differenza di temperatura. Così la temperatura dell'accumulatore viene elevata di una piccola differenza ad ogni passaggio.

Questo permette di avere coefficienti di rendimento migliori che nella carica stratificata, soprattutto al primo ciclo di carica. Sono però disponibili solo temperature di mandata variabili. (Figura 6.6)

Carica stratificata: In una carica stratificata dell'accumulatore, la temperatura del produttore di calore viene regolata ad un determinato valore di consegna mediante una regolazione di carica, indipendentemente dalla temperatura di ritorno dagli erogatori. La temperatura di consegna può essere regolata su un valore costante, oppure variabile, p.es. in funzione della temperatura dell'aria esterna. La carica a stratificazione ha il vantaggio che l'accumulatore viene caricato con una temperatura definita e così rimane a disposizione una temperatura definita anche per l'erogatore di calore. (Figura 6.7)

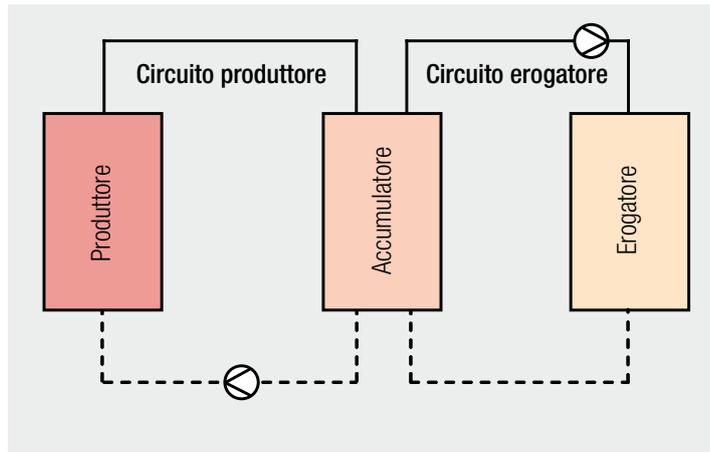


Figura 6.5: La portata attraverso il circuito del produttore è da determinare affinché sia maggiore di quella attraverso gli erogatori:
 $m_{\text{produttore}} > m_{\text{erogatore}}$

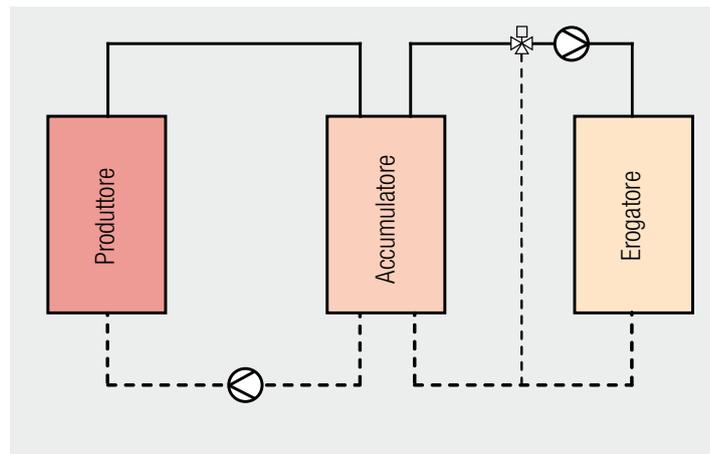


Figura 6.6: Circuito idraulico per carica graduale

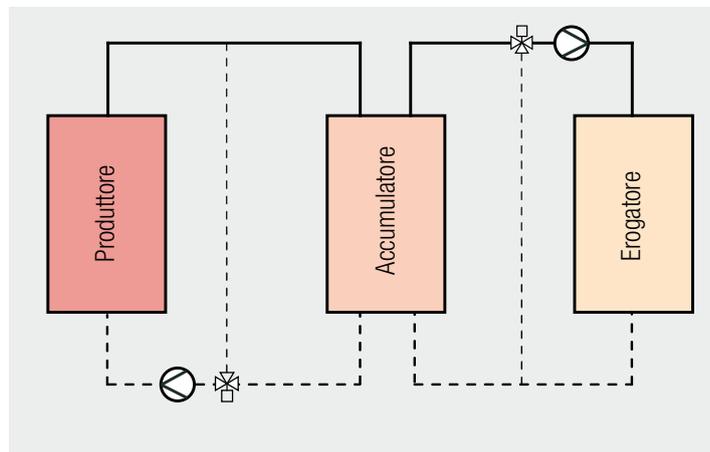


Figura 6.7: Circuito idraulico per carica stratificata

Indicazioni di progettazione

- Per prolungare il tempo d'esercizio della pompa di calore, è necessaria una sufficiente massa d'accumulo termico. Questa può essere presente nella massa della costruzione (serpentine, TABS) o mediante un accumulatore.
- Un accumulatore tecnico (piccolo contenuto d'acqua) viene impiegato soprattutto quale separazione idraulica (esempio: più gruppi di riscaldamento).
- Gli attacchi idraulici all'accumulatore sono se possibile da collegare con un termosifone e isolare termicamente.

Idraulica durante il raffreddamento

Raffreddamento diretto con sonde geotermiche:

Siccome il sottosuolo in estate è più freddo che la temperatura ambiente, è

possibile sfruttarlo per condizionare gli ambienti mediante un riscaldamento a pavimento o a parete, rispettivamente un sistema di attivazione termica della massa (TABS).

Funzione: Nel circuito della salamoia viene inserito uno scambiatore di calore a piastre. La temperatura di raffreddamento minima (temperatura del punto di rugiada) viene regolata mediante una valvola di miscela a tre vie e la pompa di circolazione accesa e spenta attraverso una sonda di temperatura ambiente. Per evitare la formazione di acqua di condensa (superamento del punto di rugiada) sulle superfici raffreddanti, è necessario un controllo continuo della temperatura di mandata.

Vantaggi

- + Configurazione semplice
- + Ulteriore rigenerazione del sottosuolo
- + Costi d'esercizio contenuti

Svantaggi

- Potenza di raffreddamento limitata (con sonde geotermiche)

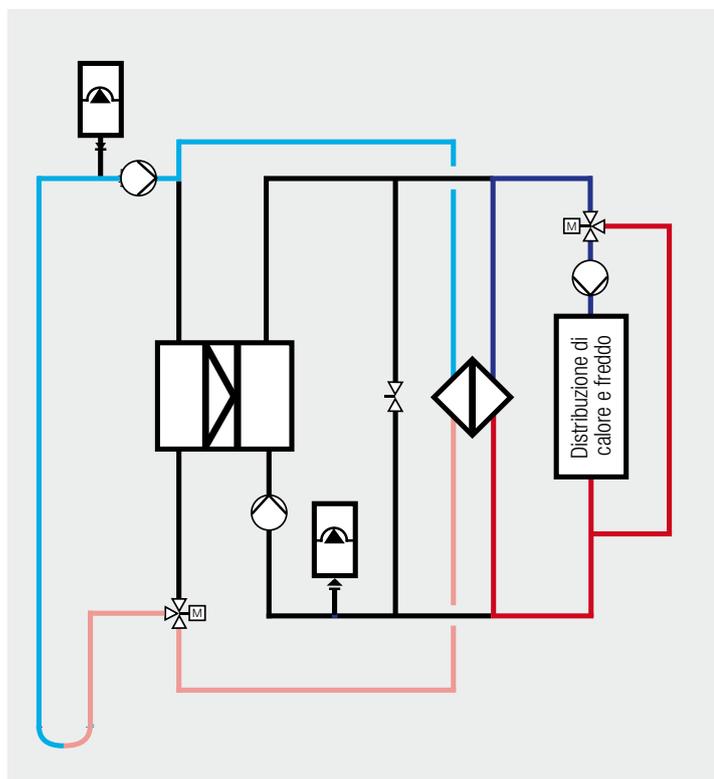
Valori indicativi per potenze di raffreddamento nella restituzione del calore

- Dalla sonda geotermica ca. 30 W/m²
La sonda geotermica deve essere dimensionata sulla potenza di raffreddamento necessaria.

Valori indicativi per potenze di raffreddamento del sistema d'assorbimento del calore

- Per riscaldamenti a parete ca. 50 W/m²
- Per riscaldamenti a pavimento 25 W/m²
- Per riscaldamenti a soffitto (TABS) ca. 30 fino a 40 W/m²

Figura 6.8: Raffreddamento diretto con sonde geotermiche



Raffreddamento mediante inversione di ciclo nella pompa di calore: Nelle pompe di calore a salamoia è possibile un raffreddamento degli ambienti mediante inversione di ciclo.

Funzione: Mediante una valvola a quattro vie, in estate la pompa di calore può funzionare da macchina refrigerante. In aggiunta è necessario un accumulatore per il freddo.

La temperatura di raffreddamento minima (temperatura del punto di rugiada) viene regolata mediante una valvola di miscela a tre vie, e la pompa di circolazione accesa e spenta attraverso una sonda di temperatura ambiente.

Vantaggi

- + Investimento minimo, vista la presenza della pompa di calore
- + Grande potenza di raffreddamento
- + Ulteriore rigenerazione del sottosuolo

Svantaggi

- Costi dell'elettricità per l'esercizio della pompa di calore
- È necessaria una realizzazione speciale della pompa di calore.

Raffreddamento mediante inversione di ciclo nell'idraulica

Funzione: Mediante delle valvole di connessione, il circuito di riscaldamento passa attraverso l'evaporatore, mentre il circuito della fonte di calore attraverso il condensatore.

Vantaggi

- + Pompa di calore convenzionale
- + Investimento minimo
- + Grande potenza di raffreddamento

+ Ulteriore rigenerazione del sottosuolo
Svantaggi

- Costi dell'elettricità per l'esercizio della pompa di calore

Indicazioni di progettazione: Sono necessarie delle valvole termostatiche particolari, adatte sia per l'esercizio durante il riscaldamento che il raffreddamento. Le comuni valvole termostatiche chiudono con le temperature ambiente basse.

6.4

Pompe di circolazione

Il dimensionamento delle pompe di circolazione avviene sulla base dei seguenti fattori:

- Portata
- Perdita di carico
- Determinazione punto di funzionamento
- Tempo di funzionamento

Portata

La portata viene determinata con la formula:

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}}{\rho \cdot c \cdot (\theta_A - \theta_R)}$$

dove:

\dot{V} = Portata in m³/s

\dot{Q} = Potenza termica in W (J/s)

ρ = Densità del fluido in kg/m³

c = Capacità termica specifica in J/kg K

θ = Temperatura del fluido in °C

Perdita di carico

La perdita di carico in un circuito viene determinata attraverso la grandezza (estensione e lunghezza) della rete, la portata di circolazione, i diametri delle condotte e le componenti. Sono da considerare quelle parti dell'impianto che provocano una perdita di carico nel cir-

cuito corrispondente. I diagrammi delle pompe indicano sovente l'altezza di sollevamento. Con la seguente formula è possibile trasformare la perdita di carico (Pa) in un'altezza di sollevamento (m):

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g}$$

H = Altezza di sollevamento in m

Δp = Perdita di carico in Pa

ρ = Densità del fluido in kg/m³

g = Accelerazione di gravità in m/s²

Tempo di funzionamento

Le pompe di circolazione dovrebbero essere in funzione solamente quando è richiesta una potenza termica (ove la regolazione lo permette). Ogni inutile funzionamento della pompa di circolazione necessita di energia elettrica, riduce l'efficienza energetica e causa inutili costi energetici.

Le pompe possono essere gestite elettronicamente mediante una regolazione o con un temporizzatore.

Se l'idraulica lo permette, le pompe di circolazione possono essere regolate con un numero di giri variabile. In questo modo circola unicamente la portata necessaria, permettendo così un risparmio di energia e costi.

7.

Acustica e protezione fonica

7.1

Valori limite legali

Emissioni foniche al vicinato

In Svizzera l'Ordinanza contro l'inquinamento fonico (OIF) regola la rilevazione e valutazione delle emissioni foniche esterne mediante valori limite di esposizione. Emissioni foniche, causate da pompe di calore, vengono giudicate secondo l'Allegato 6 della OIF. Per impianti fissi nuovi o sostituzione di impianti esistenti (OIF → Articolo 7) i valori di progettazione non possono essere superati.

Il grado di sensibilità II (GS II) vale per le zone in cui non sono ammesse attività moleste, segnatamente le zone destinate

all'abitazione e quelle riservate agli edifici e impianti pubblici.

Il grado di sensibilità III vale per le zone in cui sono ammesse attività mediamente moleste, segnatamente le zone destinate all'abitazione e industriali (OIF → Articolo 43).

Gli organi competenti per l'attribuzione dei gradi di sensibilità sono i Comuni.

Esigenze per i locali in cui soggiornano persone, come soggiorno e camere da letto, uffici, ecc.

Sono da rispettare i valori limite fonici legali. In particolar modo nella posa di una pompa di calore aria-acqua esterna

Tabella 7.1: Valori limite d'intensità per il rumore da attività industriale (GS: grado di sensibilità)

Valori di progettazione L_p in dB(A)	
	Notte (dalle 19:00 fino alle 7:00)
Zona residenziale (GS II)	45
Zona mista (GS III)	50

Livello di valutazione L_v in dB(A)	
	Notte (dalle 22:00 fino alle 6:00)
Esigenze minime	30
Esigenze accresciute	25

Tabella 7.2: Esigenze per la protezione contro i rumori da installazioni tecniche in case plurifamiliari e edifici amministrativi (norma SIA 181)

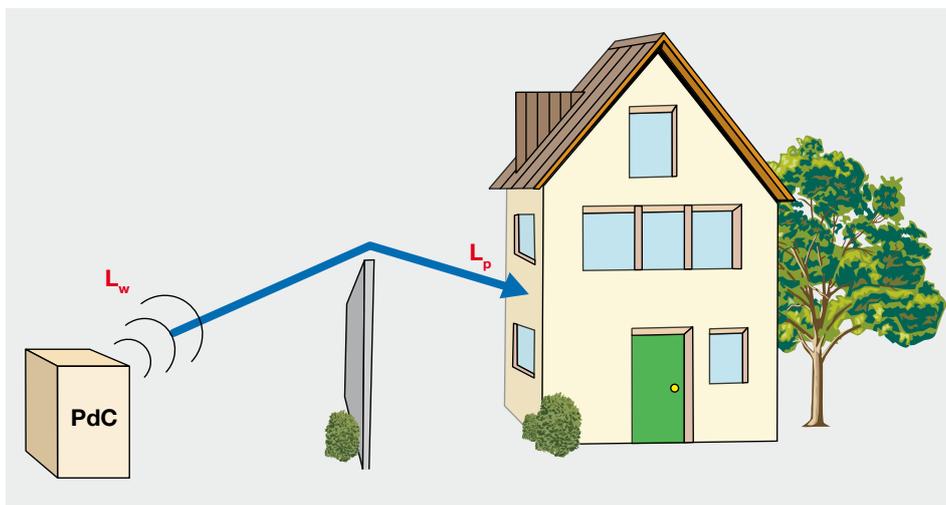


Figura 7.1:
 L_w è il livello di potenza sonora della fonte di rumore.
 L_p è il livello di pressione sonora, misurato con finestra aperta.
 L_v è il livello di valutazione, considerando le correzioni del livello.

va prestata attenzione all'orientamento dei soggiorni e camere da letto degli edifici circostanti.

Mediante la combinazione di valori acustici rilevati (livello) con regole empiriche riguardo al disturbo di rumori specifici (correzioni), è possibile definire dei criteri per la valutazione di situazioni di rumore, che rappresentano in modo adeguato la reazione media. Il risultato è una grandezza chiamata livello di valutazione L_r , espressa in dB.

7.2 Provvedimenti per la riduzione delle emissioni foniche

Nella progettazione di impianti con pompa di calore è necessaria un'attenta valutazione delle emissioni foniche. Se i provvedimenti per la riduzione delle emissioni foniche vengono considerati già nelle prime fasi di sviluppo del progetto, è possibile contenere al minimo i costi supplementari. Provvedimenti aggiuntivi richiedono spesso uno sforzo supplementare molto oneroso e operazioni macchinose.

Emissioni foniche

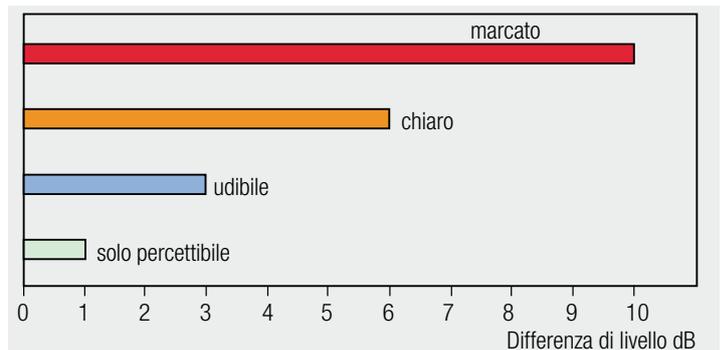
Rumore aereo: È da prevedere un involucro della pompa di calore fonicamente isolante o, per impianti di grandi dimensioni, una separazione fonicamente isolante rispettivamente un rivestimento isolante del locale. Eventualmente è da valutare l'inserimento di silenziatori ad assorbimento.

Rumore strutturale: È da evitare il rumore strutturale mediante un sistematico impiego di allacciamenti flessibili (tubi flessibili, compensatori, manicotti elastici, allacciamenti elettrici flessibili). Per ridurre le vibrazioni della pompa di

Livello sonoro	Fonte di rumore	Pressione sonora
170 dB		
160 dB	Fucile d'ordinanza	
150 dB	Pistola 9 mm	1 000 000 000 μ Pa (1 kPa)
140 dB	Pistola fissa chiodi	
130 dB	Banco di prova dei jet	100 000 000 μ Pa (100 Pa)
Soglia del dolore		
120 dB	Scavatrice	10 000 000 μ Pa (10 Pa)
110 dB	Martello pneumatico	
100 dB	Discoteca	1 000 000 μ Pa (1 Pa)
90 dB	Catena di montaggio	
80 dB	Traffico stradale	100 000 μ Pa (100 mPa)
70 dB	Conversazione	
60 dB	Ufficio	10 000 μ Pa (10 mPa)
50 dB	Soggiorno	
40 dB	Locale lettura	1000 μ Pa (1 mPa)
30 dB	Camera da letto	
20 dB	Studio radio	100 μ Pa
10 dB	Soglia di udibilità	
0 dB		20 μ Pa

Tabella 7.3: Valori tipici per la pressione sonora, che l'udito può percepire in un intervallo straordinariamente grande.

Figura 7.2: Per la percezione sonora, rispettivamente l'aumento chiaramente udibile di una differenza di livello, è necessario un cambiamento di 8 dB fino a 10 dB. Il più piccolo cambiamento percettibile ammonta a 1 dB.



calore, è da prevedere l'utilizzo di ammortizzatori di vibrazioni tra la pompa di calore e lo zoccolo, o tra lo zoccolo e il pavimento.

Cause di rumore

Negli impianti con pompa di calore aria-acqua, il rumore percepibile dal vicinato è nella maggior parte dei casi dovuto al ventilatore. L'apertura per la presa d'aria, direttamente allacciata al ventilatore, nella maggior parte dei casi causa più emissioni foniche che l'apertura dalla parte dell'evaporatore. Malgrado l'importanza generale del rumore causato dal ventilatore, non sono da trascurare le altre fonti di rumore quali le emissioni foniche del compressore, i rumori causati dal flusso d'aria, il bilanciamento non ottimale, i rumori elettrici e i rumori di commutazione durante lo sbrinamento.

Dispersione del suono

Anche la posa accurata della pompa di calore è importante. Un tubo per il convoglio della biancheria tra le camere da letto e la lavanderia, nella quale è installata la pompa di calore, è difficilmente isolabile dal lato fonico.

Anche le tubazioni d'allacciamento (fonti di calore, distribuzione del calore e cavi elettrici) devono essere flessibili e al loro montaggio è da prevedere una separazione dagli elementi della costruzione (fissaggi fonicamente isolanti).

Provedimenti per la riduzione del rumore

Tutti i provvedimenti per la riduzione del rumore riportati nella Figura 7.3 sono da considerare sia nella progettazione che nell'esecuzione.

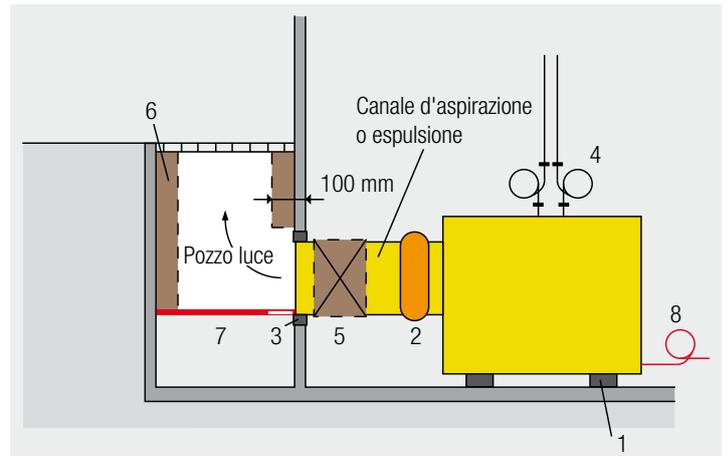


Figura 7.3: Provedimenti per la riduzione del rumore

- 1: Separazione del rumore strutturale tra la pompa di calore e il pavimento
- 2: Separazione del rumore strutturale tra la pompa di calore e il canale (il flessibile non deve essere in tensione)
- 3: Separazione del rumore strutturale tra il canale e l'edificio
- 4: Separazione del rumore strutturale tra la pompa di calore e le tubazioni di riscaldamento
- 5: Silenziatore ad assorbimento nei canali dell'aria per esigenze accresciute
- 6: Deviazione rivestita con materiale assorbente
- 7: Silenziatore a risonanza per esigenze accresciute
- 8: Separazione del rumore strutturale tra la pompa di calore e i collegamenti elettrici

Fonte: «Protezione fonica della posa di pompe di calore» (in tedesco e francese), distribuzione GSP

8.

Progettazione

8.1

Fornitura di energia elettrica

Per le pompe di calore, nel settore dell'alimentazione elettrica domestica vengono impiegati grandi motori asincroni. Laddove le reti sono debolmente dimensionate, il loro avviamento può causare vuoti di tensione non permessi. Le pompe di calore sottostanno quindi ad autorizzazione. Siccome ogni Azienda elettrica è responsabile per la sua rete, già nelle fasi preliminari sono da considerare le condizioni d'allacciamento dei rispettivi gestori di rete.

Allacciamento e autorizzazioni

Per i gestori di impianti di grandi dimensioni può essere anche economico equipaggiare la pompa di calore con una compensazione della corrente reattiva, considerando che alcune Aziende elettriche fatturano, nel caso di un fattore di potenza elettrico troppo basso (normalmente con un $\cos\phi$ inferiore a 0,92), la corrispondente corrente reattiva. Inoltre la condotta principale di allacciamento elettrico risulterà essere più piccola e quindi più economica.

Le informazioni sulle tariffe (anche le tariffe speciali per le pompe di calore) con le tabelle degli orari di blocco e i formulari di richiesta si possono ottenere presso l'Azienda elettrica competente.

Limitazione della potenza di avviamento

I maggiori gestori di rete richiedono una limitazione della potenza di avviamento, a partire da una determinata potenza del motore (normalmente da 3 kW). Qui di seguito alcuni esempi di riduzione della corrente di avviamento:

- Avviatori a resistenza (piccoli compressori)
- Softstarter, chiamati anche avviatori ad azionamento graduale (inseriti di serie nella maggior parte delle pompe di calore di piccola taglia)
- Avviamento con avvolgimento parziale (avvolgimento standard nei compressori semiermetici da ca. 3 kW di potenza del motore)
- Avviamento in stella-triangolo (in compressori aperti e semiermetici molto grandi)
- Negli impianti interconnessi (sistemi a più compressori) è da scegliere sempre un avviamento a stadi dei singoli compressori.

Con queste tipologie di avviamento o combinazioni di esse, le esigenze delle Aziende elettriche di regola sono soddisfatte. Le differenze di prezzo possono essere molto elevate soprattutto nei grandi impianti, perciò è indispensabile un chiarimento preliminare delle condizioni locali.

8.2

Centrale termica

Le esigenze riguardo la centrale termica riferite al luogo, protezione, aerazione, ecc. possono essere particolarmente complesse, soprattutto in caso di impianti bivalenti o di grandi dimensioni.

Posa e accessibilità

- Il locale di posa per piccole pompe di calore con potenze di riscaldamento inferiori a 20 kW può essere progettato per la maggior parte dei casi come una normale centrale termica. Quando vengono utilizzati refrigeranti infiammabili, l'involucro della pompa di calore o il locale di posa sono da ventilare naturalmente.
- Nel caso di installazioni di pompe di calore aria-acqua all'interno dell'edificio, è sempre da prevedere uno scarico della condensa.
- Solamente in un'installazione ben accessibile è possibile effettuare una corretta gestione e manutenzione. Sono assolutamente da osservare le relative indicazioni del fabbricante.

Sicurezza

- La sicurezza delle persone viene prima di tutto. Oggi i refrigeranti presenti sul mercato sono in parte velenosi (tossici), rispettivamente infiammabili. A dipendenza delle caratteristiche dell'impianto, sono da chiarire con le autorità locali la necessità d'impiego di estintori, dispositivi ed equipaggiamento per la protezione delle persone, vie di fuga, compartimenti tagliafuoco, ecc. In alcuni casi può essere necessario effettuare un'analisi dei rischi.
- Tutti gli impianti sono da proteggere contro il rischio di pressioni di

sistema troppo elevate. A dipendenza del genere di impianto e della sua grandezza, le tubazioni di sfogo delle valvole di sicurezza devono essere condotte direttamente all'esterno o in speciali recipienti di raccolta. In questi casi vale il rispetto delle prescrizioni e direttive corrispondenti.

- Se e come va effettuata l'aerazione di locali per impianti con pompe di calore, contro i pericoli per le persone e l'ambiente, è regolato nelle corrispondenti prescrizioni e direttive. In caso di dubbio vanno contattate le autorità competenti.

Condizioni tecniche

- Durante la progettazione e l'installazione sono da considerare la protezione fonica e in particolare il rumore strutturale. La posizione geografica riferita ai locali critici, dal punto di vista del rumore (camere da letto, uffici, ecc.) e rispetto agli immobili circostanti, sono da considerare dagli architetti rispettivamente dai committenti già nella fase progettuale dell'edificio.
- Negli impianti bivalenti con caldaia, durante l'aerazione del locale è da osservare che la ventilazione della pompa di calore non influisca sull'approvvigionamento di aria comburente per il riscaldamento a gasolio, gas o legna.

8.3

Economicità

Indicazioni generali

L'economicità di impianti tecnici energetici dipende dai comuni fattori d'influenza: costi del capitale (ammortamento e interessi dei costi per gli apparecchi e le installazioni), costi dell'energia (p.es. corrente per la pompa di calore), costi d'esercizio e manutenzione.

Le seguenti grandezze sono decisive per i calcoli di redditività:

Costi d'investimento: Come costi d'investimento valgono le uscite necessarie per la realizzazione di un impianto.

Periodo d'utilizzo e periodo considerato:

Con il periodo d'utilizzo si definisce l'effettiva presunta durata tra la messa in funzione e la sostituzione dell'elemento dell'impianto.

Costi annuali: I costi annuali per i sistemi energetici sono (a parte i costi del capitale) i costi dell'energia, d'esercizio e manutenzione.

Tasso d'interesse di calcolo: Il tasso d'interesse di calcolo è la grandezza più importante per i calcoli economici. Esso dovrebbe corrispondere al tasso d'interesse di mercato per il pagamento degli interessi del capitale immesso nell'impianto.

Costi esterni: Per i costi esterni (chiamati anche costi ambientali, o sovrapprezzo dell'energia calcolato) vanno scelti valori secondo le migliori informazioni economiche disponibili al momento di effettuare il calcolo economico, o i valori riconosciuti dalle autorità federali.

Confronto tra offerte per pompe di calore: Nel confronto di offerte per pompe di calore sono da considerare i seguenti criteri.

Costi

- Costi d'investimento
- Costi di manutenzione
- Costi d'esercizio (vedi prestazioni)

Volume di consegna

- Completezza
- Punti di connessione (scelta e adeguatezza)
- Opere da capomastro
- Durata e condizioni della garanzia

Prestazioni

- Coefficiente di lavoro annuo (CLA) a definite condizioni quadro
- Coefficiente di prestazione (COP) a 3 o 4 differenti condizioni, riferite all'esercizio a pieno carico e carico parziale
- Potenza di riscaldamento
- Limiti d'impiego
- Perdite di carico degli scambiatori di calore
- Indice TEWI (Capitolo 3.3)

Qualità

- Organizzazione del servizio tecnico da parte del fornitore (365 giorni, 24 ore)
- Disponibilità dei pezzi di ricambio
- Sistema di garanzia di qualità
- Referenze

8.4 Controllo delle prestazioni

Indicazioni generali

Per poter eseguire un controllo delle prestazioni, va definito un concetto di misurazione già durante la progettazione dell'impianto con pompa di calore. Solo chi ha già da subito le idee chiare in merito al procedimento e alla strumentazione necessaria, potrà in seguito eseguire un controllo delle prestazioni senza problemi.

Concetto di misurazione

Un concetto di misurazione dovrebbe contenere i seguenti strumenti di misura rispettivamente punti di rilievo:

- Contatore elettrico per il compressore
- Ore di funzionamento e contatore ad impulsi per il compressore
- Contatore di calore per ogni produttore di calore
- Punti di misurazione (se possibile un raccordo di misurazione Twinlock), per la raccolta delle temperature in entrata e in uscita dal circuito dell'evaporatore e del condensatore

In aggiunta per impianti di grandi dimensioni e complessi:

- Temperature ad ogni entrata e uscita degli scambiatori di calore
- Temperatura dell'aria ambiente
- Temperatura dell'aria esterna
- Posizione della potenza del compressore
- Contatore delle ore di funzionamento per pompe, ventilatori, riscaldamenti addizionali, ecc.
- Contatore di calore per ogni fonte di calore
- Impostazioni delle valvole

Raccolta dei dati

La raccolta dei dati può avvenire automaticamente o manualmente. Nella raccolta dei dati manuale – preferibilmente per impianti piccoli e semplici – va redatto un protocollo di rilievo corrispondente. Durante il periodo dei rilievi, i dati andrebbero raccolti possibilmente sempre nello stesso momento. A dipendenza delle fasi d'esercizio e carico, i dati sono da raccogliere più volte al giorno fino a una volta al mese.

Nel caso di impianti più grandi e complessi, la raccolta di dati è sensata solo con l'aiuto di una misurazione intensiva mediante intervalli di rilievi molto densi. In questo modo è possibile registrare i collegamenti dinamici e le funzioni. Se è presente una gestione centralizzata degli impianti tecnici, è possibile registrare i dati con questo sistema. Altrimenti i dati sono da registrare mediante un dispositivo portatile (p.es. un Datalogger).

9.

Messa in funzione

Dopo la fase di realizzazione, segue la preparazione ed esecuzione della messa in funzione. In seguito avviene il collaudo e l'esercizio. Durante il collaudo viene verificato se e come l'impianto corrisponde al contratto d'appalto e alle esigenze specifiche. In seguito alla messa in funzione è consigliato, dopo 2 o 3 mesi d'esercizio, verificare ancora le impostazioni in fase di carico e ottimizzare l'esercizio di conseguenza.

9.1 Fase prima della messa in funzione Controllo del montaggio

Alla fine della fase di realizzazione, prima del riempimento del sistema idraulico con i relativi fluidi, è necessario un dettagliato controllo del montaggio degli impianti installati. In questa fase va verificato se l'installazione corrisponde alle esigenze specifiche e se le componenti dell'impianto sono state montate correttamente. È da osservare inoltre se tutti gli apparecchi e le loro componenti sono muniti di contrassegni descrittivi con i relativi numeri di posizione in corrispondenza allo schema dell'impianto e altri documenti.

Controllo dei dispositivi di misurazione e regolazione

Già durante la progettazione, vanno considerati quali punti di misurazione sono da raccogliere per la messa in funzione, il collaudo, l'ottimizzazione dell'eser-

cizio e il funzionamento dell'impianto. L'installazione in un secondo tempo di manicotti ad immersione e strumenti di misura è di regola molto onerosa. Il controllo del montaggio offre l'ultima occasione per avviare eventuali correttivi senza eccessivi sforzi supplementari. Prima del riempimento dell'impianto con il liquido termovettore sono perciò da verificare con attenzione tutti i dispositivi di misurazione e gli attuatori inseriti nel circuito idraulico. La corretta posizione e montaggio dei dispositivi è importante per garantire un affidabile rilevamento dei dati.

9.2 Preparazione della messa in funzione

Prima della messa in funzione deve essere conclusa la fase d'installazione, incluse le installazioni elettriche e di regolazione. Affinché la messa in funzione possa avvenire in maniera efficiente, sono da effettuare in precedenza i seguenti preparativi:

- Redigere un programma della messa in funzione, definire le scadenze con le persone coinvolte; assicurare la disponibilità dei fluidi e dei locali.
- I seguenti documenti sono da mettere a disposizione sull'impianto:
 - Schema di principio dell'installazione
 - Scheda tecnica con l'indicazione dei parametri d'impostazione, i valori di

consegna e le curve di regolazione. Se definite, queste devono corrispondere ai valori secondo contratto.

- Schema dell'alimentazione di corrente, dei comandi elettrici e della regolazione (schema di regolazione)
- Ricapitolazione della potenza dei motori elettrici
- Descrizioni di funzionamento
- Lista dati per le portate, differenze di pressione, temperature della rete, ecc.
- Piani di montaggio
- Per la messa in funzione deve essere a disposizione almeno una bozza delle istruzioni per l'uso per tutti gli impianti risp. componenti, in modo che sia possibile apportare eventuali modifiche o aggiunte durante la messa in funzione.

9.3

Fonte di calore ed erogazione del calore

Prima della messa in funzione della pompa di calore vanno verificate, e se necessario preparate, la fonte e i punti di erogazione del calore.

- Verificare la completezza dell'installazione
- Circuiti ad acqua, sciacquati, riempiti e spurgati a fondo (la prova in pressione è da effettuare durante l'installazione, prima dell'applicazione dell'isolante)
- Portate verificate, compensazione idraulica effettuata
- Verificare la concentrazione del riempimento con antigelo (se presente)
- Riempire i raccordi ad immersione con del liquido di contatto
- Effettuare il controllo del senso di

rotazione dei motori delle pompe, dei ventilatori e altri attuatori (ad eccezione del motore del compressore).

- Per le pompe di calore aria-acqua va verificato il sistema dalla parte della fonte di calore.

9.4

Messa in funzione della pompa di calore

È necessario sincerarsi con anticipo che, prima della messa in funzione, tutte le corrispondenti parti dell'impianto come il circuito degli erogatori, il circuito di raffreddamento, ecc. siano pronte all'impiego; che l'alimentazione elettrica funzioni e che sia a disposizione sufficiente carico.

La messa in funzione generalmente viene diretta dal progettista dell'impianto. Egli conosce il funzionamento delle parti elettriche, idrauliche risp. della ventilazione dell'impianto. Il progettista verrà aiutato rispettivamente dallo specialista per la regolazione, dall'elettricista, così come dagli specialisti per la messa in funzione delle singole componenti. La procedura può svolgersi nel modo seguente:

- Controllo visivo, controllo dell'installazione
- Controllare i contatti elettrici di tutti gli apparecchi, verificare tutti i collegamenti elettrici in base allo schema elettrico.
- Verificare la corretta impostazione dei relais termici, secondo le targhette indicatrici dei motori, controllare le impostazioni dei dispositivi di protezione elettrici.
- Separare elettricamente il compressore dalla rete
- Azionare l'interruttore principale

- Accendere, se presente, il riscaldamento a gasolio (riscaldamento separatore d'olio risp. carter)
- Controllare e verificare quanto possibile le funzioni di sicurezza.
- Controllare la direzione di rotazione del compressore. Questa operazione può essere effettuata solo dallo specialista della ditta fornitrice.
- Eseguire un controllo della funzionalità dei comandi e della regolazione, verificare la correttezza dei valori memorizzati.
- Sottoporre ad un test di funzionamento tutti i collegamenti di comando e regolazione
- Impostare tutti i parametri di regolazione (intervallo P, tempo d'azione integrale, tempo di reazione), curve di riscaldamento, valori di consegna, ecc. in funzione dei valori calcolati risp. consigliati

9.5

Protocollo di messa in funzione

Al termine della messa in funzione sono da impostare diversi parametri come valori di consegna, curve di regolazione e sicurezze, secondo i valori definiti nel contratto (se fissati). Eventuali irregolarità o lacune sono da rimarcare.

Tutti i parametri d'impostazione importanti vanno riportati nel protocollo di messa in funzione (vedi anche Capitolo 9.2).

Irregolarità risp. cambiamenti sono da riportare a mano nei documenti.

9.6

Istruzioni per l'uso

Di regola durante la messa in funzione vengono apportate piccole modifiche e correzioni all'impianto. Soprattutto gli adattamenti nello schema elettrico devono essere riportati nella versione definitiva. La bozza delle istruzioni per l'uso (vedi anche Capitolo 9.2) deve essere adattata di conseguenza.

Le istruzioni per l'uso descrivono la funzione e la regolazione di singole parti dell'impianto. Questa deve essere strutturata in modo comprensibile e trasparente. Qui di seguito alcuni punti che sono da osservare nella redazione delle istruzioni per l'uso:

- Indirizzi e numeri di telefono dei centri di servizio tecnico competenti
- Utilizzare diciture uniformi, simboli in base alle norme attuali
- Corrispondenza con la dicitura sull'impianto
- Non impiegare documentazione in lingua straniera
- Schema elettrico valido con riportati i cambiamenti eseguiti nella fase di messa in funzione
- È da allegare il protocollo di messa in funzione con le indicazioni importanti come p.es.:
 - Lettura dei dati dell'impianto durante l'esercizio di quest'ultimo
 - Tutti i valori impostati che possono essere modificati dall'utente
 - Eventuali valori limite
- Provvedimenti in caso di guasto
- Indice dei compiti che il servizio tecnico deve effettuare
- Protocollo vuoto con la lista dei dati di lettura
- Registro di manutenzione (pompa di calore)

9.7

Protocollo di collaudo

Dopo la conclusione delle operazioni di messa in funzione, avviene un controllo dell'impianto con il coinvolgimento degli interessati. L'obiettivo di questo controllo è di avere un protocollo controfirmato dalle parti, che attesta il collaudo dell'impianto e riporta eventuali riserve. Durante il collaudo, il progettista deve compilare un protocollo di collaudo e farlo firmare dalle parti. Questo riporta:

- I dati fissati nel contratto
- Checklist riguardante l'estensione della fornitura e la qualità dell'esecuzione
- I dati effettivi dell'impianto
- Eventuali lacune

Con il collaudo la committenza assume la responsabilità riguardo l'impianto e parte il termine di garanzia.

10.

Esercizio

10.1

Esercizio e controllo delle prestazioni

Gli strumenti di misura installati sull'impianto dovrebbero rendere possibile il controllo dei parametri di funzionamento. La messa in funzione viene eseguita normalmente a determinate condizioni quadro. Per questo motivo, nel caso di condizioni mutate, è importante controllare l'impianto in base alla funzionalità e all'efficienza energetica. Ciò non vale unicamente per la fase dopo la messa in funzione – eventuali modifiche all'impianto devono essere scoperte.

10.2

Controllo dell'esercizio

Il personale deve svolgere dei controlli dell'esercizio regolari. Le letture dei dati dell'impianto, svolte ad intervalli regolari, sono da riportare nel protocollo d'esercizio. Questa operazione è utile quale strumento per la verifica dell'efficienza (COP) e come riferimento per l'esecuzione di lavori di manutenzione. Il criterio di valutazione più importante per il controllo dell'esercizio di un impianto con PdC è rappresentato dal CLA e dal grado d'utilizzazione annuo dell'impianto di produzione di calore (η_{IPCAL}), per la PdC e il riscaldamento ausiliario. Questo risulta solo quando sono disponibili i dati rilevati sui consumi della PdC, inclusi i sistemi in appoggio e l'energia utile.

CLA: Coefficiente di lavoro annuo

10.3

Manutenzione

In generale

Per garantire un esercizio sicuro e senza interruzioni dell'impianto con pompa di calore, è da garantire una manutenzione periodica. Questo può avvenire mediante:

- contratti di manutenzione o
- prolungamento di garanzia (con le corrispondenti prestazioni di servizio tecnico)

Si consideri che per la manutenzione delle parti dell'impianto, per le quali si entra in contatto con il liquido frigorifero, il personale necessita di una «autorizzazione speciale per la manipolazione di refrigeranti».

Registro di manutenzione

Per tutti gli apparecchi e gli impianti con più di 3 kg di refrigerante, indipendentemente dal tipo di fluido, deve essere compilato un registro di manutenzione.

Controllo della tenuta stagna

Va svolto regolarmente un controllo della tenuta stagna per tutti gli apparecchi e gli impianti con più di 3 kg di refrigerante, che distrugge lo strato d'ozono o che rimane stabile nell'aria (vedi anche le «Istruzioni relative a impianti stazionari e apparecchi che contengono prodotti refrigeranti. Registro di manutenzione, controllo della tenuta stagna, obbligo di notifica»).

Per impianti compatti, chiusi in modo permanente, valgono scadenze più lunghe.

10.4 Esercizio ottimale

Dopo il collaudo l'impianto deve continuare ad essere mantenuto sotto controllo. Un impianto che viene gestito in modo ottimale, di regola non presenta anomalie d'esercizio, e necessita di conseguenza ancora meno energia. Nella messa in funzione spesso vengono fissate delle condizioni di funzionamento e alcune impostazioni (p.es. la curva di riscaldamento) in funzione di valori d'esperienza. Solo durante l'esercizio

è possibile ottimizzare le impostazioni dell'impianto. Ottimizzando l'esercizio è possibile risparmiare costi e salvaguardare l'ambiente.

Catalogo delle misure: Vedi «Principi base per l'esercizio ottimale delle installazioni complesse» (in tedesco e francese). Misure per settore specialistico/No. 4 – pompe di calore.

10.5 Guasti e risoluzione dei guasti

Ogni pompa di calore deve essere protetta da situazioni indesiderate. Le principali cause di guasto sono riportate nella Figura 10.1.

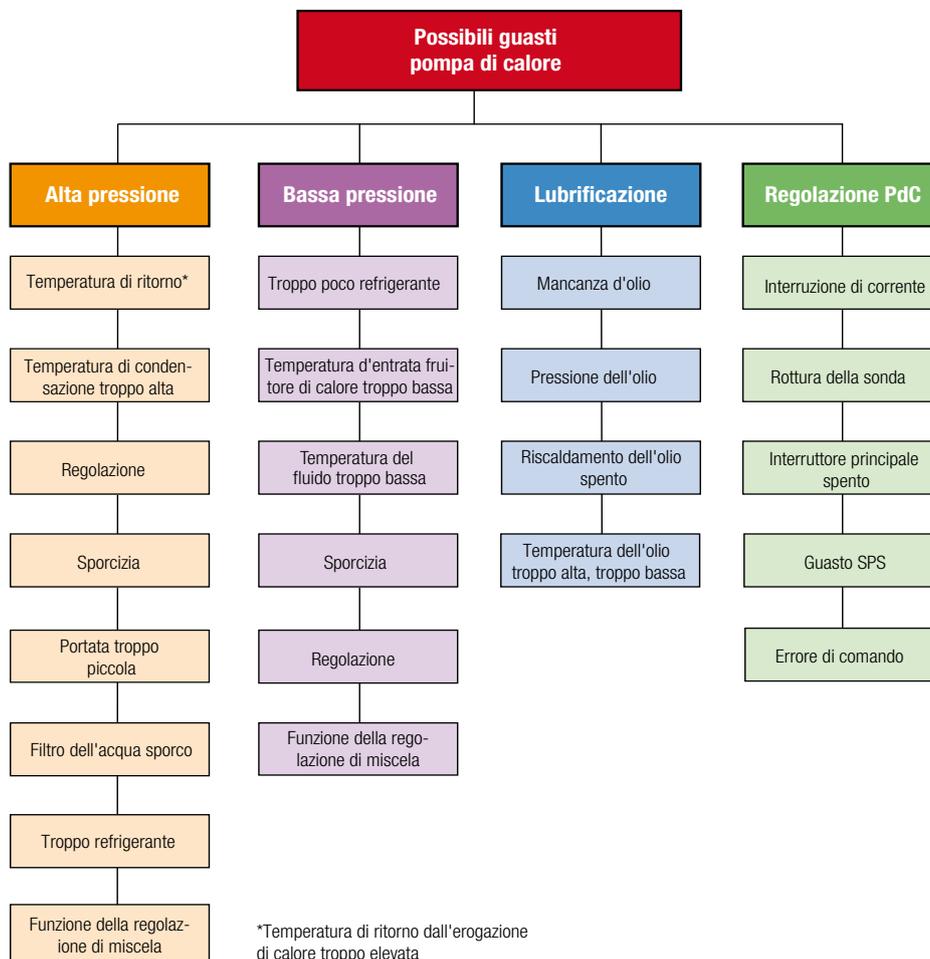


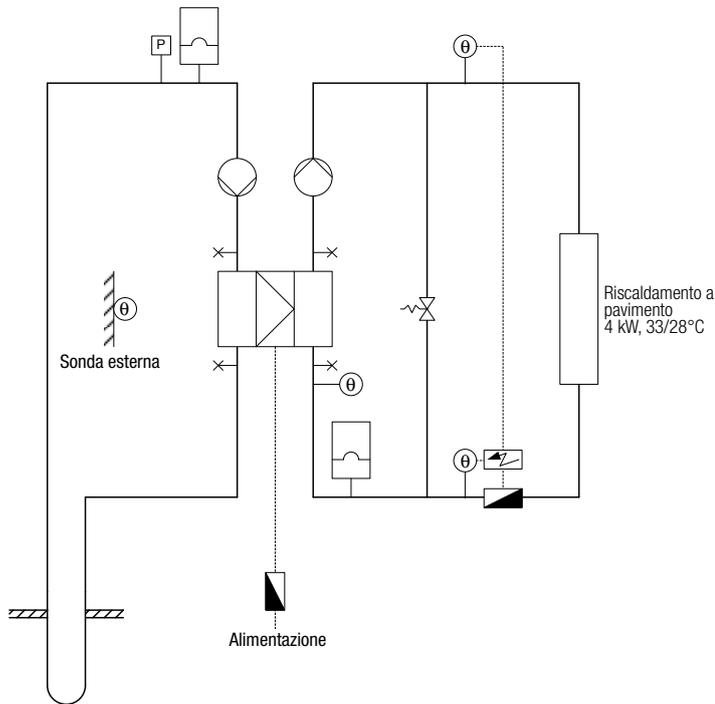
Figura 10.1: Possibili guasti e cause di guasto in impianti con pompe di calore

11.

Casi esemplari

11.1 Impianto con pompa di calore geotermica (casa monofamiliare)	68	11.7 Impianto con pompa di calore ad acqua di falda bivalente	74
11.2 Impianto con pompa di calore geotermica (edificio amministrativo)	69	11.8 Recupero del calore residuo per il riscaldamento di acqua potabile	75
11.3 Impianto con pompa di calore aria-acqua	70	11.9 Produzione di calore e freddo	76
11.4 Impianto con pompa di calore ad acqua di falda con caldaia a gasolio	71	11.10 Impianto compatto a pompa di calore per il riscaldamento e il raffreddamento	77
11.5 Recupero di calore dall'acqua di scarico per il riscaldamento di acqua potabile	72	11.11 Impianto compatto a pompa di calore	78
11.6 Impianto con pompa di calore aria-acqua con caldaia a pezzi di legna	73		

11.1: Impianto con pompa di calore geotermica



Oggetto: casa monofamiliare

Scelta di sistema: La casa monofamiliare viene riscaldata con impianto a pompa di calore geotermica. L'erogazione del calore avviene mediante riscaldamento a pavimento. L'edificio viene inoltre munito di un'aerazione controllata.

Da osservare in particolare

- L'accessibilità al luogo di perforazione e la posizione di quest'ultimo
- Il dimensionamento della sonda geotermica

Calcolo TEWI

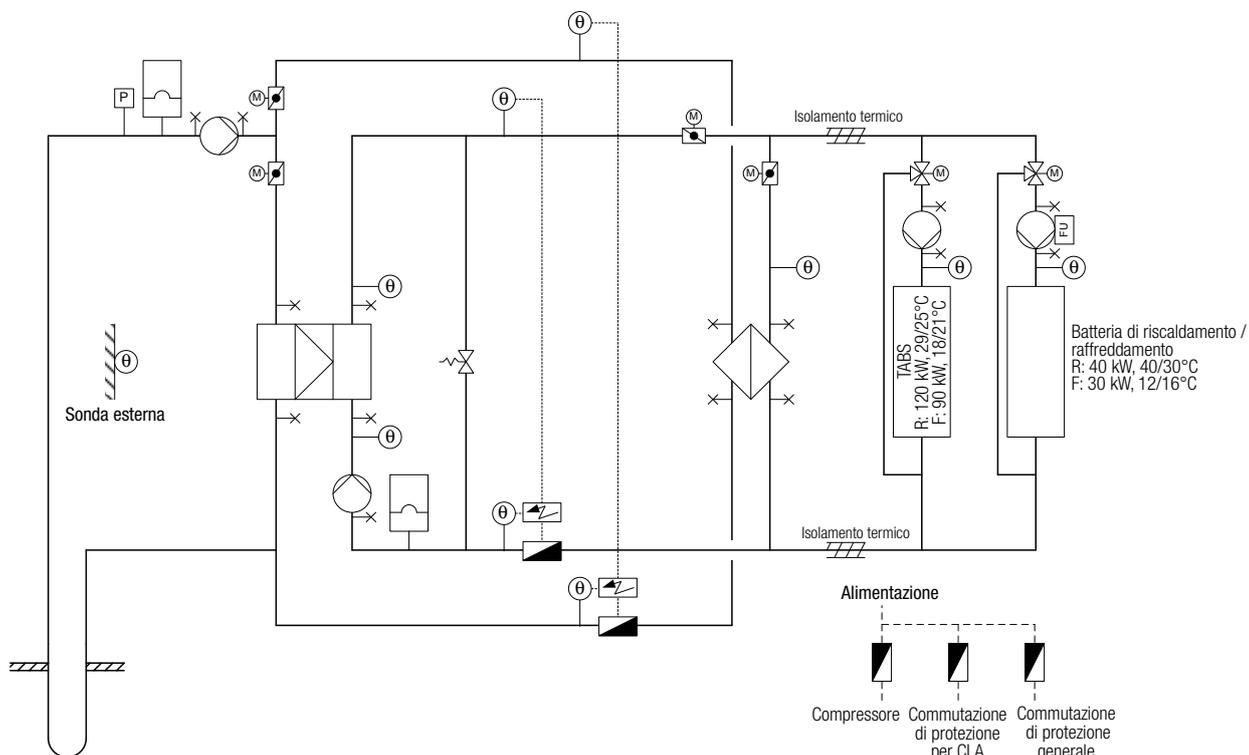
Pompa di calore salamoia-acqua, potenza nominale: 5,90 kW (B0/W35), Refrigerante: R-410a:

- | | |
|--|--|
| ■ GWP: 1720 equivalente in $\text{CO}_2/\text{kg}_{\text{REF}}$ | ■ Grado di recupero: 0,8 (nell'intero processo di riciclaggio) |
| ■ Perdite all'anno: $0,05 \text{ kg}_{\text{REF}}/\text{a}$ (sistemi ermetici 2% a 3%, sistemi separabili 4% a 6% del riempimento) | ■ Fabbisogno di energia: $2340 \text{ kWh}_{\text{el}}$ ($1,3 \text{ kW} \times 1800 \text{ h/a}$) |
| ■ Tempo esercizio impianto: 20 anni | ■ Emissioni di CO_2 specifiche: $0,15 \text{ CO}_2\text{-equivalenti}/\text{kWh}_{\text{el}}$ |
| ■ Massa di riempimento dell'impianto: $1,7 \text{ kg}_{\text{REF}}$ | |

$$\text{TEWI} = (1720 \times 0,05 \times 20) + (1720 \times 1,7 \times (1,0 - 0,8)) + (20 \times 2340 \times 0,15) = 9325 \text{ CO}_2\text{-equivalenti}$$

Il TEWI potrebbe venir considerevolmente ridotto, se la pompa di calore venisse azionata con corrente ecologica, proveniente interamente da fonti di energia rinnovabile.

11.2: Impianto con pompa di calore geotermica



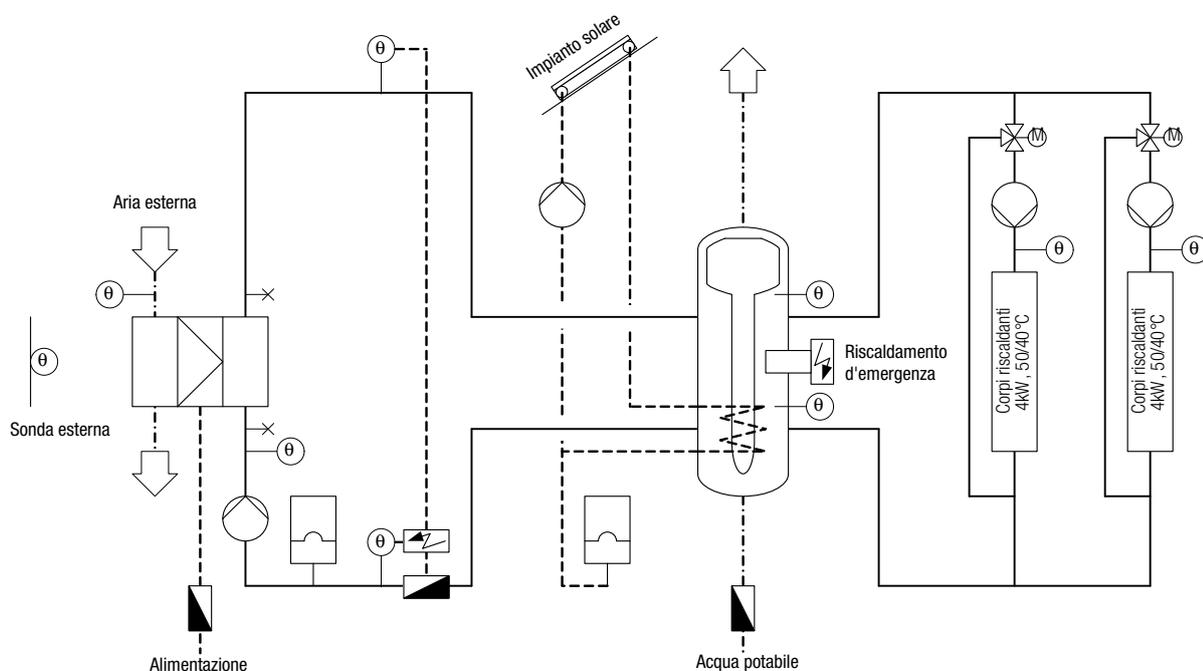
Oggetto: edificio amministrativo

Sceita di sistema: Il fabbisogno di energia per il riscaldamento viene coperto mediante un impianto a pompa di calore geotermica. L'erogazione del calore avviene con un sistema ad attivazione della massa (TABS). Lo stesso sistema permette il raffreddamento dell'edificio amministrativo. Il raffreddamento viene eseguito mediante esercizio in freecooling con le sonde geotermiche.

Da osservare in particolare

- I consumi di energia per il riscaldamento e il raffreddamento sono da annotare separatamente
- Il dimensionamento delle batterie di riscaldamento e di raffreddamento
- La rete frigorigena è da isolare contro la diffusione del vapore per evitare la condensa
- L'accessibilità al luogo di perforazione e la posizione di quest'ultimo
- Le sonde geotermiche sono da dimensionare considerando sia l'esercizio in riscaldamento che in raffreddamento commutabili
- Per l'esercizio in riscaldamento e in raffreddamento sono da impiegare valvole termostatiche commutabili

11.3: Impianto con pompa di calore aria-acqua



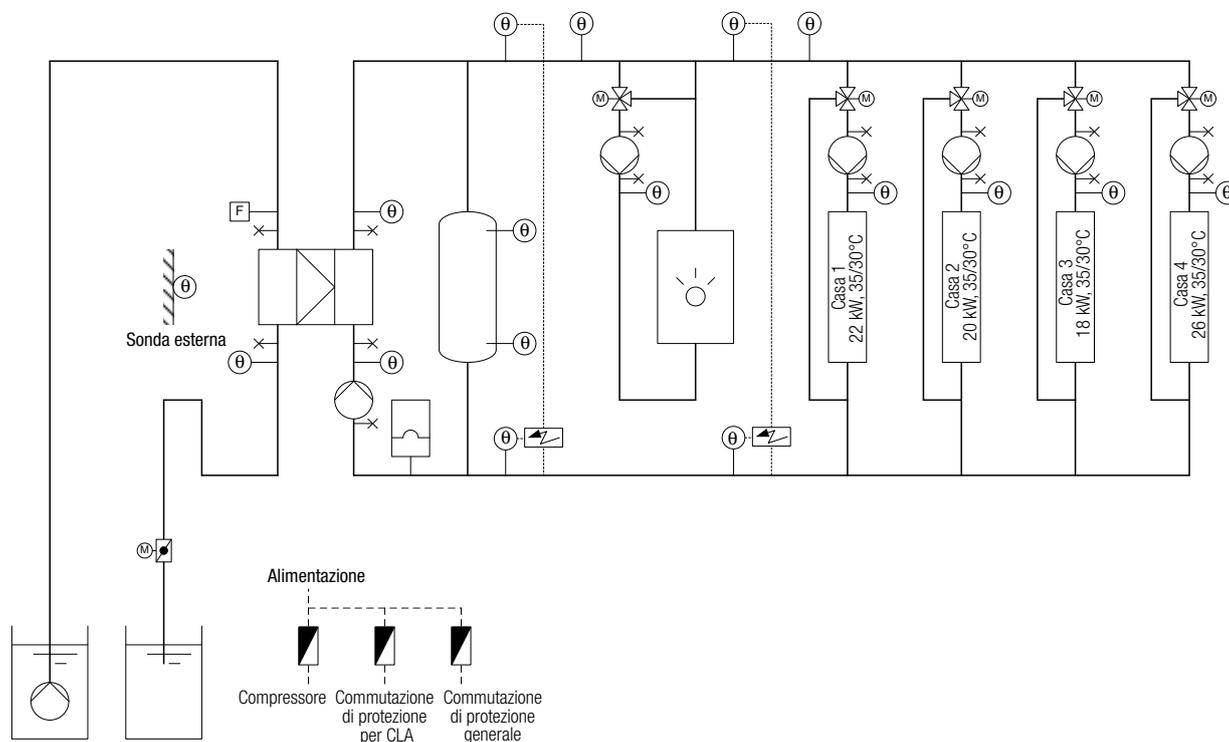
Oggetto: casa bifamiliare

Scelta di sistema: La casa bifamiliare viene riscaldata con un impianto a pompa di calore aria-acqua combinato con dei collettori solari termici. L'energia per il riscaldamento prodotta con la pompa di calore viene ceduta alla distribuzione attraverso un accumulatore. L'acqua potabile viene riscaldata nell'accumulatore. Ogni casa unifamiliare ha un proprio gruppo di riscaldamento. L'erogazione di calore avviene con corpi riscaldanti

Da osservare in particolare

- La problematica del sistema di circolazione dell'acqua calda potabile relativa a una buona stratificazione nell'accumulatore
- La limitata quantità di acqua calda sanitaria a breve termine
- Il modello del conteggio delle spese per il riscaldamento

11.4: Impianto con pompa di calore ad acqua di falda con caldaia a gasolio



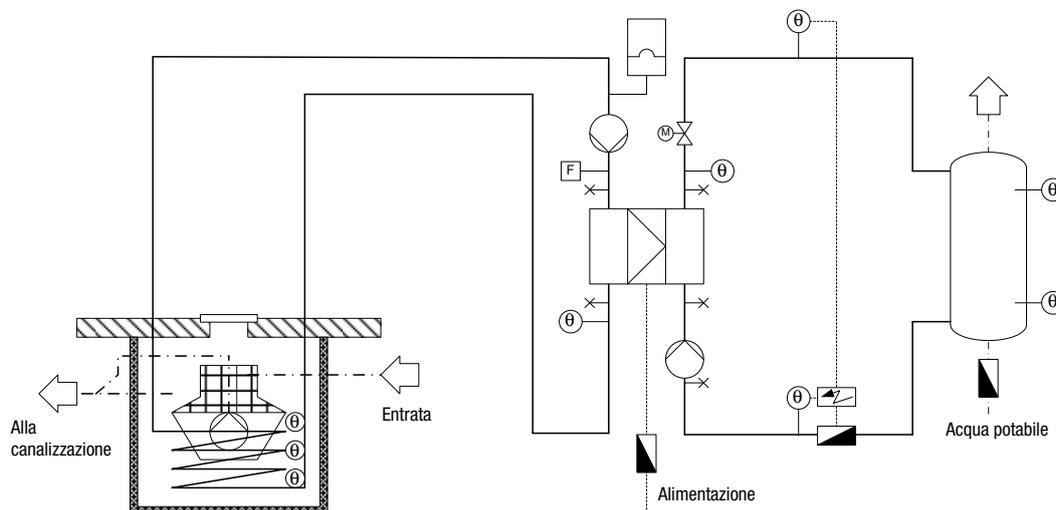
Oggetto: quartiere residenziale

Scelta di sistema: Il quartiere residenziale è formato da 4 case plurifamiliari a 6 appartamenti ciascuna. Siccome il terreno si trova in una zona di acqua di falda, la produzione di calore sarà garantita da una pompa di calore acqua-acqua. Per la copertura dei picchi di carico, (esercizio bivalente – parallelo), viene impiegata una caldaia a gasolio. L'erogazione di calore avviene mediante riscaldamento a pavimento.

Da osservare in particolare

- Il tempo necessario per la procedura di autorizzazione
- La qualità dell'acqua di falda riguardo ai parametri fisici e chimici, così come le sostanze, ecc.
- Il dimensionamento della pompa di circolazione dell'acqua di falda

11.5: Recupero di calore dall'acqua di scarico per il riscaldamento di acqua potabile



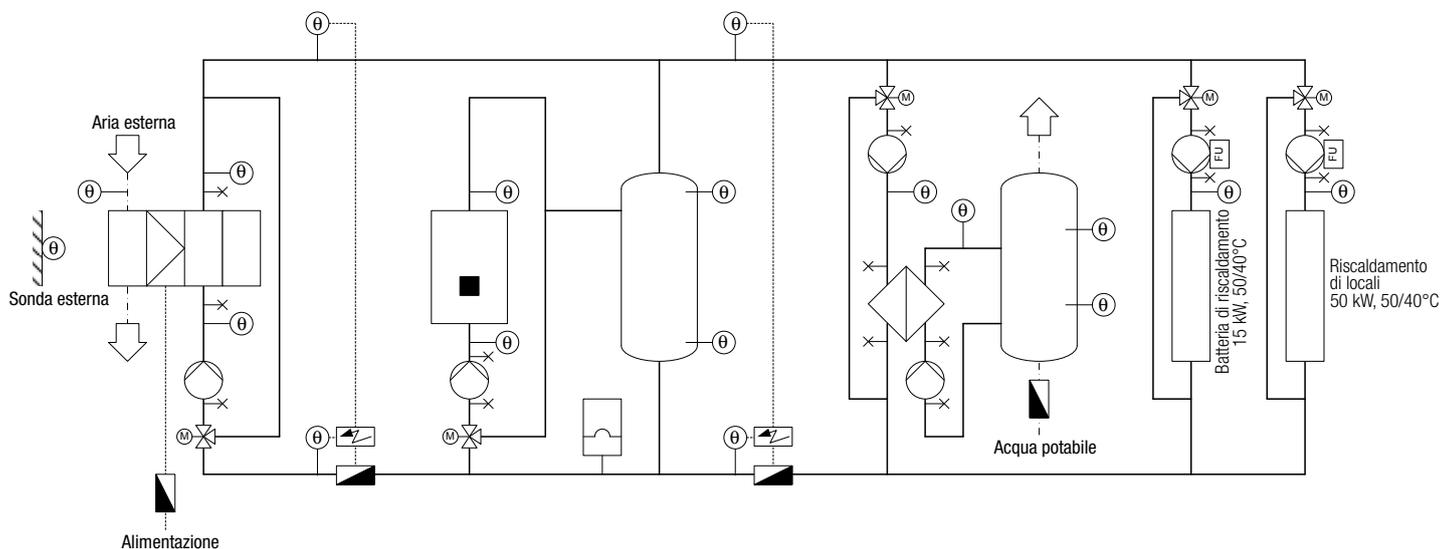
Oggetto: casa per anziani

Scelta di sistema: Il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria avviene principalmente con l'impianto a pompa di calore e un recupero di calore dall'acqua di scarico. Il pozzo di scarico con lo scambiatore di calore e le pompe si trova interrato all'esterno dell'edificio.

Da osservare in particolare

- La quantità dell'acqua di scarico e la sua qualità
- L'erogazione nel tempo del volume di acqua di scarico e del fabbisogno di acqua calda sanitaria
- La sicurezza contro il gelo di tutte le parti dell'impianto, situate all'esterno dell'involucro dell'edificio
- L'accessibilità per i lavori di pulizia e servizio

11.6: Impianto con pompa di calore aria-acqua con caldaia a pezzi di legna



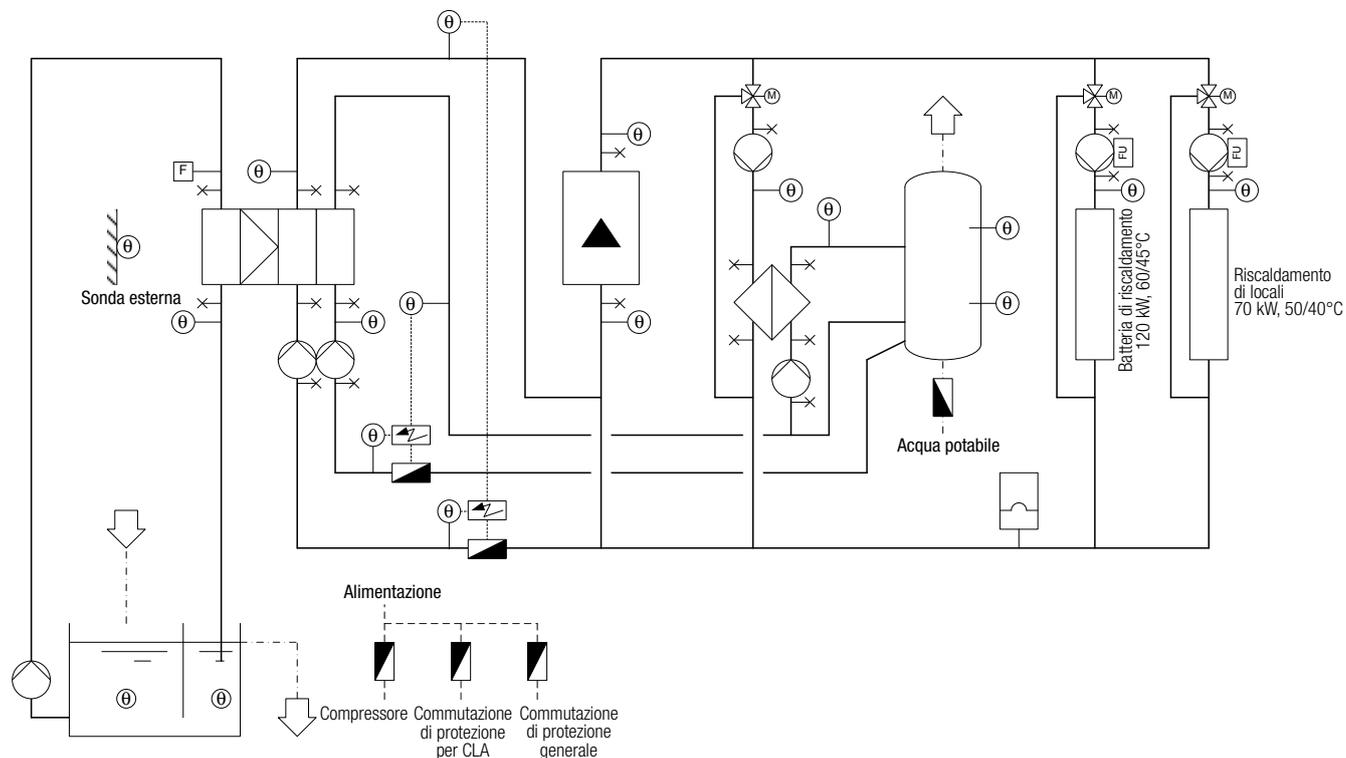
Oggetto: scuola agraria

Scelta di sistema: La scuola agraria vuole essere riscaldata con energie rinnovabili. Siccome la scuola ha a disposizione una propria zona boschiva, il fabbisogno per il riscaldamento verrà coperto mediante un riscaldamento a pezzi di legna. Per la mezza stagione è prevista in aggiunta una pompa di calore aria-acqua, per un esercizio bivalente – alternativo.

Da osservare in particolare

- La separazione idraulica del produttore di calore e l'impianto d'accumulo
- Le emissioni foniche e non

11.7: Impianto con pompa di calore ad acqua di falda bivalente



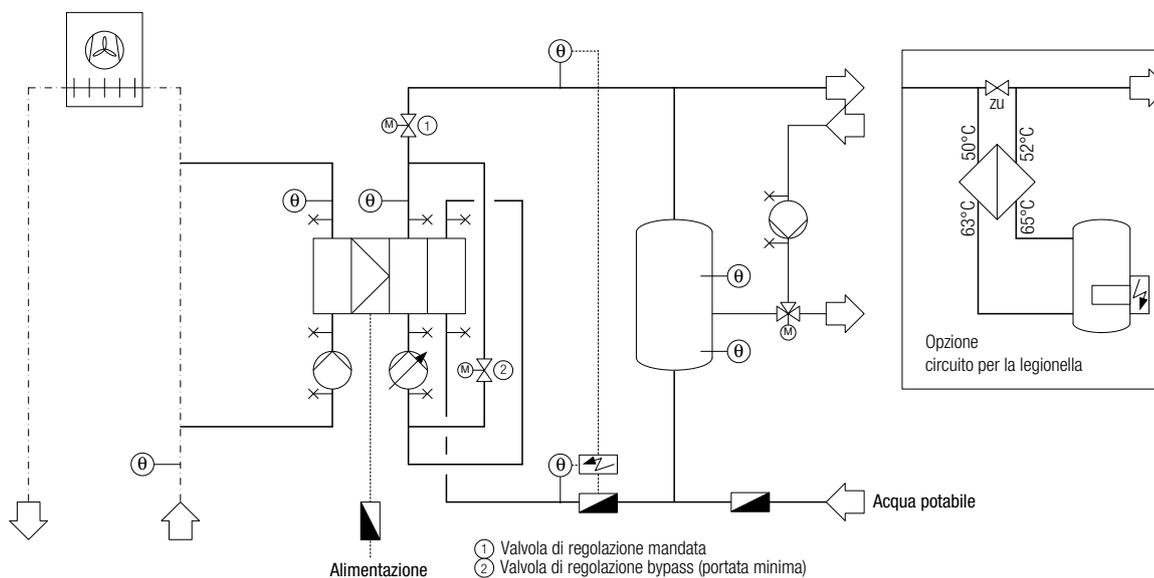
Oggetto: Tintoria, vecchia costruzione

Scelta di sistema: Quale fonte di calore viene utilizzata l'acqua di scarico da processi (non materia fecale). Siccome l'acqua di scarico da processi è disponibile solo durante i momenti di produzione, si è scelta una soluzione bivalente con una caldaia a gas. Con un sottoraffreddatore si ottiene un rendimento della pompa di calore maggiore.

Da osservare in particolare

- La qualità dell'acqua di scarico riguardo ai parametri fisici e chimici ed eventuali sostanze solide
- L'erogazione nel tempo del volume di acqua di scarico e del fabbisogno di riscaldamento
- La grandezza e la ripartizione del bacino dell'acqua di scarico
- L'accessibilità per i lavori di pulizia e servizio
- La scelta del tipo di caldaia per il previsto circuito idraulico con un flusso variabile attraverso la caldaia

11.8: Recupero del calore residuo per il riscaldamento di acqua potabile



Oggetto: Supermercato

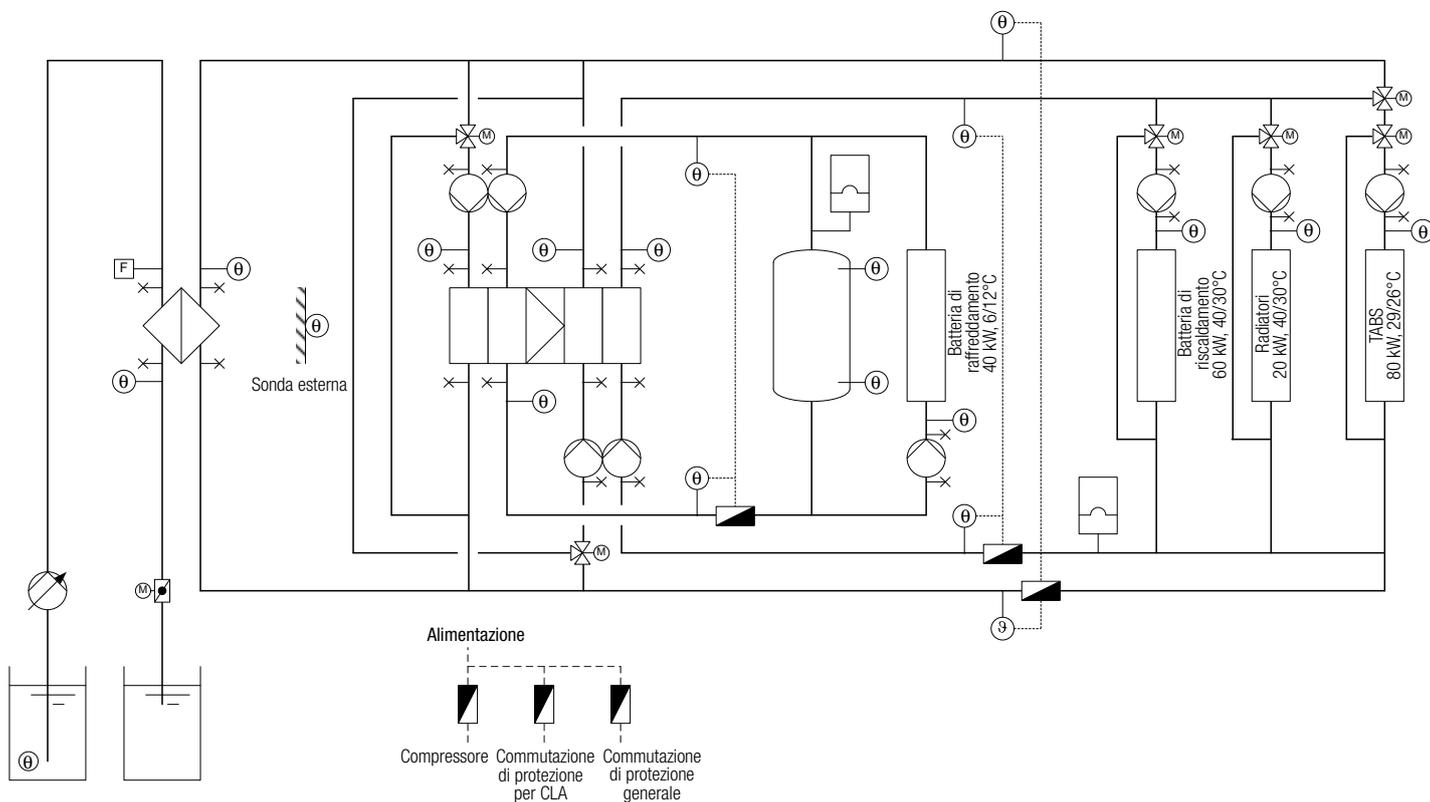
Scelta di sistema: Per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria viene impiegato il calore residuo degli impianti frigoriferi industriali. Con una portata variabile attraverso il condensatore e sottoraffreddatore, la temperatura d'entrata della pompa di calore può essere mantenuta bassa.

In opzione é possibile, quale protezione contro la legionella, installare un impianto di disinfezione nella tubazione dell'acqua calda sanitaria o in quella di circolazione. Con questo impianto l'acqua calda viene disinfettata permanentemente.

Da osservare in particolare

- La portata di acqua calda sanitaria minima necessaria attraverso il condensatore e il sottoraffreddatore della pompa di calore
- La temperatura variabile dalla parte della fonte di calore

11.9: Produzione di calore e freddo



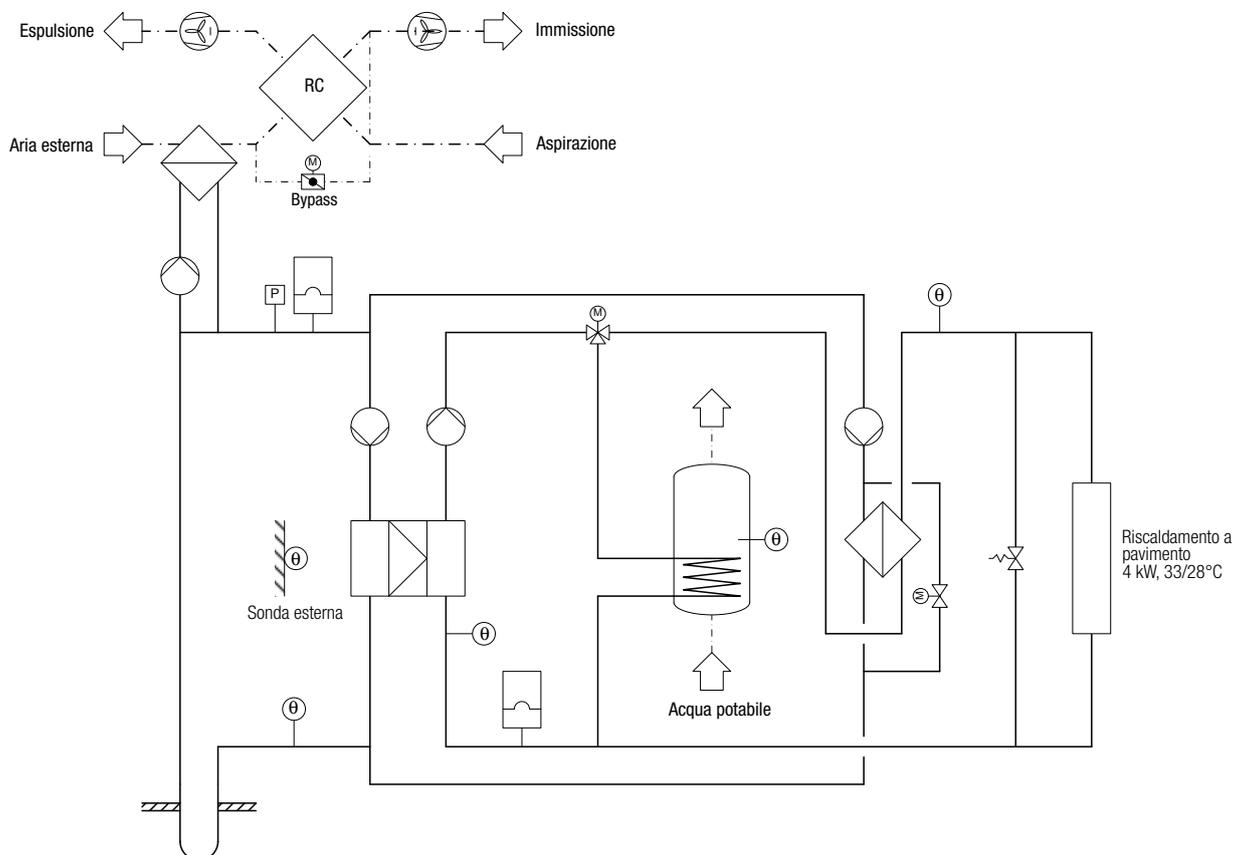
Oggetto: Museo

Scelta di sistema: L'acqua di falda serve da fonte di calore e per l'evacuazione del calore in esubero per una produzione di caldo e freddo. Con l'impianto sono garantiti diversi tipi d'esercizio in parallelo (freddo industriale, raffreddamento via TABS, calore industriale, riscaldamento).

Da osservare in particolare

- Il tempo necessario per la procedura di autorizzazione
- La qualità dell'acqua di falda riguardo ai parametri fisici e chimici, così come le sostanze, ecc.
- Il dimensionamento della pompa di circolazione dell'acqua di falda
- Tutte le possibili condizioni di funzionamento del circuito idraulico
- I punti di connessione

11.10: Impianto compatto a pompa di calore per il riscaldamento e il raffreddamento



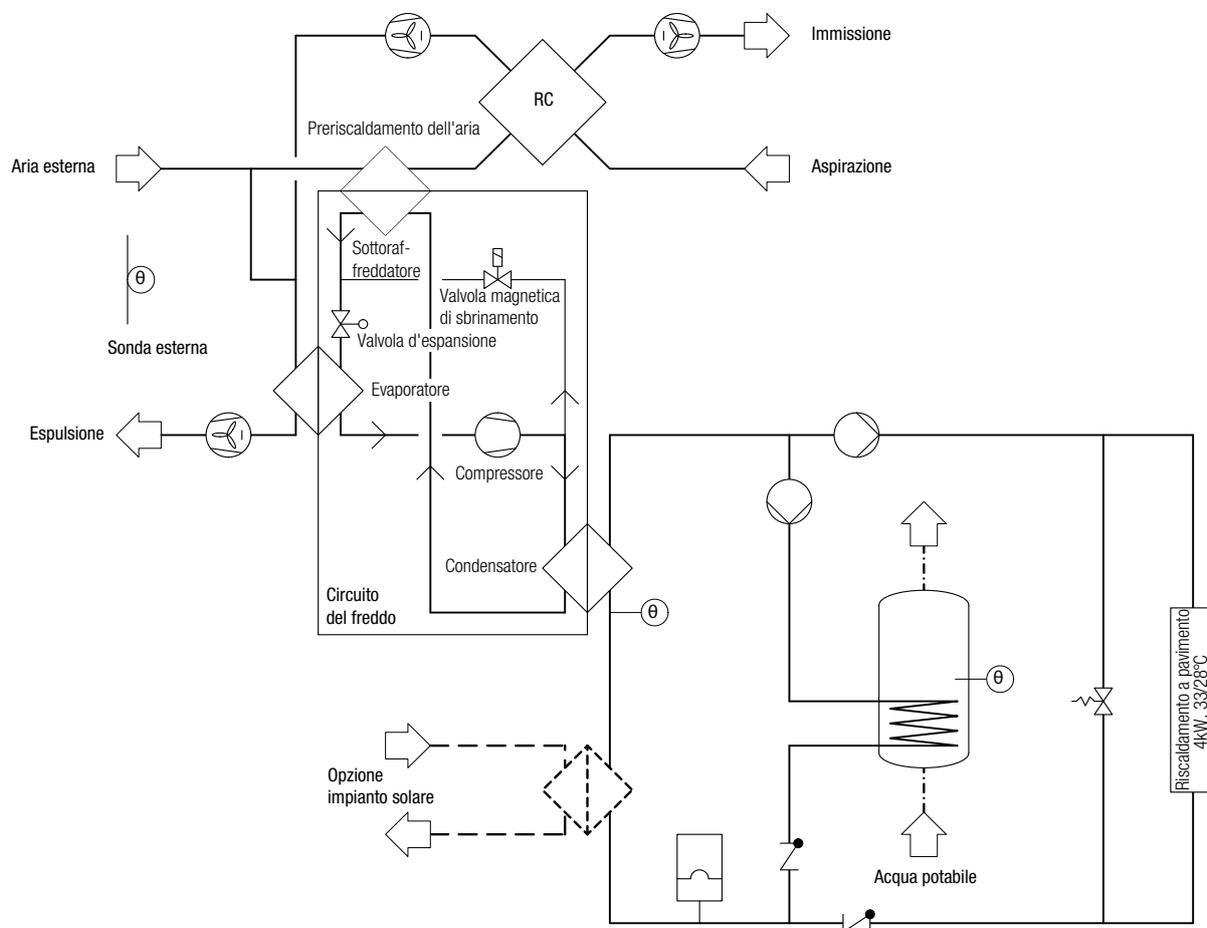
Oggetto: Abitazione

Scelta di sistema: Con un impianto compatto a pompa di calore con il recupero sull'aerazione e collegamento alle sonde geotermiche, viene prodotto il calore per il riscaldamento a pavimento e per l'acqua calda sanitaria. In caso di fabbisogno di freddo, è possibile un raffreddamento naturale attraverso l'impianto di aerazione e il riscaldamento a pavimento. Il calore estratto viene ceduto alle sonde geotermiche. È inoltre possibile il collegamento ad un impianto solare.

Da osservare in particolare

- Le temperature del sistema permesse durante il funzionamento per il raffreddamento, in modo che non possano sorgere problemi di condensa
- Le indicazioni del fabbricante dell'apparecchio compatto
- L'accessibilità al luogo di perforazione e la posizione di quest'ultimo

11.11: Impianto compatto a pompa di calore



Oggetto: Abitazione

Scelta di sistema: Con un impianto compatto a pompa di calore con recupero di calore sull'aerazione, viene prodotto il calore per il riscaldamento a pavimento e per l'acqua calda sanitaria. Dal lato dell'aerazione sono possibili diversi tipi di funzionamento. Pertanto la portata d'espulsione varia a dipendenza del fabbisogno. È inoltre possibile il collegamento ad un impianto solare.

Da osservare in particolare

- Le indicazioni del fabbricante dell'apparecchio compatto
- La portata dell'aria esterna rispettivamente dell'espulsione attraverso la pompa di calore deve essere adattata alla potenza della pompa di calore, in modo che sia possibile rinunciare ad un riscaldamento addizionale.

Autori

Peter Kunz, Kunz-Beratungen, Dietlikon (direzione progetto)

Prof. Dr. Thomas Afjei, Fachhochschule Nordwestschweiz,
Institut für Energie am Bau, Muttenz

Prof. Werner Betschart, Hochschule Luzern – Technik und
Architektur, Horw

Peter Hubacher, Hubacher Engineering, Engelburg

Rolf Löhner, Scheco AG, Winterthur

Andreas Müller, Müller + Pletscher AG, Winterthur

Vladimir Prochaska, Hochschule Luzern – Technik und
Architektur, Horw

Accompagnamento del progetto

Fabrice Rognon, responsabile del settore pompe di calore,
cogenerazione, refrigerazione, Ufficio federale dell'energia UFE

Daniel Brunner, responsabile del settore della formazione di
base e continua, Ufficio federale dell'energia UFE



**Gruppo promozionale svizzero
per le pompe di calore GSP**

**Centro d'informazione per le pompe
di calore**

c/o SUPSI-DACD

Istituto di sostenibilità applicata
all'ambiente costruito (ISAAC)

Trevano

Casella postale 105

6952 Canobbio

Tel. 058 666 63 22

Fax 058 666 63 49

E-Mail: gsp-si@supsi.ch



Ufficio federale dell'energia UFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen, Indirizzo postale: 3003 Berna
Telefono 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00
contact@bfe.admin.ch, www.bfe.admin.ch