

Il Raffrescamento estivo utilizzando le macchine ad assorbimento

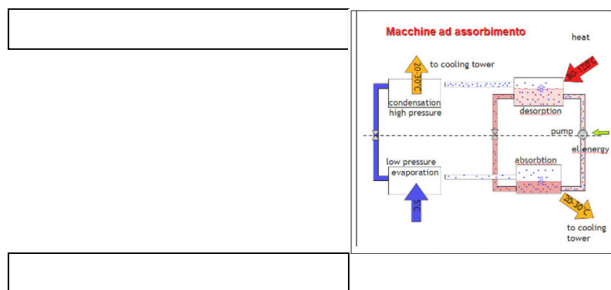
Un'interessante possibilità di sfruttamento dell'energia solare ai fini del raffrescamento degli edifici ([solar cooling](#)) è fornita dall'utilizzo di pannelli solari accoppiati a macchine frigorifere ad assorbimento . Queste macchine non funzionano

secondo il tradizionale ciclo a compressione di vapore, ma utilizzano l'energia termica prodotta dal campo solare (ed eventualmente da una caldaia di integrazione)

per realizzare un ciclo termodinamico

che sfrutta le capacità assorbenti di alcune soluzioni acquose. In particolare, le macchine ad assorbimento lavorano secondo sistemi a ciclo chiuso, alimentate da acqua calda o vapore con produzione di acqua refrigerata da impiegare direttamente nelle unità di trattamento degli impianti di condizionamento ad aria (raffreddamento, deumidificazione nelle batterie dell'impianto) o distribuita attraverso una rete di tubazioni ai terminali decentralizzati nei vari locali da climatizzare (ad esempio, fan coil).

Nelle **macchine frigorifere ad assorbimento il compressore elettromeccanico è sostituito da una fonte di calore** ad alta temperatura e da una miscela binaria di fluidi, tipicamente una soluzione di acqua e bromuro di litio (H₂O-BrLi), oppure ammoniacale ed acqua (NH₃- H₂O): la prima delle due sostanze della miscela si comporta come fluido refrigerante e la seconda come solvente, in cui il refrigerante è disciolto in concentrazione più o meno elevata a seconda del punto dell'impianto.



Fi	g.1 -	Schema qualitativo del funzionamento di una macchina (Pompe di calore ad assorbimento acqua ammoniacale)
-----------	--------------	--

La fig. 1 illustra il principio di funzionamento di una macchina frigorifera ad assorbimento.

L'effetto frigorifero si basa sull'evaporazione del refrigerante all'interno dell'evaporatore a una pressione molto bassa. Il refrigerante evaporato è assorbito nell'assorbitore, diluendo la soluzione.

Per rendere efficiente il processo di assorbimento, **la soluzione diluita deve essere raffreddata**. La soluzione è continuamente pompata nel generatore, all'interno del quale è rigenerata attraverso la fornitura di calore (ad esempio, con acqua calda). Il refrigerante che esce dal generatore è condensato attraverso acqua di raffreddamento e da qui ritorna all'evaporatore passando attraverso una valvola di espansione. Le potenze frigorifere tipiche delle macchine ad assorbimento sono dell'ordine di parecchie centinaia di kW

Le macchine tradizionali ad Acqua-Ammoniaca, da poco prese in considerazione per il Solar Cooling, hanno un COP frigorifero $\sim 0.6/0.7$ e richiedono temperature di funzionamento di circa 190°C , ottenibili con pannelli solari a concentrazione (pannelli parabolici a inseguimento solare).

Quelle di nuova concezione invece possono richiedere temperature di azionamento minori a vantaggio del costo e dell'efficienza dei pannelli solari. I vantaggi aggiuntivi di queste macchine consistono nel poter funzionare **senza bisogno di torri evaporative**, e soprattutto nella **reversibilità del funzionamento**, potendo funzionare anche per il riscaldamento invernale con un risparmio di combustibile pari a circa il 50% rispetto alle caldaie tradizionali ad alta efficienza, in assenza di sole.

Progettazione e realizzazione del prototipo ENEA

L'ENEA ha progettato e realizzato un prototipo di pompa ad assorbimento

acqua-ammoniaca caratterizzato da basse temperature ($\sim 100^{\circ}\text{C}$) di funzionamento (in modo da poter utilizzare dei pannelli solari a tubi evacuati) e dalla possibilità di funzionamento reversibile (pompa di calore invernale). Ovviamente questo tipo di soluzione penalizza i valori del COP raggiungibile. Questo parametro è sicuramente meno importante con fonti energetiche gratuite, ma è comunque indicativo della superficie del campo solare da installare e quindi incide sul costo di investimento complessivo.

I principali elementi della macchina ad assorbimento ad Acqua-Ammoniaca sono il generatore di vapore con annessa colonna di rettifica per l'ammoniaca, una pompa ad alta prevalenza, detta pompa della soluzione ricca, e gli scambiatori di calore. La scelta del ciclo termodinamico è fondamentale per ottenere le migliori prestazioni in base alle specifiche di funzionamento.

Dopo un'accurata valutazione dei possibili cicli termodinamici e schemi impiantistici adottabili si è deciso di **adottare una temperatura di funzionamento di progetto di 90°** , in modo da contenere la portata della pompa della soluzione ricca, che costituisce l'elemento più costoso della macchina.

Le specifiche del funzionamento del prototipo finale possono essere così riassunte:

Ciclo:		Assorbimento ad Acqua-Ammoniaca
Tipo:	Acqua-Acqua	
Potenza frigorifera:	18 kW	
Potenza riscaldante:	47 kW	
Potenza alimentazione:	29 kW	
Temp. Acqua fredda:	12-7 $^{\circ}\text{C}$	
Temp. Acqua calda:	31-35 $^{\circ}\text{C}$	
Temp. Acqua di alimentazione:	10-15 $^{\circ}\text{C}$	

COP frigorifero: 0.62
GUE pompa di calore: 1.46

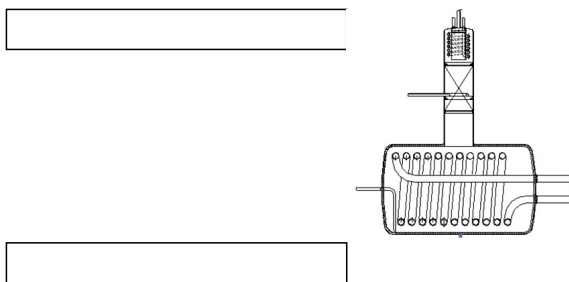
Per raggiungere tale risultato si è tuttavia dovuto accettare sia **l'uso della torre evaporativa**, che è comunque presente negli impianti di Solar Cooling attuali, sia **l'impiego di distributori a bassa temperatura** (pavimenti radianti) compatibili con questo tipo di applicazioni avanzate per il condizionamento dell' aria.

La macchina risulterà dunque maggiormente compatibile con le nuove costruzioni ad alta efficienza energetica, in sintonia con l'innovatività della tecnologia del [Solar Cooling](#) .

I componenti principali

Il generatore di vapori di ammoniacca (fig. 2) è costituito da un serbatoio orizzontale di fondo che contiene un ribollitore a tubo elicoidale per ricevere il calore dall' acqua calda prodotta dal campo solare, da una colonna di distillazione a riempimento, da un deflemmatore a tubo elicoidale incorporato nella testa, che permettono di raggiungere concentrazioni molto elevate di ammoniacca in uscita (99 %).

Le specifiche di funzionamento di questo componente prevedono una temperatura di alimentazione acqua calda al ribollitore di 100°C (delta 5°C), una pressione di funzionamento di 13.8 bar, una concentrazione di uscita dal fondo colonna (sol. povera) del 41.7 % e una concentrazione alimentazione in colonna (sol. ricca) del 48.7 %.

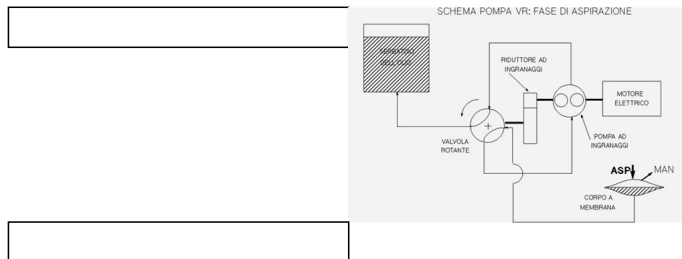


Fi	g.2 -	Generatore di vapori di ammoniacale
(Pompe di calore ad assorbimento acqua ammoniacale)		

La pompa della soluzione ricca (fig.3) è il componente più complesso e critico della macchina: si tratta di una pompa volumetrica a bassa portata ed alta prevalenza, capace di pompare liquidi aggressivi in condizioni di saturazione.

L' ENEA ha sviluppato una serie di brevetti su dispositivi idonei

, composti da circuiti oleodinamici, sulla base dei quali è stata affidata a ditte specializzate la costruzione su disegno dell'esemplare da installare sul prototipo.



Fi	g.3 -	Schema pompa della soluzione ricca ENEA (Pompe di calore ad assorbimento acqua ammoniacale)
-----------	--------------	--

La pompa ENEA, denominata VR (valvola rotante), è composta da un serbatoio di olio, da un motoriduttore, da una pompa ad ingranaggi, da una valvola rotante e da una testa pompante a membrana: la valvola inverte ciclicamente un flusso di olio tra il serbatoio e la testa pompante a membrana, creando un movimento alternativo simile a quello delle pompe alternative con cinematismo pistone biella e manovella. La testa a membrana contiene un dispositivo di aspirazione che le consente di trattare anche fluidi sul punto di saturazione, come richiesto dalla macchina ad assorbimento.