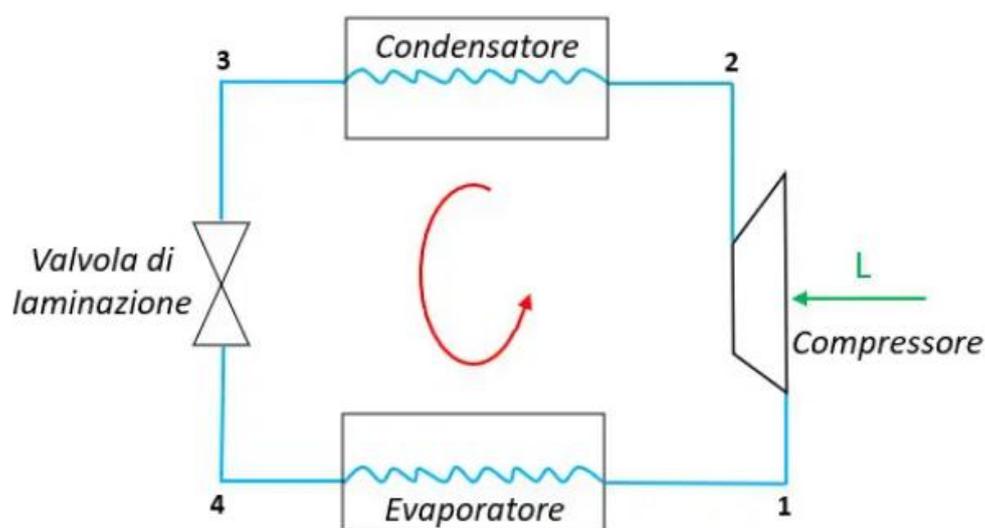


Il funzionamento della macchina frigorifera/pompa di calore si basa sul passaggio di fase di un fluido refrigerante all'interno di un ciclo di Carnot che, in parte dei casi, è invertibile. L'inversione del ciclo permette il duplice funzionamento del sistema, pompa di calore in inverno (riscaldamento) e macchina frigorifera in estate (raffrescamento).

Il circuito è costituito da quattro elementi:

- Evaporatore
- Compressore (alimentato da motore elettrico o a gas)
- Condensatore
- Valvola di laminazione



Partendo dall'evaporatore il fluido refrigerante si trova nella fase di vapore saturo (4), in questa sede viene sottratto calore, il fluido evapora e passa nella condizione di vapore saturo secco (1); successivamente attraversa il compressore e si comprime, la pressione aumenta e il fluido passa nelle condizioni di vapore surriscaldato (2).

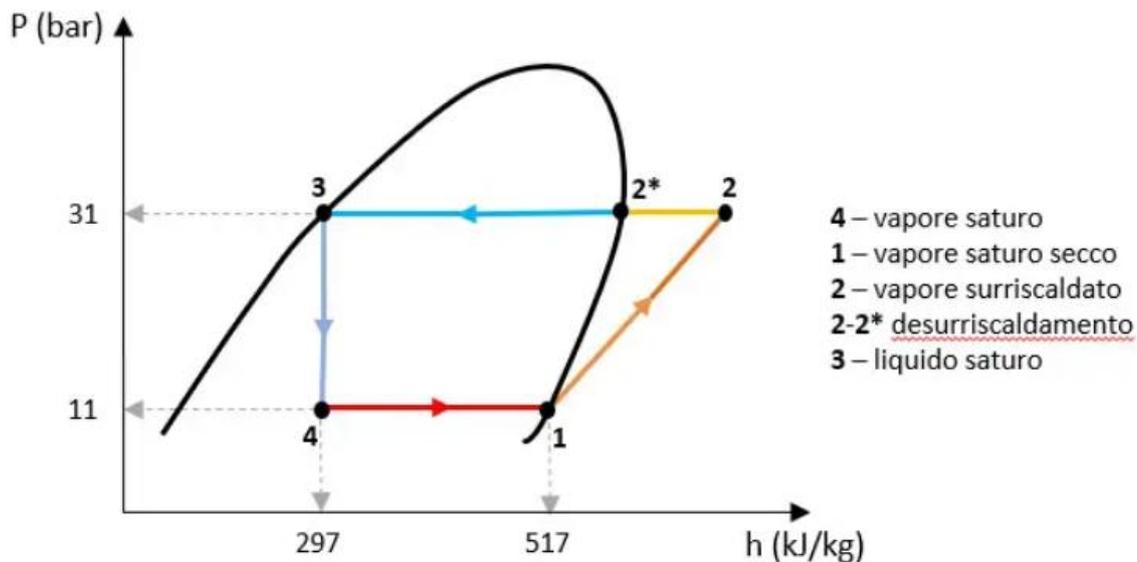
Nello step successivo, al condensatore prima si desurriscalda e poi condensa in quanto il calore accumulato deve essere ceduto; condensando passa nella fase di liquido saturo (3).

Infine, attraversa la valvola di laminazione e si espande, la pressione diminuisce e torna nelle condizioni di vapore saturo (4) affinché possa ricominciare il ciclo.

Essendo il ciclo invertibile, nel caso di funzionamento da macchina frigorifera l'effetto utile si ha all'evaporatore (elemento interno) in quanto il fluido refrigerante sottrae calore all'aria del locale o all'acqua di mandata ai corpi scaldanti e lo smaltisce al condensatore (elemento esterno); nel caso di pompa di calore si ha l'effetto utile al condensatore (elemento interno) in quanto il calore sottratto all'evaporatore (elemento esterno) viene ceduto al locale o all'acqua attraverso il condensatore.

Solitamente, come fluido refrigerante si utilizza l'R32 che alla pressione atmosferica evapora alla temperatura di circa -52°C ; tuttavia, essendo una temperatura troppo bassa per la climatizzazione estiva, all'interno del sistema il fluido lavorerà ad una pressione maggiore di quella atmosferica cosicché la temperatura di ebollizione si riduca.

Si riporta il grafico pressione P-entalpia h dell'R32:



Fissando la pressione a 11 bar, l'R32 evapora alla temperatura di circa 10°C, portando poi la pressione a 31 bar condensa alla temperatura di circa 50°C.

Le macchine frigorifere/pompe di calore possono essere di vario tipo a seconda delle sorgenti cui attingono e cedono il calore (aria, acqua, terreno):

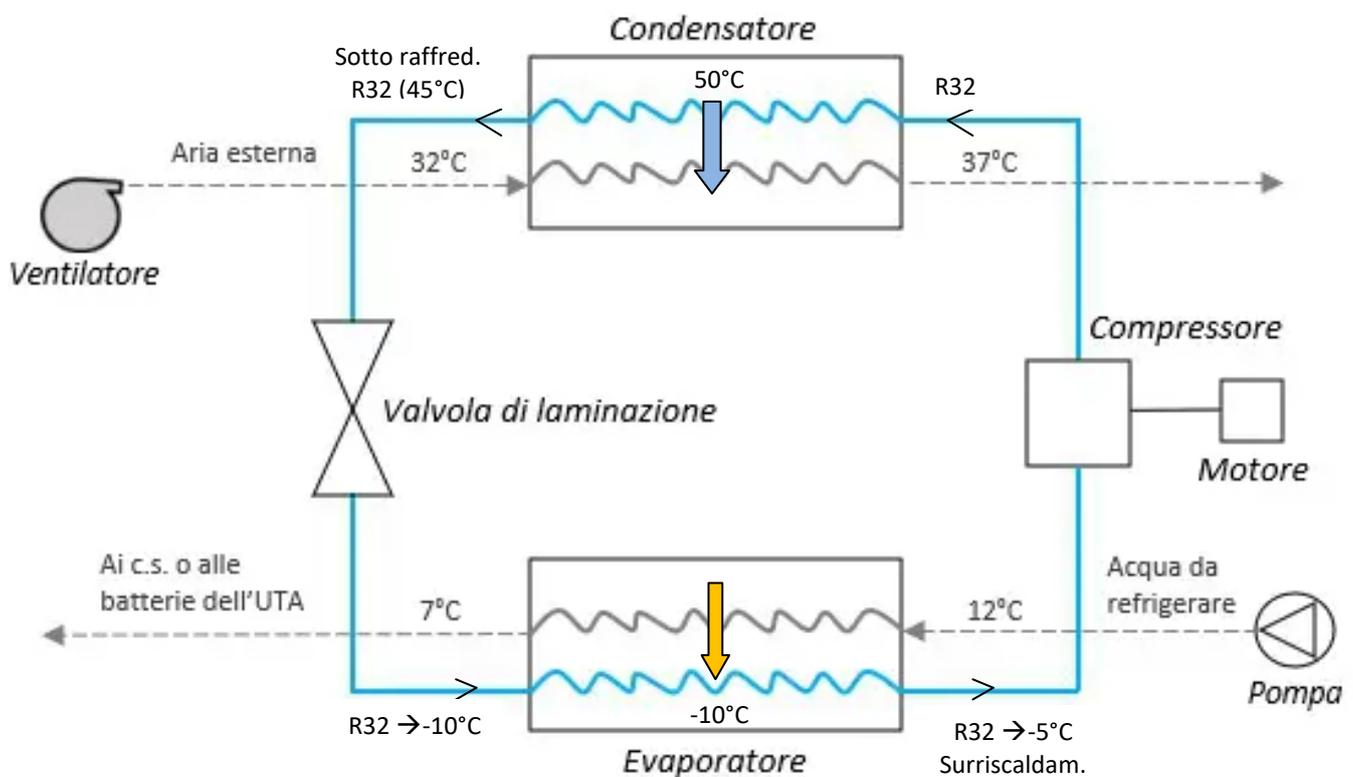
- Macchina frigorifera/pompa di calore aria – aria: evaporazione ad aria e condensazione ad aria;
- Macchina frigorifera/pompa di calore acqua-aria/aria-acqua: macchina frigorifera con evaporazione ad acqua e condensazione ad aria, ovvero pompa di calore con condensazione ad acqua ed evaporazione ad aria;
- Macchina frigorifera/pompa di calore acqua-acqua: evaporazione ad acqua e condensazione ad acqua;
- Macchina frigorifera/pompa di calore geotermica: macchina frigorifera con evaporazione ad acqua e condensazione al terreno, ovvero pompa di calore con evaporazione al terreno e condensazione ad acqua.

CHILLER: MACCHINA FRIGORIFERA ACQUA – ARIA

La macchina frigorifera/pompa di calore acqua-aria/ aria-acqua utilizza l'acqua di mandata ai corpi scaldanti (fan-coil) o alle batterie dell'unità di trattamento dell'aria come sorgente fredda in estate e calda in inverno; l'effetto utile quindi non si ha più sull'aria del locale come nel caso precedente, ma sull'acqua che indirettamente riscalda o raffresca il locale.

Nel funzionamento da macchina frigorifera si ha evaporazione ad acqua e condensazione ad aria, ovvero il fluido refrigerante evapora sottraendo calore all'acqua e condensa poi smaltendo il calore accumulato all'aria esterna.

Questa tipologia di macchina frigorifera è definita **chiller** o **refrigeratore d'acqua** e viene usata di solito per impianti di climatizzazione centralizzati. In questo caso è presente una pompa che spinge l'acqua da refrigerare mediante tubazioni; il fluido refrigerante all'evaporatore sottrae calore all'acqua che passa da 12°C a 7°C e viene mandata ai fan-coil o alle batterie dell'UTA. Successivamente al condensatore il fluido refrigerante condensa cedendo calore all'aria esterna, spinta all'interno dello scambiatore da un ventilatore, che si riscalda e passa da circa 32°C a 37°C.



$$EER_{rev} = \frac{Q_B}{L_{rev}} = \frac{T_B}{T_A - T_B} = \frac{\text{TEMPERATURA ACQUA REFRIGERATA}}{\text{TEMPERATURA ARIA ESTERNA} - \text{TEMPERATURA ACQUA REFRIGERATA}}$$

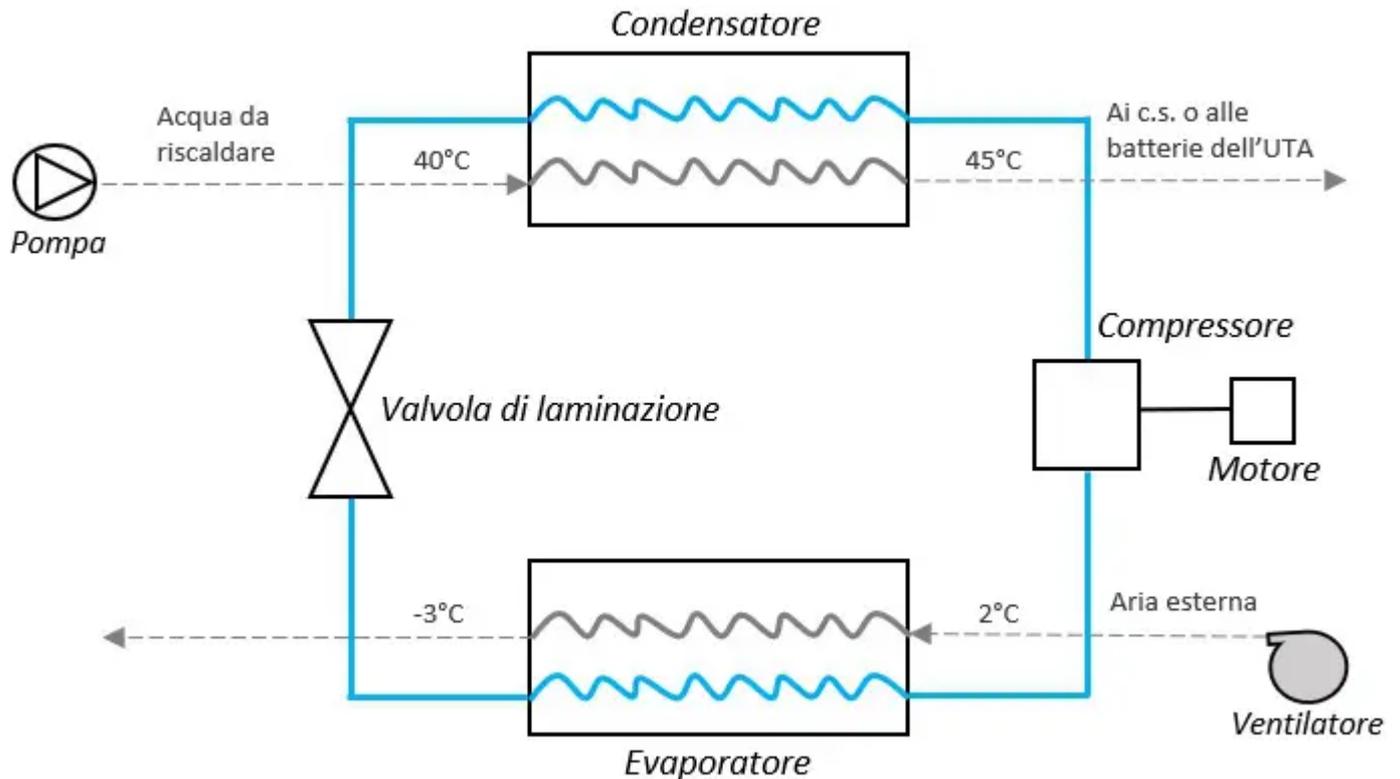
L'impianto in esame generalmente garantisce sempre il funzionamento estivo da macchina frigorifera; talvolta funziona anche da pompa di calore in regime invernale.

In tal caso l'effetto utile è al condensatore in quanto l'acqua di mandata ai corpi scaldanti (fan-coil) o alle batterie dell'UTA deve essere riscaldata.

La pompa preleva l'acqua di ritorno dai corpi scaldanti o dalle batterie dell'UTA, che attraversando il condensatore si riscalda passando da 40°C-45°C a 45°C-50°C per essere poi rimandata all'impianto.

In regime invernale il livello termico raggiunto dall'acqua sconsiglia l'impiego di radiatori come corpi scaldanti, che necessiterebbero di acqua più calda (all'incirca 80°C).

Il doppio scambio termico inoltre comporta una temperatura di condensazione più elevata ed una conseguente diminuzione del rispetto al caso di pompa di calore con condensazione ad aria.



$$COP_{rev} = \frac{Q_A}{L_{rev}} = \frac{T_A}{T_A - T_B} = \frac{\text{TEMPERATURA ACQUA CALDA}}{\text{TEMPERATURA ACQUA CALDA} - \text{TEMPERATURA ARIA ESTERNA}}$$

Il COP si riduce all'aumentare della temperatura cui si intende portare l'acqua di mandata e di conseguenza aumenta il consumo energetico della macchina; in alcuni casi diminuisce anche la potenza della macchina che talvolta rischia di andare in blocco.

Per città molto fredde si può usare anche un doppio generatore (sistema IBRIDO = caldaia + pompa di calore) in modo tale che la caldaia entri in funzione solo quando l'aria esterna è molto fredda, cioè quando la temperatura esterna scende al di sotto della soglia di temperatura dalla quale dipende l'efficienza della pompa di calore.

In entrambi i cicli di funzionamento il vantaggio consiste nel non far circolare direttamente negli ambienti il fluido frigorigeno e/o nel consentire un trattamento più preciso dell'aria da immettere in ambiente.