

GIORNATA DI STUDIO SULLA POMPA DI CALORE

La pompa di calore, aspetti fisico-tecnici

Arturo Romer (*)

Definizione e generalità

La pompa di calore è una macchina in grado di trasferire calore da un corpo a temperatura più bassa ad un corpo a temperatura più alta. Tale processo è inverso rispetto a quello che avviene naturalmente in natura ed è dovuto al fatto che viene fornita energia elettrica alla macchina che "pompa calore". Il principio di funzionamento che sta alla base della pompa di calore è un ciclo termodinamico inverso, analogo a quello che sta alla base di un comune frigorifero. Nel caso in cui l'unico interesse sia quello di riscaldare un dato ambiente, la pompa si dice "irreversibile"; nel caso in cui si abbia sia l'interesse a riscaldare (ad esempio durante l'inverno) che a raffreddare (ad esempio, durante l'estate), la pompa si dice "reversibile".

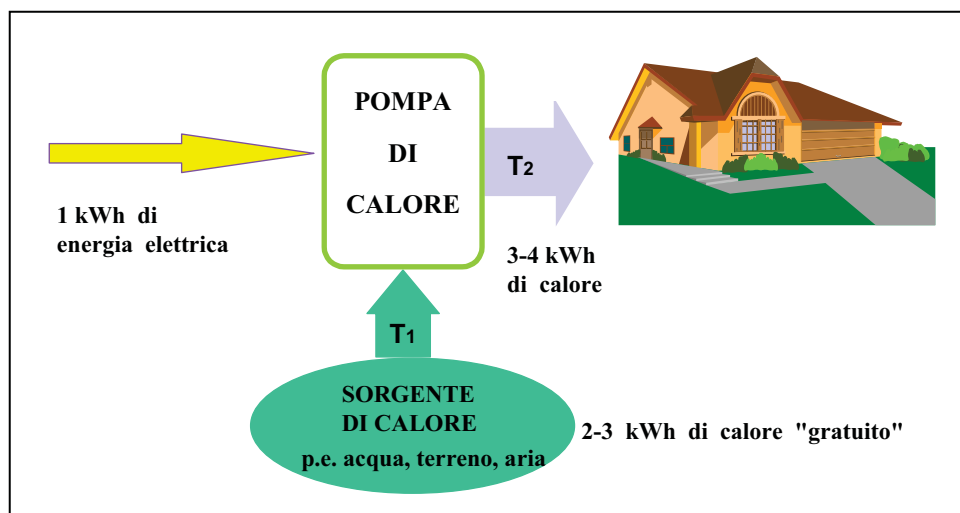


Fig. 1: La pompa di calore

L'efficienza di una pompa di calore è rappresentata dal coefficiente di prestazione COP, inteso come rapporto tra l'energia termica resa al corpo da riscaldare e l'energia elettrica consumata perché possa avvenire il trasporto di calore medesimo. Un valore di COP tipico di un sistema piuttosto efficiente, può essere considerato pari a 3 (valori normali sono compresi tra 2,5 e 3,5): ciò significa che per ogni kWh di energia elettrica consumato, la pompa di calore renderà 3 kWh d'energia termica all'ambiente da riscaldare. Ovviamente, in una corretta valutazione, andrà tenuta presente la tipologia di fonte energetica

impiegata per la generazione elettrica e l'intera catena di produzione, trasporto e distribuzione dell'energia elettrica medesima.

Ciclo termodinamico

La pompa di calore è costituita da un circuito chiuso (costituito da un compressore, un condensatore, una valvola di espansione ed un evaporatore) percorso dal fluido frigorifero (come R-134a, R-32, R-125, R-507, NH₃, CO₂, ecc.)

Se la pompa di calore è a ciclo invertibile, è ulteriormente equipaggiata con una valvola di inversione del ciclo.

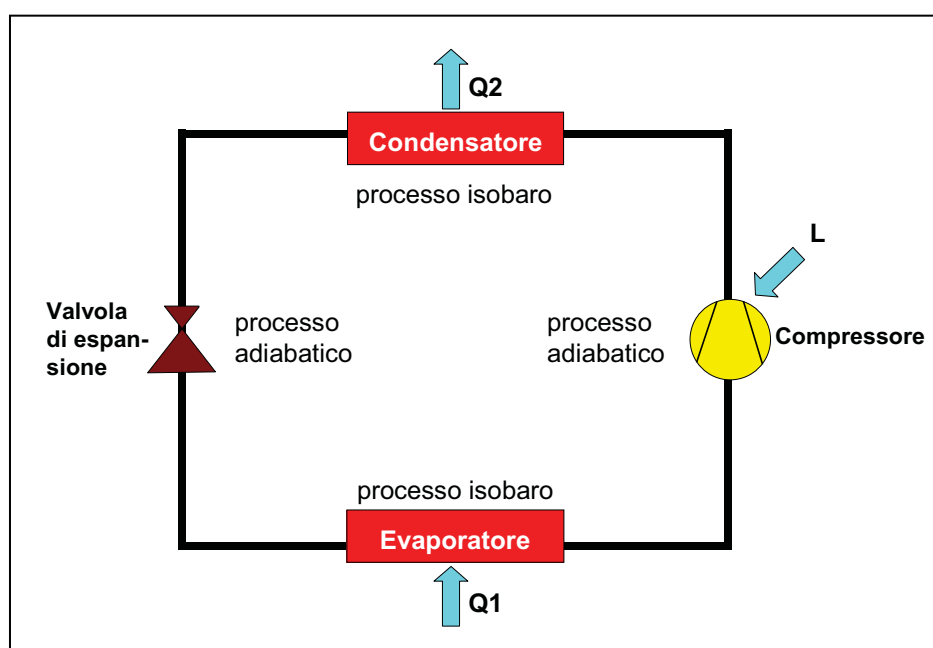


Fig. 2 Il ciclo termodinamico della pompa di calore

Il ciclo termodinamico che il fluido frigorifero subisce consiste in una compressione adiabatica, una fase di condensazione, una fase di espansione e una di evaporazione. Durante la compressione il fluido frigorifero aumenta di pressione e di temperatura; nella seconda fase attraversa uno scambiatore (condensatore) nel quale viene a contatto con acqua o aria cedendo, in tal modo, calore. L'acqua o l'aria sono utilizzate come fluido vettore per il riscaldamento di locali o acqua sanitaria. Nella terza fase il fluido frigorifero attraversa una valvola di espansione (processo di laminazione) con conseguente riduzione di pressione e di temperatura. Nella fase 4, detta di evaporazione, viene utilizzato il passaggio di stato da liquido a vapore: il fluido frigorifero si trova a temperature molto basse, tali da permettergli di assorbire calore dal fluido vettore esterno che asporta energia. La tabella 1 riassume quanto accennato; la figura 2 riporta lo schema di funzionamento della pompa di calore.

Fase	Nome fase	Processo
1	Compressione	Il fluido di lavoro viene portato ad alta pressione e si riscalda, assorbendo calore (mediante passaggio da energia meccanica a energia termica)
2	Condensazione	Il fluido di lavoro passando dallo stato di vapore a quello di liquido cede il calore assorbito al fluido vettore
3	Espansione	Il fluido di lavoro abbassa la propria pressione e temperatura
4	Evaporazione	Il fluido di lavoro assorbe calore dall'esterno ed evapora

Tabella 1: Le quattro fasi del ciclo termodinamico di una pompa di calore
Prestazioni e applicazioni

In base a quanto affermato nel paragrafo precedente, durante il funzionamento della pompa di calore si hanno: un consumo di energia elettrica nel compressore, un assorbimento di calore dall'ambiente circostante nell'evaporatore ed una cessione di calore all'ambiente da riscaldare nel condensatore. Il vantaggio dell'impiego della pompa di calore sta nel fatto che tale sistema consente di fornire più energia (sotto forma di calore, forma di energia poco pregiata) di quella elettrica (forma di energia pregiata) necessaria al funzionamento.

L'ambiente da cui si estrae calore è la sorgente fredda. Le principali sorgenti fredde sono aria, acqua e terreno. Il fluido vettore da scaldare è detto pozzo caldo; generalmente si tratta di acqua o aria. Nel condensatore il fluido frigorifero cede al pozzo caldo sia il calore prelevato dalla sorgente che l'energia fornita dal compressore. Il calore può poi essere ceduto all'ambiente mediante ventilatori convettori, serpentine inserite nel pavimento, canalizzazioni per il trasferimento del calore ai diversi locali.

In base alla sorgente fredda e al pozzo caldo utilizzato le pompe di calore possono essere: aria – acqua, aria – aria, acqua – acqua, acqua – aria e terra – acqua..

L'aria, come sorgente fredda, ha il vantaggio di essere disponibile ovunque, tuttavia la potenza resa dalla pompa di calore diminuisce con la temperatura della sorgente. Più vantaggioso è l'impiego dell'aria "viziata" come sorgente fredda (l'aria viene estratta e ne viene sfruttato il contenuto di calore, invece di essere semplicemente "cambiata" e dispersa nell'ambiente).

L'acqua (di falda, di fiume o di lago; oppure accumulata in serbatoi e riscaldata da collettori solari) svincola maggiormente il sistema dalle condizioni climatiche esterne.

Il terreno può essere considerato quasi una sorgente a temperatura costante (in profondità), ma richiede soluzioni impiantistiche più complesse e costose.

Le applicazioni della pompa di calore maggiormente note sono il riscaldamento di ambienti e di acqua sanitaria e climatizzazione degli ambienti (in alternativa ai sistemi con-

venzionali caldaia + refrigeratore). L'applicazione della pompa di calore alla climatizzazione (riscaldamento + raffreddamento) è quella più conveniente, in quanto comporta un minor tempo di ammortamento del costo dell'impianto.

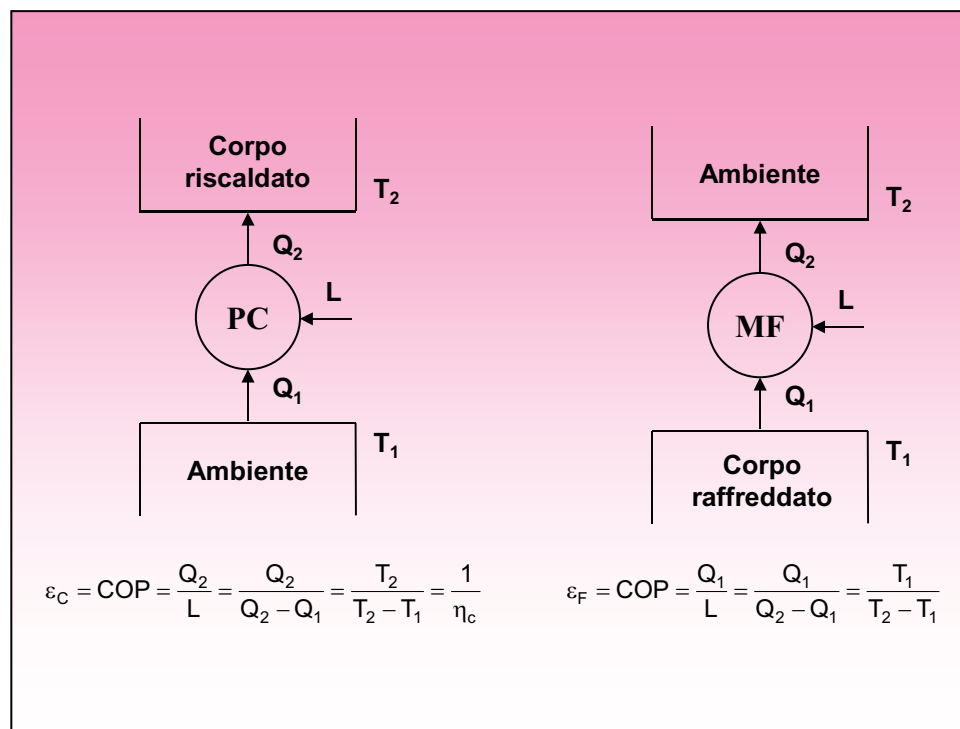


Fig. 3 La produzione di caldo e di freddo mediante la pompa di calore

Tipica è l'applicazione nella casa Minergie (a basso consumo energetico), accompagnata da accorgimenti quali: sfruttamento dell'energia solare mediante sistemi di tipo passivo, ventilazione controllata dell'edificio, isolamento termico ed, eventualmente, impianto solare.

Un'altra esperienza vantaggiosa di applicazione della pompa di calore è rappresentata dalle piscine, dove il COP risulta essere molto elevato (minor differenza tra temperatura di evaporazione e condensazione).

In Svizzera si calcola un numero di installazioni pari a 7000 nel 1999, contro le 3000 del 1993, grazie anche al programma federale ENERGIA 2000 (IEA Heat pump newsletter, vol 17, n°4/1999). Un incremento si è avuto anche in altri Paesi tecnologicamente avanzati come USA, Giappone, Norvegia, Francia, Austria etc.

Diverse sono le ricerche in atto, tese a migliorare le prestazioni ambientali della pompa di calore mediante l'impiego di fluidi refrigeranti a minor impatto e di sistemi ad elevato COP.

Vantaggi e svantaggi

Vantaggi

Il vantaggio più evidente è che si tratta di un sistema intrinsecamente efficiente.

Ciò ha dirette ripercussioni anche sull'ammortamento del costo di installazione e sulla bolletta del consumatore; alcuni dati di letteratura mostrano infatti un costo specifico medio per unità di calore prodotto pari alla metà di quello di un impianto tradizionale con caldaia a gasolio e 2/3 di quello di un impianto tradizionale con caldaia a metano.

Inoltre, l'impiego della pompa di calore può consentire lo sfruttamento di quote di energia altrimenti perse, come nel caso del recupero di calore di scarto da processi produttivi industriali.

Infine, tale sistema consente anche una facile e vantaggiosa integrazione con altre fonti rinnovabili.

Svantaggi

Gli svantaggi sono per la maggior parte dipendenti dalle scelte; un'analisi completa delle potenzialità applicative dovrebbe bastare ad evitare scelte poco efficienti.

Ad esempio, se come sorgente viene usata l'aria esterna, vanno esclusi i luoghi dove la temperatura scende al di sotto degli 0°C, a meno di usare un sistema di tipo bivalente con caldaia ausiliaria in grado di coprire in fabbisogno di energia quando la temperatura scende al di sotto degli 0°C.

Nel caso l'energia elettrica impiegata sia prodotta a partire da fonti fossili, dal punto di vista ambientale il sistema risulta meno efficace.

Nel caso dell' impiego per solo riscaldamento di acqua sanitaria o ambienti, vanno attentamente valutati gli aspetti economici rispetto ai sistemi tradizionali quali caldaie e scaldabagni elettrici o a gas, anche alla luce degli incentivi variabili da Paese a Paese.

Siti Internet:

www.pac.ch

www.fws.ch

www.heatpumpcentre.org

www.waermepumpe.ch/hpc

www.waermepumpe.ch/fe

www.ehpa.org

* Prof. Dr. Arturo Romer, Direttore Elettricità Svizzera Italiana