

***IL CIRCUITO FRIGORIFERO
E LE MACCHINE
PER LA CLIMATIZZAZIONE***

Il circuito frigorifero e le macchine per la climatizzazione

Introduzione

Le macchine per la climatizzazione devono soddisfare una fondamentale esigenza umana: devono creare negli ambienti occupati le condizioni ottimali di temperatura e di umidità dell'aria, affinché si possa ottenere un habitat gradevole in cui gli occupanti possano provare quella piacevole sensazione di benessere, che in una semplice parola ormai entrata nell'uso comune si definisce *comfort*.



Questo si ottiene semplicemente trasportando il calore da un ambiente ad un altro: si sottrae calore all'ambiente che si vuole raffrescare (climatizzazione estiva) o si fornisce calore all'ambiente che si vuole riscaldare (climatizzazione invernale). L'ambiente esterno riceverà il calore proveniente dal locale da raffrescare in estate; cederà invece calore al locale da riscaldare in inverno.

La figura seguente mostra il passaggio del calore dal locale da raffrescare all'ambiente esterno (caso climatizzazione estiva).

L'aria del locale da raffrescare cede calore all'unità interna del climatizzatore ed in tal modo si raffredda (e si deumidifica); il calore passa poi all'unità esterna del climatizzatore attraverso le linee del circuito frigorifero; viene infine ceduto all'ambiente esterno attraverso il ventilatore dell'unità esterna. Viene così estratto calore al locale da raffrescare.



In tal modo si riesce a mantenere il locale ad una temperatura di comfort pari a 25°C (e ad una umidità relativa ottimale: U.R. = 50%) pur essendo la temperatura dell'ambiente esterno ad un livello termico superiore (ad esempio a 32°C).

La macchina per la climatizzazione riesce cioè a far compiere ciò che spontaneamente non potrebbe avvenire: costringe il calore “ad andare controcorrente” dall'ambiente meno caldo all'ambiente più caldo¹.

In inverno la macchina riscalderà il locale sottraendo calore all'ambiente esterno e cedendolo all'interno². Notare che anche nel caso invernale la macchina costringe il calore ad andare dall'ambiente più freddo a quello più caldo.

La figura seguente mostra il percorso che il calore compie nel caso invernale.



Climatizzazione invernale (riscaldamento).

Come si può notare, una macchina per la climatizzazione deve essere costituita da due unità da collocarsi nei due ambienti tra i quali si vuole far avvenire il passaggio di calore.

Il fluido che circola all'interno della macchina e al quale è affidato il compito di trasportare il calore da un ambiente all'altro è detto fluido refrigerante (o fluido frigorigeno) ed è un derivato degli idrocarburi opportunamente sintetizzato al fine di renderlo non infiammabile e non tossico.

Abbiamo quindi detto del trasporto del calore da un ambiente ad un altro, operato da una macchina per la climatizzazione; rimane ancora da capire come questo processo avviene, quali sono cioè le leggi che lo regolano e quali sono le parti che compongono la macchina.

¹ Trasportare il calore da un ambiente più caldo ad uno più freddo è cosa assai semplice, visto che è la stessa natura a venirci incontro: come è noto, il calore va spontaneamente nel verso caldo-freddo.

Cosicché in una calda giornata estiva il calore proveniente dall'esterno attraversa le pareti della nostra casa e la riscalda sino a portare la temperatura interna a livelli di assoluto discomfort; viceversa, in una fredda giornata invernale il calore della nostra casa va verso l'esterno e la casa si fa via via più fredda ed inospitale.

Al fine di poter raffrescare la nostra casa in estate e riscaldarla in inverno occorre invertire il processo naturale del trasferimento del calore dalla sorgente più calda alla sorgente più fredda.

Per fare questo occorre quindi andare, per così dire, “contro natura”, visto che il nostro desiderio è quello di prelevare in estate il calore dalla sorgente fredda (la nostra casa) e trasferirlo alla sorgente calda (l'ambiente esterno) e fare l'opposto in inverno, quando la sorgente fredda è l'ambiente esterno e la sorgente calda è la nostra casa da riscaldare.

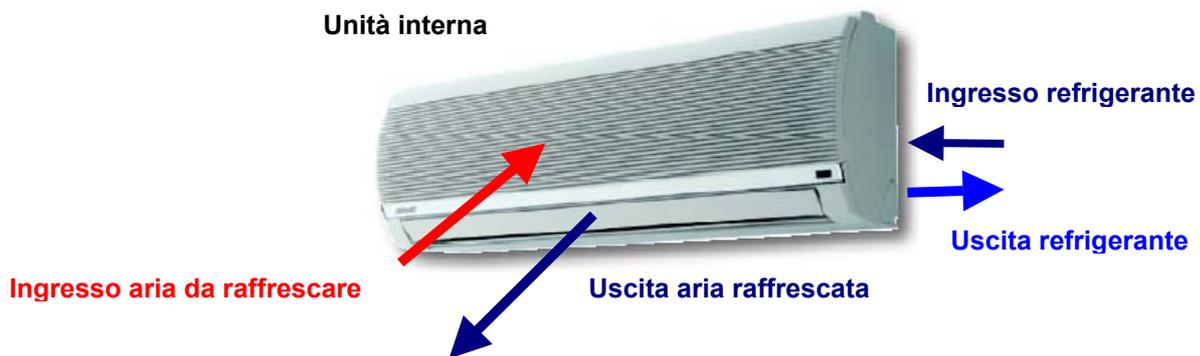
² Solo se dotata di particolari dispositivi la macchina per la climatizzazione può effettuare oltre al raffrescamento estivo anche il riscaldamento invernale. In tal caso la macchina sarà detta “pompa di calore” proprio per il fatto di essere capace di pompare il calore dall'ambiente esterno all'ambiente interno.

Climatizzazione estiva

Prendiamo in esame il caso della climatizzazione estiva e poniamo la nostra attenzione su ciò che avviene all'unità interna della macchina, che si trova nel locale da raffrescare.

L'unità interna deve sottrarre calore all'aria del locale; se l'aria del locale si trova ad esempio ad una temperatura di 25°C , per sottrarre calore all'aria occorre che l'unità interna sia percorsa da un fluido che si trova ad una temperatura certamente inferiore a quella dell'aria.

Il fluido refrigerante deve cioè trovarsi ad una temperatura molto bassa quando percorre l'unità interna (ved. Figura)



L'aria del locale cede calore al refrigerante e così l'aria si raffresca (e si deumidifica).

La climatizzazione dell'aria del locale può avvenire quindi solo se si riesce a portare il fluido refrigerante ad una temperatura molto bassa (nella pratica della tecnica della climatizzazione dell'aria si raggiungono temperature dell'ordine di 0°C).

Impareremo dall'esperienza

Proviamo adesso a costruire una semplice macchina che sia in grado di portare un fluido ad una temperatura inferiore alla temperatura ambiente.

Facciamo riferimento ad una semplice esperienza fatta per caso all'interno del nostro garage. Premendo sulla valvola sgonfiamo la ruota della bicicletta e ci accorgiamo che l'aria che fuoriesce dal tubolare è sensibilmente fredda, al punto da produrre una sensazione di gelo sulle dita.



Abbiamo così individuato un caso in cui con un semplice gesto è possibile ottenere un fluido a temperatura più bassa rispetto all'ambiente circostante.

Per ripetere il fenomeno appena citato è necessario:

- gonfiare la ruota della bicicletta con una pompa;
- aspettare che l'aria immessa dentro la ruota si riporti alla temperatura ambiente (l'aria appena immessa per compressione dentro la ruota è molto calda a causa della compressione subita nel passare dalla pressione ambiente pari ad 1 bar alla pressione interna pari a circa 8 bar che si ha nella camera d'aria);
- Fare fuoriuscire l'aria premendo sulla valvola (l'aria si espande da 8 bar ad 1 bar e quindi si porta ad una temperatura molto più bassa rispetto alla temperatura ambiente).

Per portare a bassa temperatura un fluido qualsiasi occorre quindi:

- Aumentarne la pressione (con una pompa o con un qualsiasi compressore);
- Sottrarne il calore mentre si trova ad alta pressione (come facciamo quando aspettiamo che l'aria calda dentro la ruota si riporti alla temperatura ambiente);
- Farne ridurre repentinamente la pressione facendolo passare attraverso un orificio molto stretto (come avviene quando l'aria compressa fuoriesce dalla ruota attraversando la sottilissima valvola).

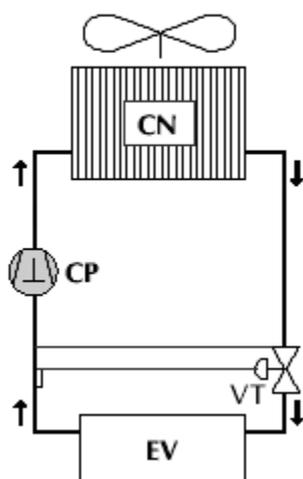
Nelle macchine per il condizionamento dell'aria facciamo compiere ad un fluido (detto fluido refrigerante, fluido frigorifero o fluido frigorifero) un ciclo come quello descritto.

Infatti:

- Il **compressore** comprime il fluido refrigerante, il quale si porta ad alta pressione e ad alta temperatura;
- Il **condensatore** sottrae calore al refrigerante caldo;
- La **valvola di laminazione** provoca la riduzione repentina della pressione del refrigerante il quale diventa molto freddo;
- L'**evaporatore** fornisce calore al refrigerante freddo. Il fluido che in evaporatore entra in scambio termico con il refrigerante viene così raffreddato: se ad esempio si manda l'aria ambiente a scambiare calore con il refrigerante, l'aria si raffresca e si deumidifica. Abbiamo così realizzato una macchina per il condizionamento.

La figura seguente mostra il circuito frigorifero di una macchina per la climatizzazione; si evidenziano i quattro organi principali:

- Compressore (CP);
- Condensatore (CN) (o scambiatore di calore di alta pressione);
- Valvola di laminazione (VT) (o valvola di espansione);
- Evaporatore (EV) (o scambiatore di calore di bassa pressione);



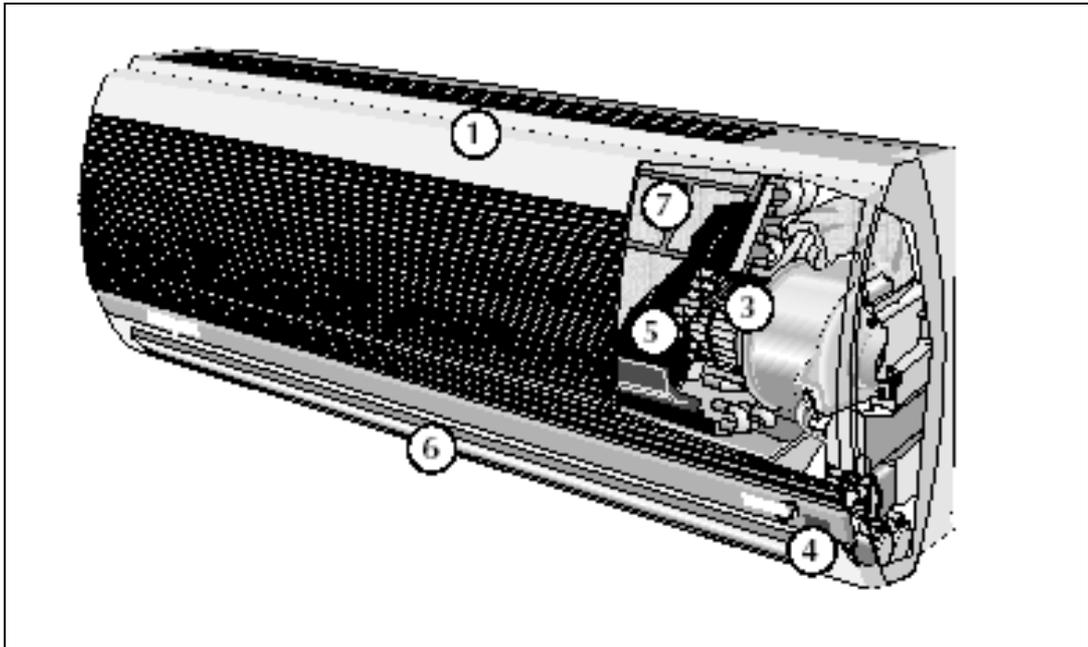
Pensando alla climatizzazione estiva, l'evaporatore –cioè lo scambiatore di calore in cui il refrigerante si trova a bassa temperatura- sottrae calore all'aria ambiente che così si raffredda e si deumidifica.

L'evaporatore è contenuto nell'unità interna del nostro climatizzatore split:



unità interna

La figura seguente mostra uno spaccato in cui si vedono lo scambiatore di calore costituito da un pacco di tubi di rame ed alette di alluminio ed il gruppo motoventilatore che forza l'aria del locale da climatizzare a passare attraverso lo scambiatore; un filtro assicura la protezione dell'evaporatore dalla polvere e la pulizia dell'aria trattata.



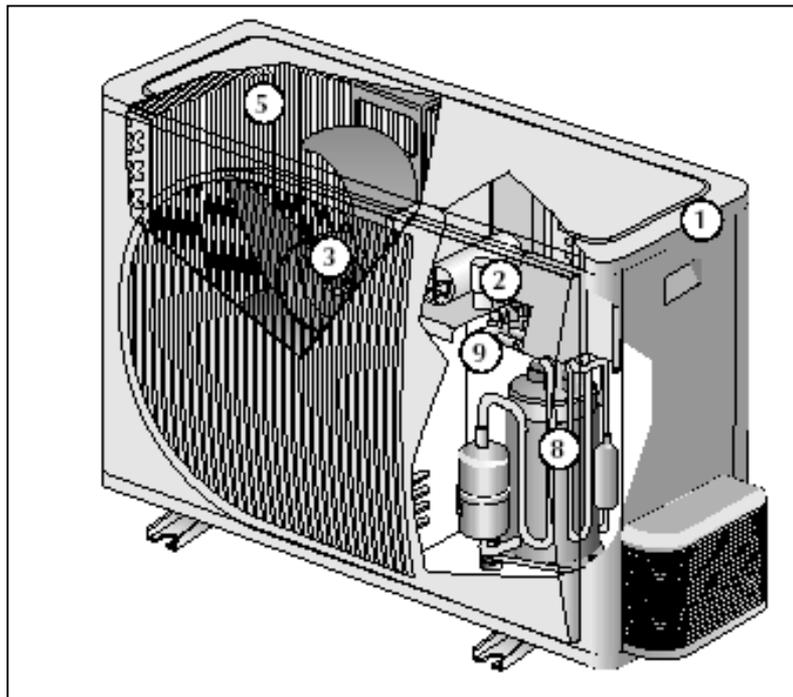
- 1 mobile di copertura;
- 3 gruppo ventilante (motore + ventilatore);
- 4 ricevitore telecomando;
- 5 batteria di scambio termico;
- 6 deflettore mandata aria;
- 7 filtro aria.

Il compressore, il condensatore e l'organo di laminazione si trovano nell'unità esterna del climatizzatore split:



unità esterna

La figura seguente mostra gli organi presenti nell'unità esterna:



- 1 mobile di copertura;
- 2 scheda elettronica di controllo;
- 3 gruppo ventilante (motore + ventilatore);
- 5 batteria di scambio termico;
- 8 compressore

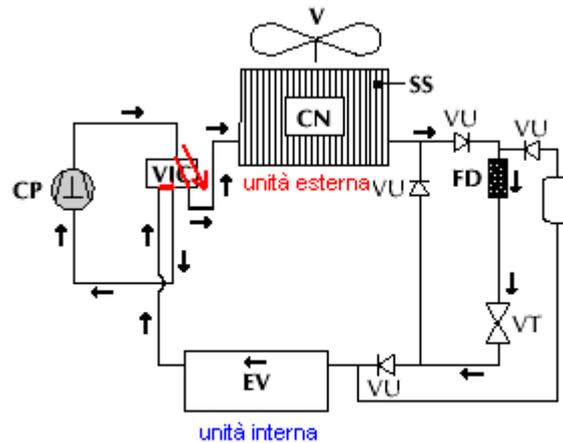
(l'organo di laminazione è costituito da un sottile e lungo tubicino detto capillare).

Pompa di calore e climatizzazione invernale

Una macchina per la climatizzazione può essere convenientemente usata per il riscaldamento invernale; la stessa macchina può fare da climatizzatore invernale (oltre che estivo) semplicemente facendo compiere un percorso diverso al fluido refrigerante.

In estate infatti il fluido caldo che esce dal compressore viene inviato all'unità esterna, posta fuori dal locale da raffrescare; in inverno basterà deviare il flusso del refrigerante caldo uscente dal compressore ed inviarlo all'unità interna: in tal modo riscaldiamo il locale occupato.

Le figure seguenti mostrano i diversi percorsi effettuati dal refrigerante in una pompa di calore nei funzionamenti estivo ed invernale: si noti la valvola a 4 vie, necessaria per far percorrere al refrigerante i due diversi cicli nelle due diverse stagioni:



Climatizzazione estiva³

CP: Compressore

CN: Condensatore

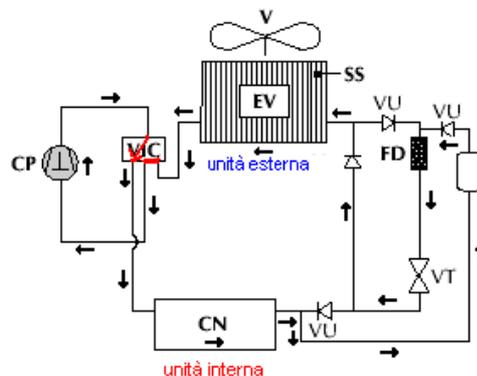
VT: Valvola di laminazione Termostatica

EV: Evaporatore

VIC: Valvola Inversione Ciclo a 4 vie

VU: Valvola unidirezionale (ritegno)

FD: Filtro Deidratare: elimina eventuali tracce di umidità



Climatizzazione invernale⁴

CP: Compressore

CN: Condensatore

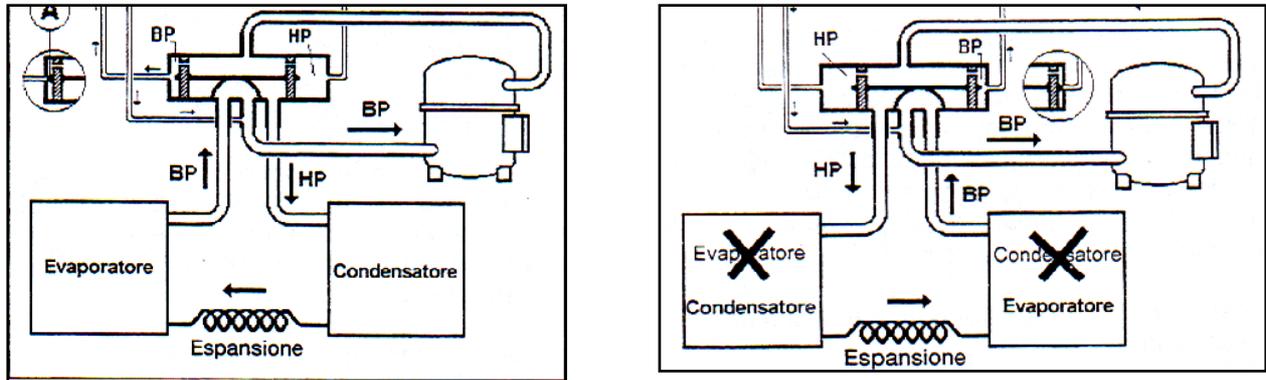
VT: Valvola di laminazione Termostatica

³ **Funzionamento Estivo:** Il fluido refrigerante compresso dal compressore viene indirizzato dalla valvole a 4 vie all'unità esterna (che funge da condensatore) dove rigetta il calore all'ambiente esterno; poi va ad espandersi nella valvola di laminazione a controllo termostatico; il fluido freddo uscente dalla valvola di laminazione va all'unità interna (che funge da evaporatore) e sottrae calore all'aria del locale da raffreddare; poi il fluido torna alla valvola a 4 vie che lo dirige verso il compressore.

⁴ **Funzionamento Invernale:** Il fluido refrigerante compresso dal compressore viene indirizzato dalla valvole a 4 vie all'unità interna (che funge da condensatore) dove fornisce calore all'aria del locale da riscaldare; poi va ad espandersi nella valvola di laminazione a controllo termostatico; il fluido freddo uscente dalla valvola di laminazione va all'unità esterna (che funge da evaporatore) e sottrae calore all'aria dell'ambiente esterno; poi il fluido torna alla valvola a 4 vie che lo dirige verso il compressore.

EV: Evaporatore
 VIC: Valvola Inversione Ciclo a 4 vie
 VU: Valvola unidirezionale (ritegno)
 FD: Filtro Deidratare: elimina eventuali tracce di umidità

La figura seguente mostra più chiaramente la valvola inversione di ciclo nelle due posizioni (notare come i due scambiatori invertono le proprie funzioni):



La figura seguente mostra schematicamente l'unità interna mentre funziona da climatizzatore invernale (riscaldamento del locale):



Teoria e tecnica del circuito frigorifero

Sinora abbiamo visto come nasce una macchina frigorifera e come la macchina può essere applicata alla climatizzazione sia estiva che invernale.

Adesso faremo un salto di qualità ed entreremo nel merito dello studio termodinamico al fine di poter calcolare le grandezze che stanno alla base della scelta del climatizzatore giusto per i diversi impianti.

I fluidi frigorigeni

Il fluido che ha il compito di trasferire il calore da un ambiente all'altro è detto fluido frigorigeno (o fluido frigorifero o fluido refrigerante).

Nel campo della climatizzazione dell'aria il fluido che è stato sempre usato è l'R22⁵; si tratta di un fluido sintetico ottenuto a partire dalla molecola del metano: la sua formula chimica è CHClF₂; (clorodifluorometano) notare che alla molecola di metano (CH₄) sono stati sostituiti tre atomi di idrogeno (H) con due atomi di fluoro (F) ed uno di cloro (Cl); si ottiene così un fluido non tossico, non infiammabile e particolarmente adatto a lavorare nell'ambito delle temperature tipiche della climatizzazione dell'aria.

La presenza del Cloro rende però l'R22 un fluido dannoso per la fascia di ozono stratosferico ed è stato per questo bandito a livello della Comunità Europea: cosicché i produttori di macchine per il condizionamento hanno riprogettato i climatizzatori per funzionare con i nuovi fluidi refrigeranti ecologici a danno zero per l'ozono: R407C ed R410A in testa⁶.

Il ciclo termodinamico del fluido frigorigeno

Per effettuare il trasferimento di calore tra locale da climatizzare ed ambiente esterno il fluido frigorigeno deve eseguire un ciclo termodinamico all'interno del circuito frigorifero della macchina. Nell'attraversare i vari organi che costituiscono la macchina frigorifera (compressore, condensatore, valvola di laminazione ed evaporatore) il fluido cambia ciclicamente le proprie condizioni di:

- Pressione;
- Temperatura;
- Entalpia (ovvero livello energetico);
- Densità;
- Stato fisico (liquido, vapore, ...).

Di notevole importanza è il fatto che il fluido frigorigeno cambi di stato fisico passando ciclicamente dallo stato liquido a quello di vapore: infatti, come è noto dallo studio della termodinamica, quando avviene un passaggio di stato si mettono in gioco grandissime quantità di energia e quindi si possono avere macchine compatte anche per considerevoli potenze termiche in gioco.

Il ciclo termodinamico frigorifero viene tracciato sul cosiddetto "piano termodinamico del frigorista" recante in ascissa l'entalpia del fluido (stato energetico espresso in kJoule al kg) ed in ordinata la pressione (espressa generalmente in MPa: megapascal).

Su tale piano termodinamico per ogni fluido è individuabile la cosiddetta "campana del vapore saturo" che è una curva del piano che delimita il piano stesso in tre zone rispettivamente da sinistra verso destra del fluido allo stato:

- Liquido;
- Miscela liquido-vapore;
- Vapore.

La seguente figura mostra il piano del frigorista e la campana relativa al fluido frigorigeno R407C;

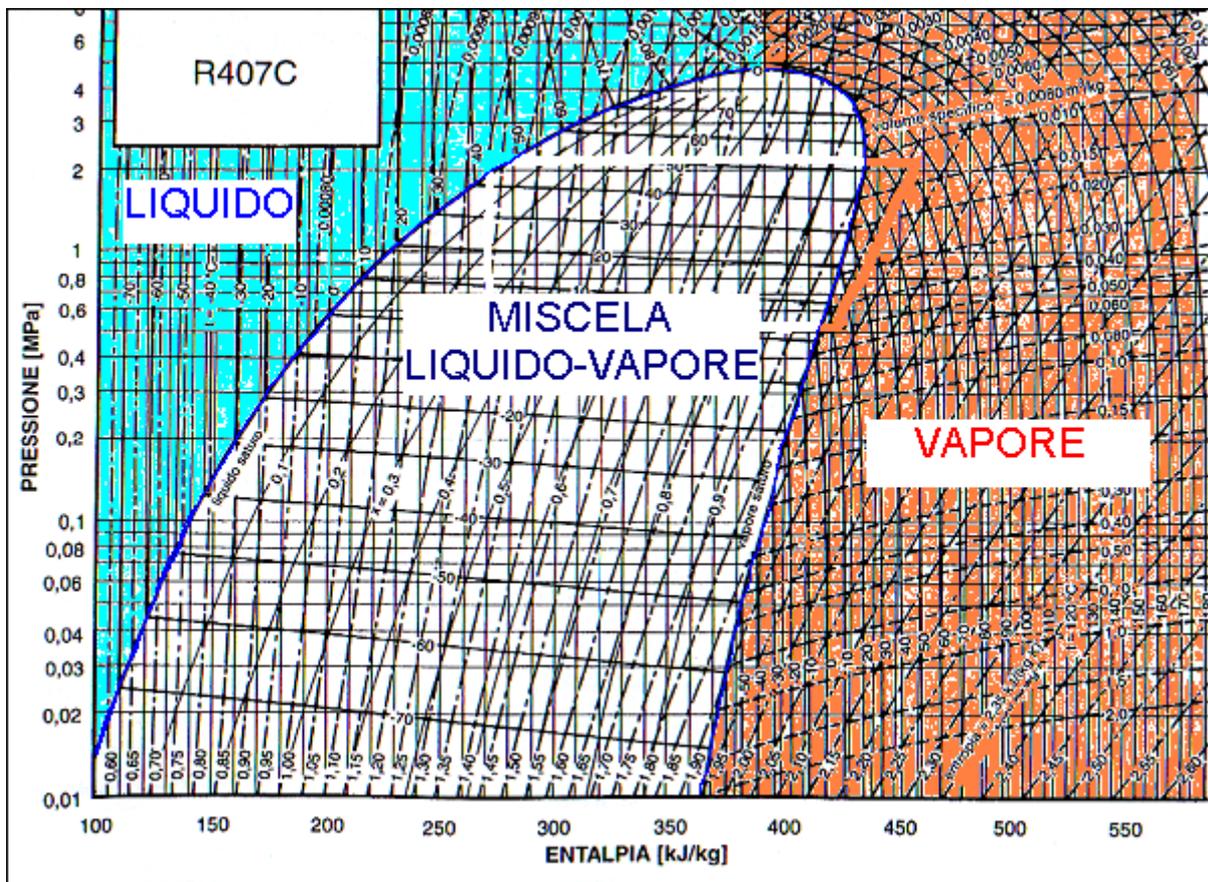
⁵ Nella designazione Standard Internazionale si usa indicare il fluido refrigerante con una lettera R (che sta per Refrigerant) seguita da un codice alfanumerico che definisce univocamente il particolare fluido.

R22 è Clorodifluorometano.

⁶ R407C ed R410A sono due miscele costituite da componenti che non contengono Cloro: non danneggiano pertanto l'ozono.

R407C ed R410A conservano le caratteristiche di non tossicità e di non infiammabilità tipiche dell'R22.

la regione a sinistra della campana rappresenta il fluido allo stato liquido, la regione alla destra della campana rappresenta il fluido allo stato di vapore, mentre l'interno della campana rappresenta il fluido allo stato di miscela liquido-vapore⁷:



Vogliamo adesso evidenziare le varie famiglie di curve presenti sul piano p-h (pressione-entalpia) specificando le grandezze fisiche che esse rappresentano.

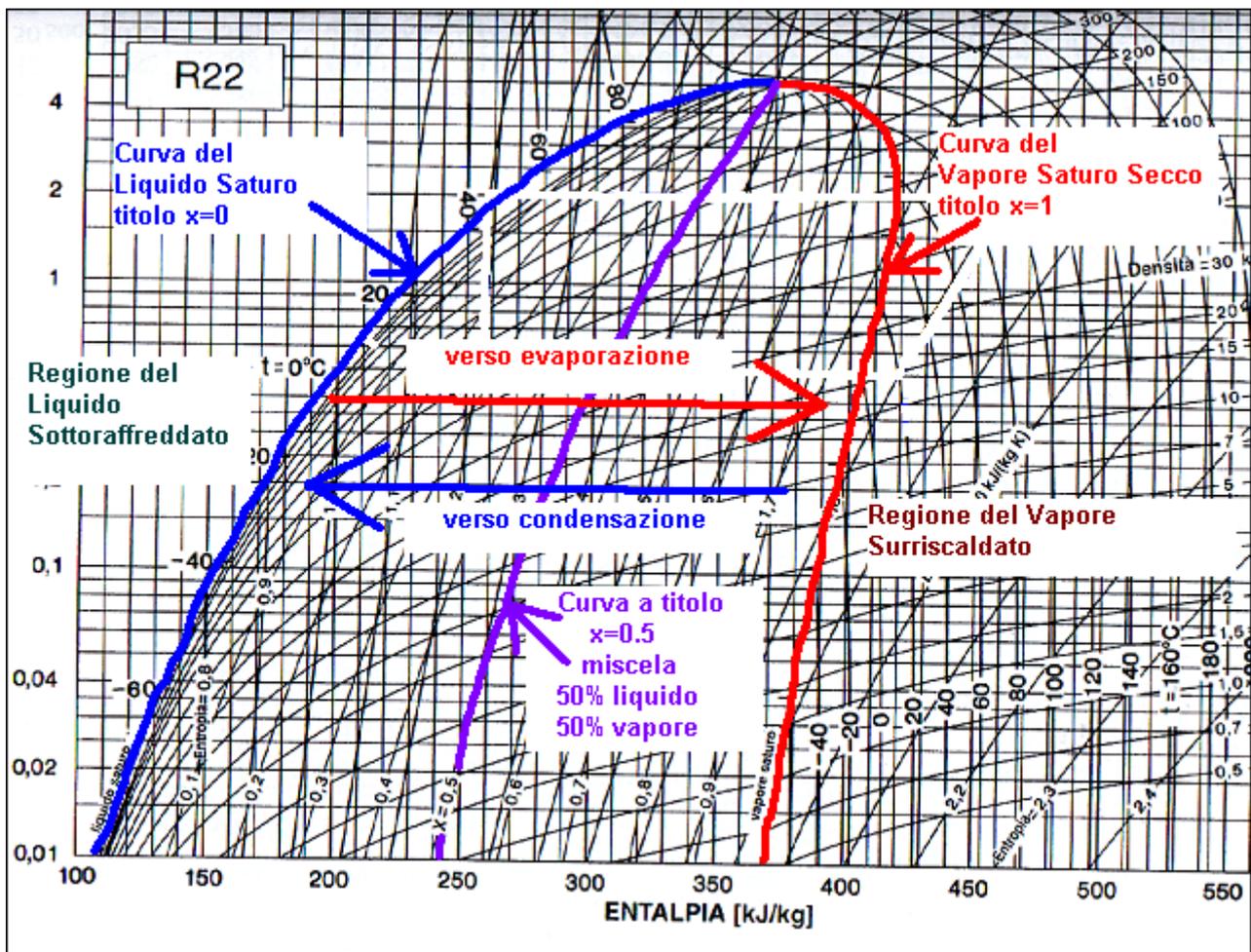
Innanzitutto, le curve a titolo di vapore x costante: sono le curve che rappresentano le diverse miscele liquido-vapore nelle diverse percentuali della fase vapore; si va dalla curva estrema sinistra della campana (curva a titolo di vapore $x = 0$) che rappresenta la miscela costituita al 100% da liquido (evaporazione incipiente)⁸, alla curva estrema destra della campana (curva a titolo di vapore $x = 1$) che rappresenta la miscela costituita al 100% da vapore (condensazione incipiente)⁹; le curve intermedie sono a titolo di vapore x crescente da sinistra verso destra cosicché quando con una trasformazione ci spostiamo verso destra si ha evaporazione, mentre quando ci spostiamo verso sinistra si ha condensazione.

⁷ La curva estrema sinistra della campana indica il fluido allo stato di liquido che comincia ad evaporare: prima bolla di vapore; la curva estrema destra della campana indica il vapore che inizia a condensare: prima goccia di liquido; andando da sinistra verso destra all'interno della campana si ha l'arricchimento in vapore, cioè l'evaporazione, della miscela; andando da destra verso sinistra si ha l'arricchimento in liquido, cioè la condensazione della miscela

⁸ Ogni punto di tale curva rappresenta una miscela costituita al 100% da liquido in cui è presente la prima bolla di vapore: se ci spostiamo verso la campana inizia l'evaporazione.

⁹ Ogni punto di tale curva rappresenta una miscela costituita al 100% da vapore in cui è presente la prima goccia di liquido: se ci spostiamo verso la campana inizia la condensazione.

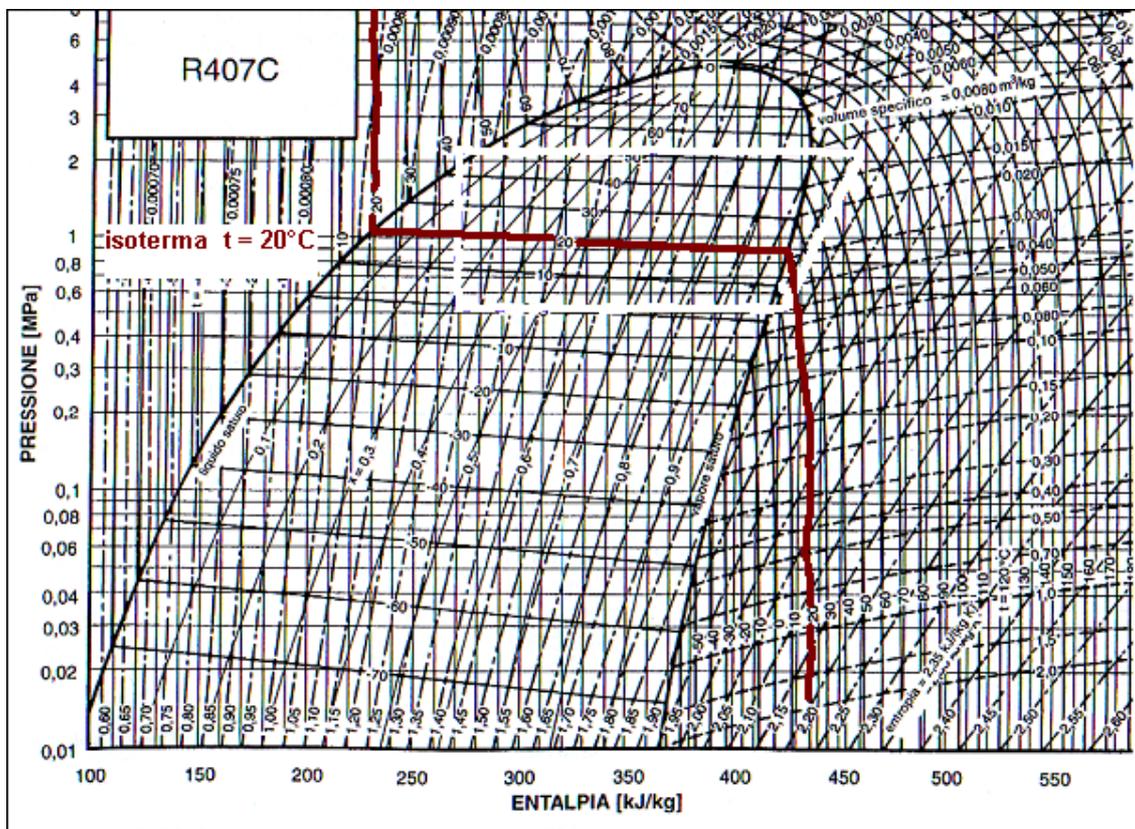
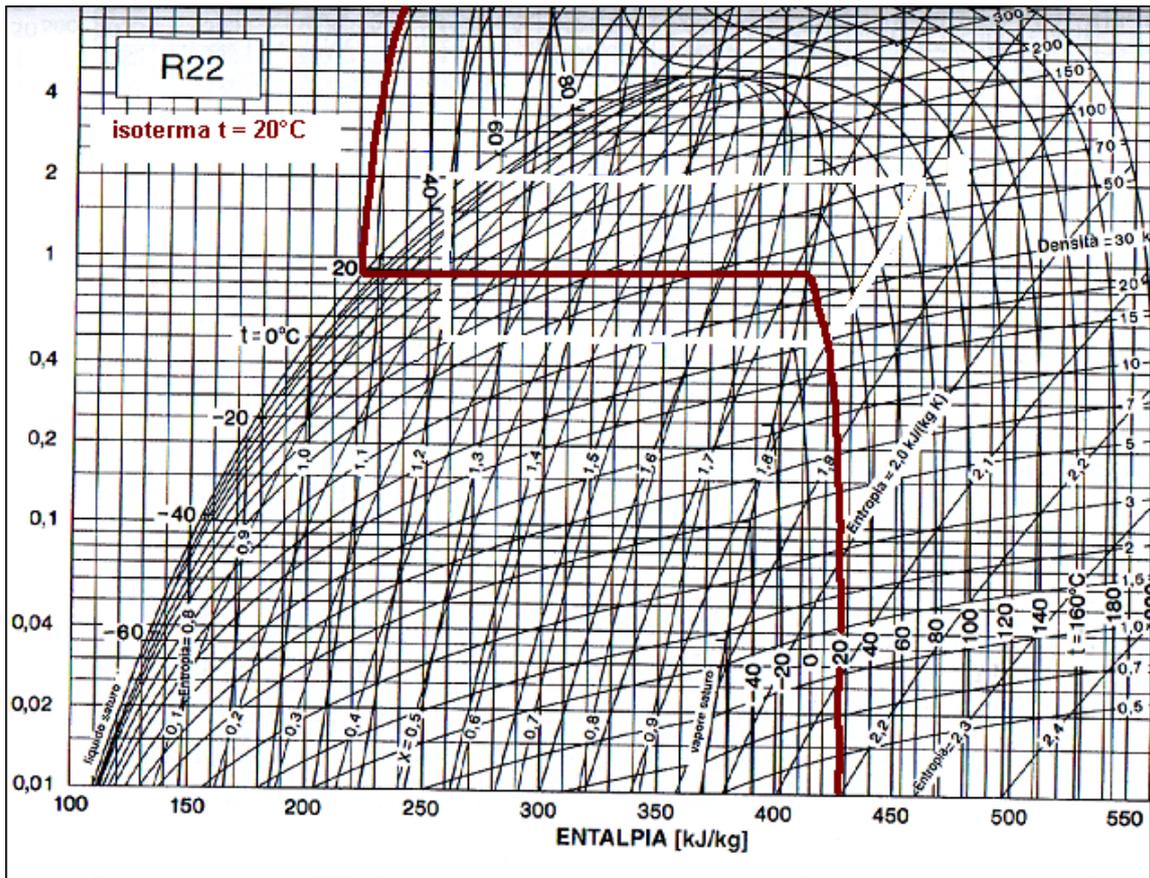
La curva estrema sinistra della campana viene detta curva del liquido saturo, visto che ogni suo punto rappresenta una miscela saturo di liquido (tutto il vapore è condensato); la curva estrema destra della campana viene detta curva del vapore saturo secco, visto che ogni suo punto rappresenta una miscela saturo vapore e priva di liquido (tutto il liquido è evaporato); la regione a sinistra della campana viene anche indicata come regione del liquido sottoraffreddato, visto che in tale area abbiamo liquido più freddo rispetto al liquido saturo; la regione a destra della campana viene anche indicata come regione del vapore surriscaldato, visto che in tale area abbiamo vapore più caldo rispetto al vapore saturo secco;



La figura seguente mostra le curve a temperatura costante; notare come per il fluido monocomponente R22 all'interno della campana le curve a temperatura costante sono anche a pressione costante: il motivo è legato al fatto che un fluido monocomponente a pressione costante passa dallo stato liquido allo stato vapore e viceversa mantenendo costante la propria temperatura¹⁰; discorso diverso per il fluido a più componenti R407C (fig. 18), per il quale i passaggi di stato a pressione costante non avvengono a temperatura costante (la curva a temperatura costante dentro la campana non coincide con la retta a pressione costante)¹¹.

¹⁰ Si pensi all'acqua (fluido monocomponente) che bolle -passa dallo stato liquido allo stato vapore- mantenendosi alla temperatura costante di 100°C se la pressione è costante e pari ad 1 atm.

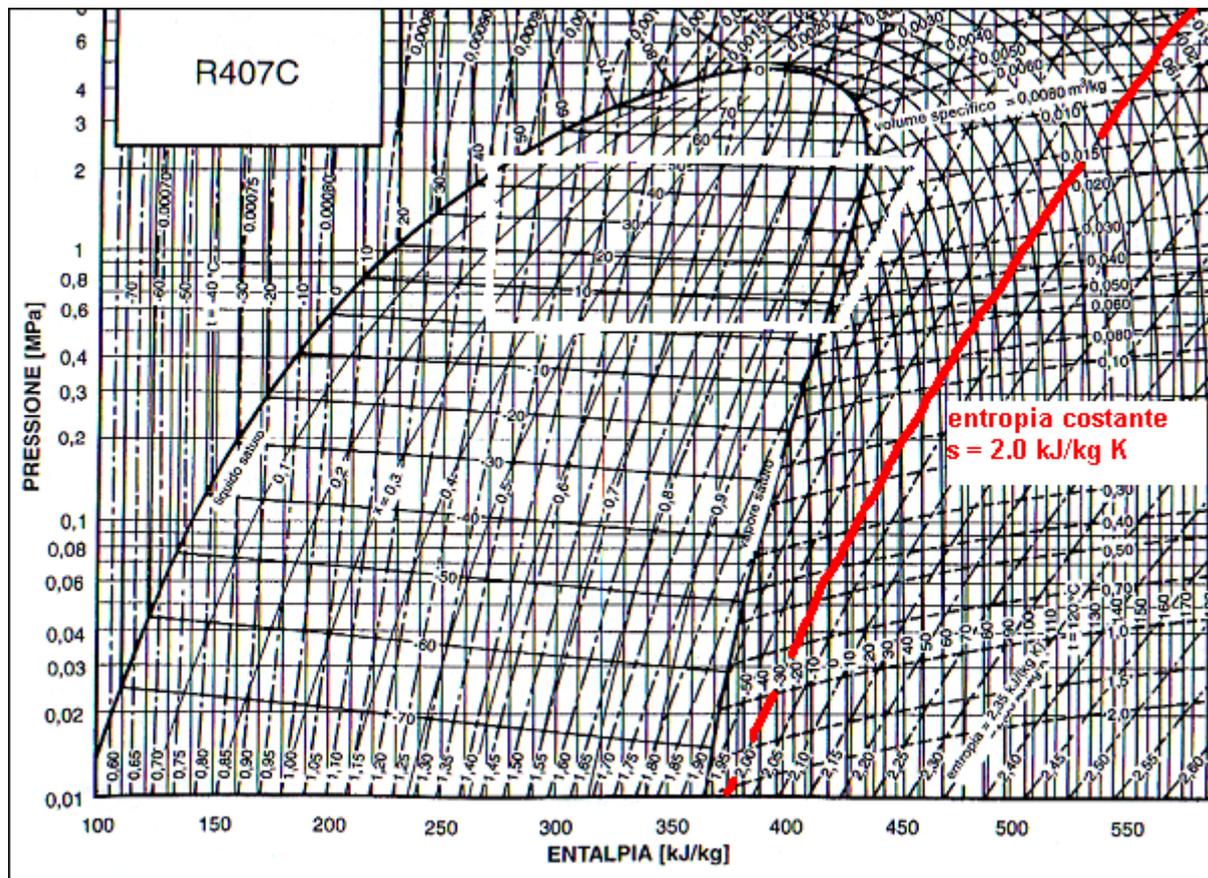
¹¹ Si pensi all'acqua salata (fluido a più componenti) che a pressione costante bolle a temperatura via via crescente.



Per poter tracciare il ciclo termodinamico seguito dal fluido refrigerante che scorre all'interno del circuito frigorifero di una macchina per la climatizzazione dell'aria, occorre ancora individuare sul piano p-h (pressione-entalpia) le curve ad entropia costante¹².

Per motivi pratici infatti considereremo il processo di compressione del refrigerante come un processo ideale che avviene cioè senza variazione di entropia: la compressione, come vedremo in seguito, sarà rappresentata da una curva ad entropia costante.

La figura seguente mostra una delle curve luogo dei punti a stessa entropia:



Sul piano p-h si possono tracciare altri tipi di curve come, ad esempio, quelle a volume specifico costante, meno utili per i nostri fini.

Adesso tracciamo il ciclo frigorifero seguendo il fluido refrigerante lungo il suo percorso all'interno dei vari elementi che costituiscono il circuito frigorifero del climatizzatore.

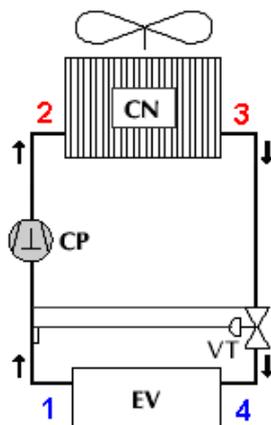
¹² L'entropia è una grandezza termodinamica che determina il grado di reversibilità di una trasformazione; qualsiasi trasformazione in natura è irreversibile, visto che parte dell'energia in gioco si trasforma in forme meno pregiate ed il sistema non può più tornare allo stato di partenza; la misura dell'irreversibilità di una trasformazione è data proprio dall'aumento dell'entropia: tutte le trasformazioni reali avvengono con aumento di entropia.

Le trasformazioni ideali sono quelle in cui non c'è dissipazione di energia pregiata e, di conseguenza, l'entropia resta costante.

Una compressione in cui tutta l'energia meccanica fornita al compressore si trasforma in aumento di pressione senza che parte dell'energia si dissipi in calore è una trasformazione ideale ad entropia costante.

In termodinamica spesso si usa tracciare le trasformazioni come se fossero ideali, salvo mpoi applicare dei coefficienti correttivi che tengono conto della irreversibilità della trasformazione reale.

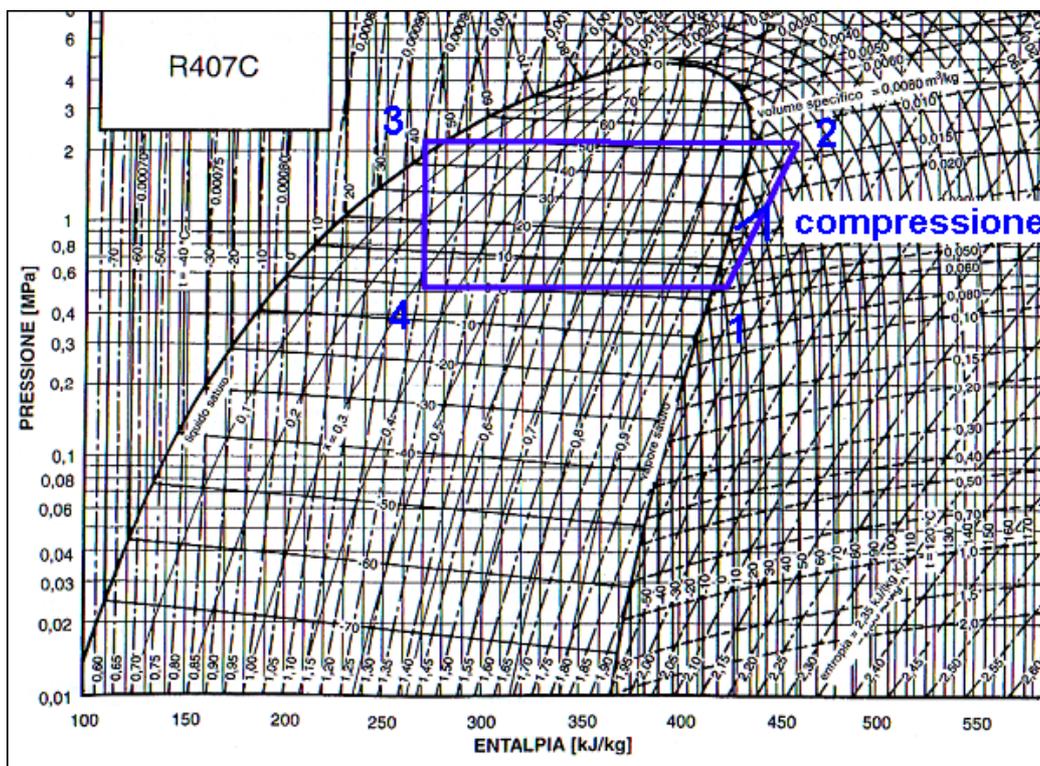
L'entropia si misura in kJ / kg K (chilojoule al chilogrammo ed al grado kelvin).



Compressione 1-2

Il compressore aspira il fluido nelle condizioni 1: siamo nel lato di bassa pressione del circuito frigorifero; il fluido si trova nelle condizioni di vapore surriscaldato, visto che è assolutamente da evitare che dentro al compressore vada fluido refrigerante allo stato liquido che, essendo incompressibile, provocherebbe la rottura degli organi meccanici del compressore¹³.

La figura seguente mostra il ciclo termodinamico seguito dal fluido refrigerante: come si può notare il punto 1 è alla pressione bassa del ciclo ed è nella regione del vapore surriscaldato (regione alla destra della campana):



¹³ A rigore, basterebbe aspirare vapore saturo secco (punto posto sulla curva estrema destra della campana) per evitare ingresso di fluido liquido al compressore. Tuttavia, visto che il ciclo reale è certamente meno prevedibile e meno statico rispetto al ciclo ideale tracciato sul piano p-h, occorre avere un certo margine di sicurezza che in questo caso è rappresentato da qualche grado di surriscaldamento (nella pratica progettuale si fissano circa 7 K di surriscaldamento).

La compressione segue nel ciclo ideale una curva isoentropica (curva 1-2 nella figura pregedente), visto che nel ciclo ideale si suppone che la compressione avvenga senza dissipazione di energia pregiata.

Il compressore comprime il fluido sino alle condizioni 2 (siamo nel lato di alta pressione del circuito frigorifero).

Notare che:

- il fluido compresso si trova ancora nelle condizioni di vapore surriscaldato;
- la pressione è aumentata da circa 0.5 a circa 2 MPa (effetto diretto della compressione);
- la temperatura è aumentata da circa 10°C a circa 75°C (effetto indiretto della compressione);
- l'entalpia specifica h del fluido è cresciuta da 420 a 460 kJ/kg.

Facendo riferimento all'entalpia e visto che essa rappresenta il contenuto energetico del fluido, il fatto che con la compressione si ha un aumento di h dimostra che il fluido ha accresciuto il proprio livello energetico.

Tale incremento di energia vale:

$$\Delta h = h_2 - h_1 = 460 - 420 = 40 \text{ kJ/kg} = L_c$$

ed altro non è che il lavoro di compressione L_c , lavoro cioè che il compressore ha compiuto sul fluido.

Se moltiplichiamo il lavoro di compressione per la portata G in kg/s di refrigerante si ottiene la potenza di compressione che è pari (a meno di coefficienti correttivi che tengono conto delle irreversibilità) alla potenza elettrica assorbita dal motore che aziona il compressore:

$$P_a = G \times L_c \text{ [W]}$$

Se alla potenza assorbita dal compressore si aggiunge anche la potenza assorbita dagli organi ausiliari della macchina (ventilatori, pompe, scheda di controllo...) si ottiene il dato di potenza elettrica assorbita dal climatizzatore: dato che è indicato, per le diverse condizioni operative (e nei due modelli a diverso fluido refrigerante: R22 oppure R407C), sulla documentazione tecnica della macchina (ved. Figura seguente);

EXW R22 – R407C

Condizionatori e pompe di calore split system
Installazione a parete con potenze da 2.2 a 3.5 kW



Aermec partecipa al Programma di Certificazione EUROVENT. I prodotti interessati figurano nella Guida EUROVENT dei prodotti Certificati.



■ = Raffreddamento R22 - ■ = Riscaldamento R22 - ■ = Raffreddamento R407C

	EXW	070	090	120
	CX	0707	0907	1207
	CWX			1207
	EXW	070 H	090 H	120 H
	CX	070 H	090 H	120 H
Potenzialità frigorifera (E)	W	2200	2800	3500
Umidità asportata	dm ³ /h	0,9	0,9	1,3
Potenza assorbita totale (CX) (E) W		750	1030	1270
Assorbimento totale (CX)	A	3,4	4,7	6,1
Potenzialità termica (E)	W	2300	3040	4100
Potenza assorbita totale (E)	W	690	990	1300
Assorbimento totale	A	3,2	4,6	6,1
♪ Pressione sonora	dB(A)	39,0	40,0	41,5
Portata aria	m ³ /h	456	522	588
	m ³ /h	402	466	534
	m ³ /h	360	408	486
Potenzialità frigorifera	W	2150	2600	3400
Umidità asportata	dm ³ /h	0,8	0,8	1,2
Potenza assorbita totale (CX) W		760	960	1350
Assorbimento totale (CX)	A	3,7	4,6	6,6
Potenza assorbita totale (CWX) W		-	-	1225
Assorbimento totale (CWX)	A	-	-	5,9
Consumo acqua a 16 °C (CWX) lh		-	-	160
♪ Pressione sonora	dB(A)	37,5	39,5	40,0
Portata aria	m ³ /h	432	516	520
	m ³ /h	360	408	492
	m ³ /h	288	318	420
♪♪ Pressione sonora (CX)	dB(A) R22	35,5	34,5	37,5
	dB(A) R407C	36,5	36,5	36
♪ Pressione sonora (CWX)	dB(A)	-	-	44,5

(E) Prestazioni certificate Eurovent.

Alimentazione elettrica = 230 V - 1 - 50Hz.

Le prestazioni sono riferite alle seguenti condizioni:

- ♪ Pressione sonora misurata in camera semiriverberante di 85 m³ e con tempo di riverberazione Tr = 0,5s.
- ♪♪ Pressione sonora misurata in campo libero a 5 m con fattore di direzionalità 2.

Raffreddamento:

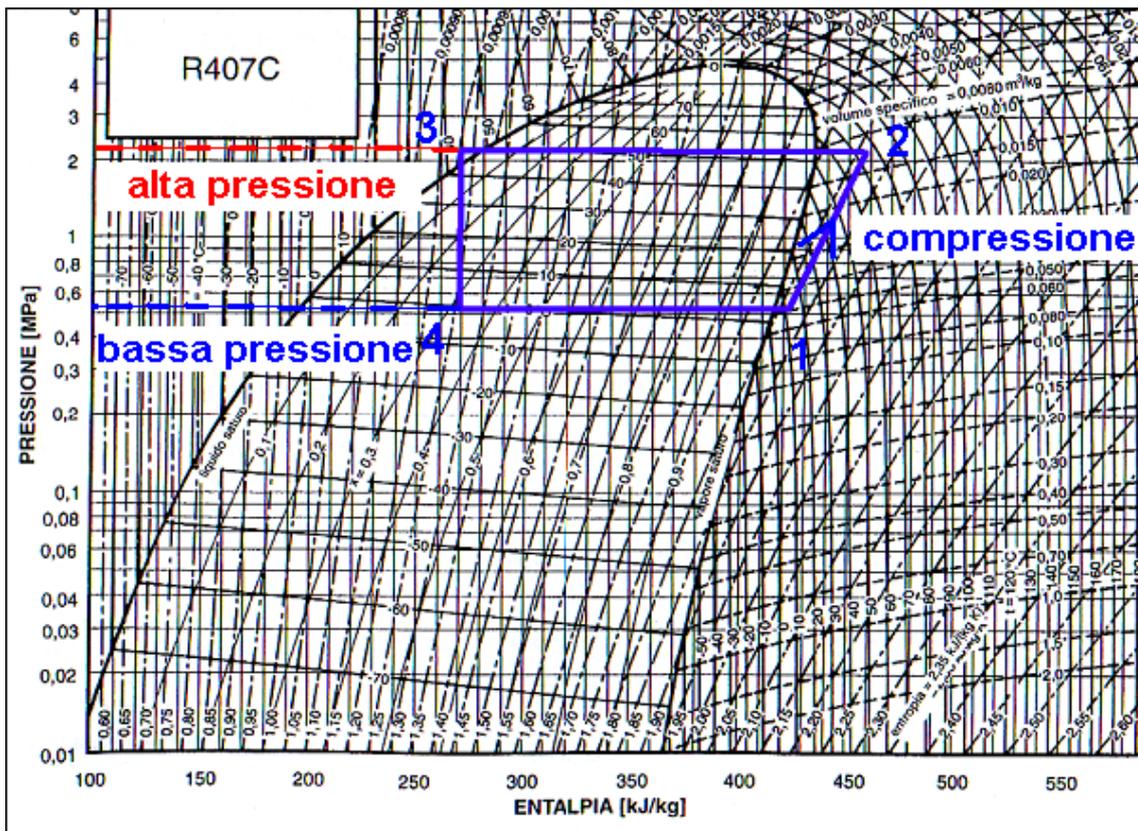
temperatura aria ambiente 27 °C B.S., 19 °C B.U.;
temp. aria esterna 35 °C; velocità massima.

Riscaldamento:

temperatura aria ambiente 20 °C;
temp. aria esterna 7 °C B.S., 6 °C B.U.; velocità massima.

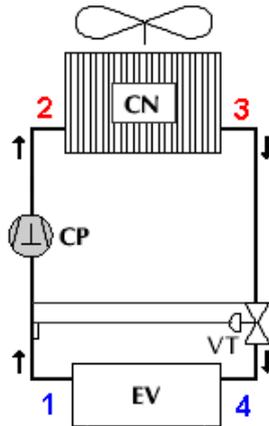
Naturalmente sulla scheda tecnica della macchina sono riportati in basso le condizioni per le quali i dati indicati sono stati misurati: nel caso delle macchine certificate Eurovent la misura della potenza assorbita è fatta ad una temperatura dell'ambiente interno pari a 27°C e dell'ambiente esterno pari a 35°C.

Indicare le temperature dei due ambienti è di fondamentale importanza, visto che dalla temperatura del locale interno da raffrescare dipende il valore della bassa pressione del ciclo frigorifero, mentre dalla temperatura dell'ambiente esterno dipende il valore della pressione alta del ciclo¹⁴: se variano le pressioni del ciclo variano le posizioni dei punti 1 e 2 sul piano p-h e, di conseguenza, cambia il valore della potenza assorbita dal compressore.



¹⁴ Precisamente, più è alta la temperatura dell'ambiente esterno, più aumenta la pressione alta del ciclo frigorifero: in tal modo il compressore, a parità di temperatura del locale da climatizzare, deve comprimere il fluido fino ad un valore di pressione più alto e, di conseguenza, assorbe più potenza elettrica dalla rete.

Proseguiamo nello studio del ciclo termodinamico della macchina frigorifera.

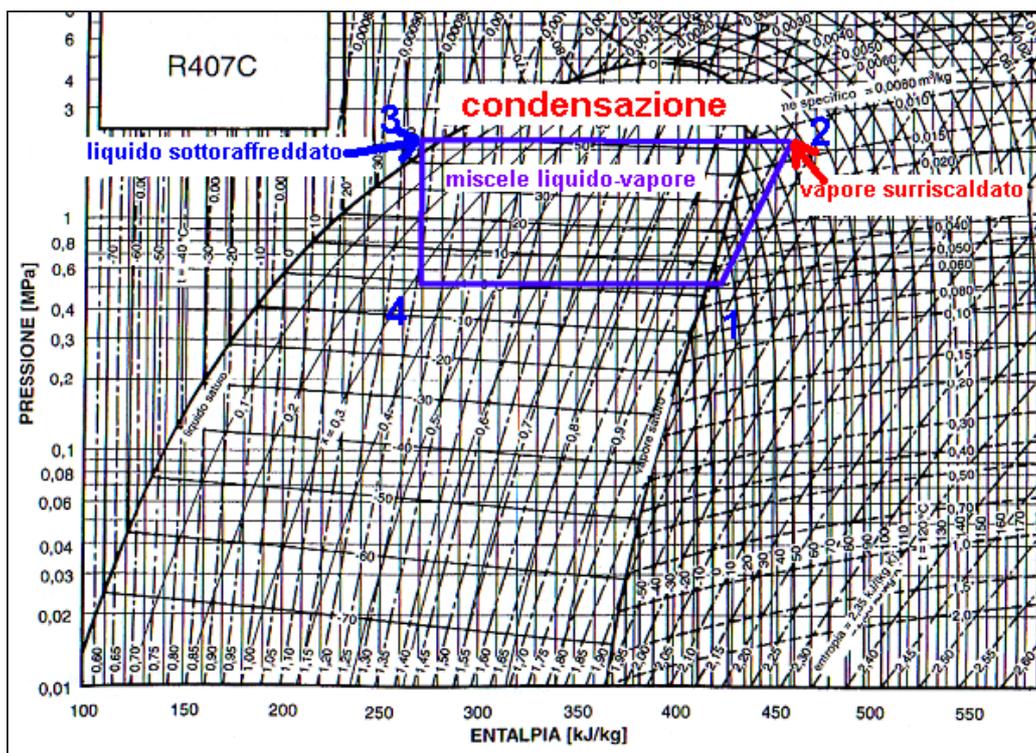


Condensazione 2-3

Il vapore surriscaldato allo stato 2 viene immesso all'interno dello scambiatore di calore posto nell'ambiente esterno (unità esterna del climatizzatore).

Nella fase 2-3 l'aria esterna (ben meno calda rispetto al vapore surriscaldato 2) sottrae calore al fluido frigorifero; poiché tale sottrazione di calore produce il passaggio di stato da vapore a liquido, la trasformazione è detta condensazione, mentre lo scambiatore di calore esterno è detto condensatore.

Sebbene nel ciclo reale il fluido perde pressione a mano a mano che procede all'interno dei tubi dello scambiatore, nel ciclo ideale consideriamo la condensazione a pressione costante pari alla pressione alta del ciclo, che d'ora in poi chiameremo pressione di condensazione (ricordiamo che è la temperatura dell'aria esterna a determinare il valore della pressione di condensazione, nel senso che più è calda l'aria esterna, più è alta la pressione $p_2 = p_3$).



Nel primo tratto dello scambiatore il vapore surriscaldato si “desurriscalda” andando dal punto 2 al punto di incontro con la curva destra della campana; a questo punto comincia la condensazione vera e propria e la miscela si arricchisce via via della fase liquida; all’incontro con la curva estrema sinistra della campana il fluido è passato tutto allo stato liquido; per motivi di incremento dell’efficienza della macchina (che non stiamo qui a spiegare) la sottrazione di calore prosegue di qualche grado nella regione del liquido cosicché all’uscita dello scambiatore dell’unità esterna ritroviamo del liquido che si trova ad una temperatura più bassa rispetto al liquido saturo (per tale motivo il liquido uscente dallo scambiatore esterno viene detto liquido sottoraffreddato, in analogia con il vapore surriscaldato che è chiamato così per il fatto di essere più caldo rispetto al vapore saturo secco).

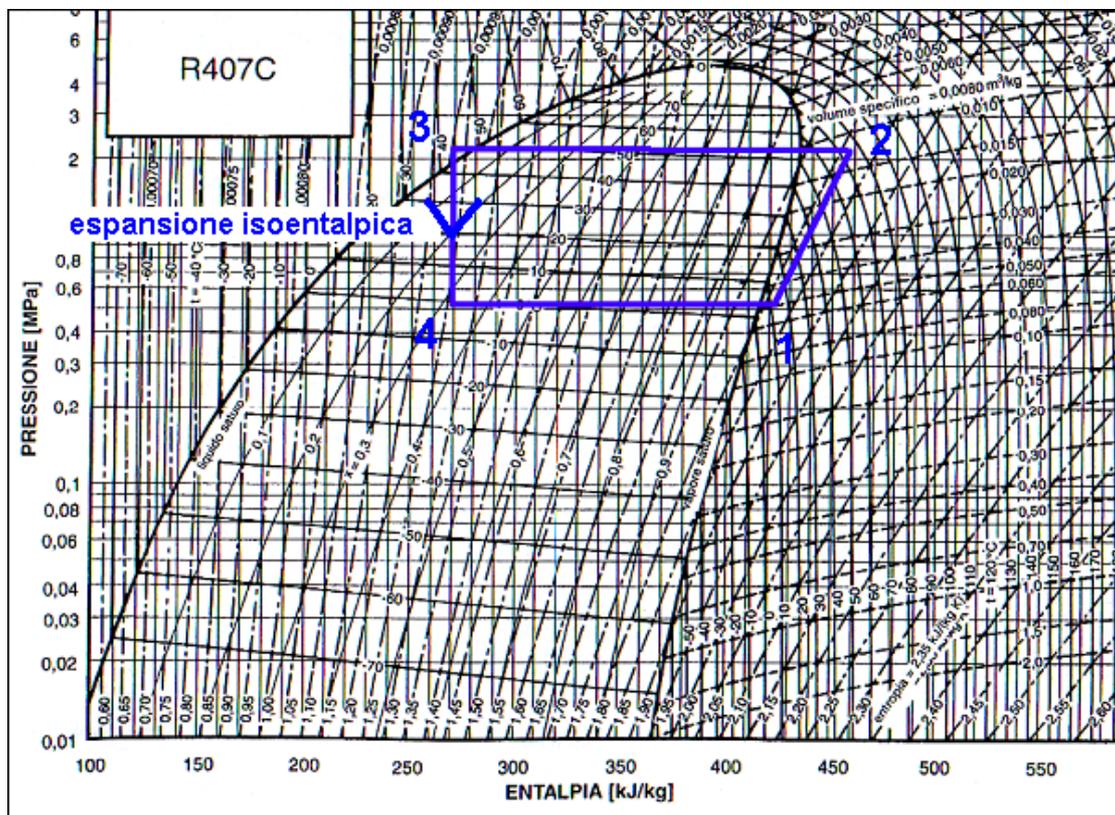
Espansione 3-4

A questo punto liquido viene fatto espandere passando attraverso la valvola di laminazione (che può essere un sottile e lungo tubicino detto capillare oppure il foro calibrato di una valvola a controllo termostatico) e si espande fino alla bassa pressione del ciclo, quest’ultima dettata dalla temperatura del locale da climatizzare.

Ciò che la valvola di laminazione fa è indurre una notevole perdita di carico al fluido in modo da farlo passare dalla pressione alta alla pressione bassa del ciclo.

Dal diagramma del ciclo sul piano del frigorista si può notare come tale espansione produca un repentino raffreddamento del fluido (che si porta, nel caso del ciclo in esame, ad una temperatura pari a circa 0°C: il fluido frigorifero è dunque pronto a sottrarre calore all’aria dell’ambiente da climatizzare.

L’espansione, per motivi di bilancio energetico che non riteniamo il caso di approfondire, avviene ad entalpia costante e segue, quindi, una retta verticale sul piano p-h:



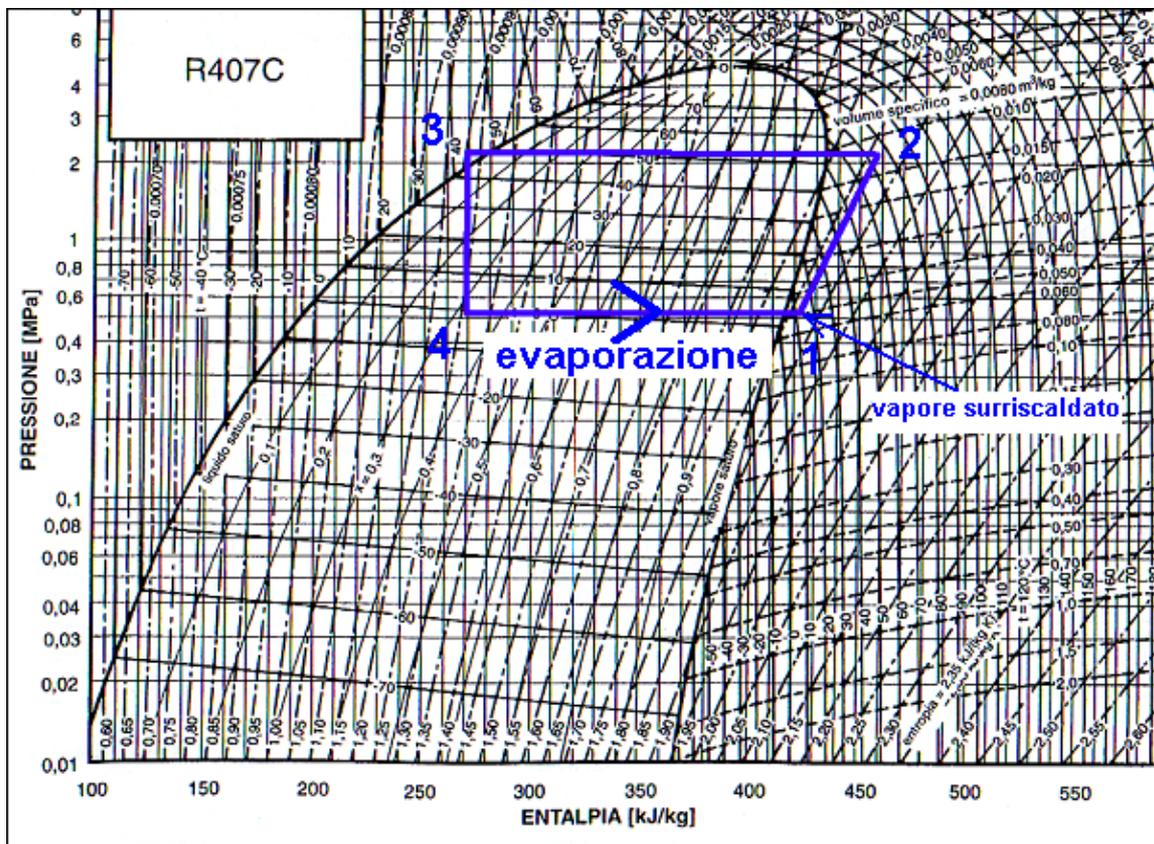
Evaporazione 4-1



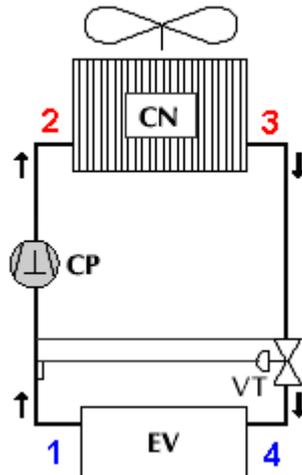
Il fluido molto freddo delle condizioni 4 riceve calore dall'aria del locale da climatizzare (l'aria si raffredda e si deumidifica: viene così assicurato il comfort estivo).

Il fluido ricevendo calore evapora (la miscela si arricchisce in vapore) sino ad incontrare il punto d'incontro con la curva estrema destra della campana (evaporazione vera e propria).

La somministrazione di calore al fluido viene fatta appositamente proseguire fino alla regione del vapore surriscaldato¹⁵ (circa 7K di surriscaldamento sono sufficienti) per essere sicuri che al compressore non giunga alcuna goccia di liquido che, come già specificato, ne pregiudicherebbe la struttura meccanica.



¹⁵ Ricordiamo che per vapore surriscaldato si intende il vapore che si trova nella regione esterna alla campana, lato destro (è detto surriscaldato perché si ottiene a partire dal vapore saturo secco facendo aumentare la temperatura).



Durante la trasformazione 4-1 avviene l'effetto utile del ciclo frigorifero, che è quello di sottrarre calore ad un ambiente.

Per il bilancio energetico il calore che viene fornito al fluido refrigerante è uguale al calore sottratto all'aria.

Tale energia sottratta all'aria è data dalla differenza di entalpia:

$$\Delta h = h_1 - h_4 = 420 - 270 = 150 \text{ kJ/kg}$$

Moltiplicando per la portata di refrigerante ottengo la potenza frigorifera della macchina, il parametro che ci dà indicazioni circa il risultato che otteniamo in termini di sottrazione di calore all'ambiente da climatizzare:

$$\text{Potenza frigorifera} = \text{Portata refrigerante} \times (h_1 - h_4) \text{ [W]}$$

Le schede tecniche delle macchine per la climatizzazione riportano il dato della potenza frigorifera alle condizioni nominali di funzionamento¹⁶ nei due modelli a diverso fluido frigorifero (R22 oppure R407C):

¹⁶ La potenza frigorifera dipende dalla temperatura dell'aria esterna e dalla temperatura dell'ambiente da climatizzare, visto che da questi due parametri dipendono rispettivamente la pressione di condensazione e la pressione di evaporazione e, quindi, il ciclo termodinamico nella sua interezza.

EXW R22 – R407C

Condizionatori e pompe di calore split system
Installazione a parete con potenze da 2.2 a 3.5 kW



Aermec partecipa al Programma di Certificazione EUROVENT. I prodotti interessati figurano nella Guida EUROVENT dei prodotti Certificati.



■ = Raffreddamento R22 - ■ = Riscaldamento R22 - ■ = Raffreddamento R407C

	EXW	070	090	120
	CX	0707	0907	1207
	CWX			1207
	EXW	070 H	090 H	120 H
	CX	070 H	090 H	120 H
Potenzialità frigorifera (E)	W	2200	2800	3500
Umidità asportata	dm/h	0,9	0,9	1,3
Potenza assorbita totale (CX) (E)W		750	1030	1270
Assorbimento totale (CX)	A	3,4	4,7	6,1
Potenzialità termica (E)	W	2300	3040	4100
Potenza assorbita totale (E)	W	690	990	1300
Assorbimento totale	A	3,2	4,6	6,1
♪ Pressione sonora	dB(A)	39,0	40,0	41,5
Portata aria	m ³ /h	456	522	588
	m ³ /h	402	466	534
	m ³ /h	360	408	486
Potenzialità frigorifera	W	2150	2600	3400
Umidità asportata	dm/h	0,8	0,8	1,2
Potenza assorbita totale (CX) W		760	960	1350
Assorbimento totale (CX)	A	3,7	4,6	6,6
Potenza assorbita totale (CWX) W		-	-	1225
Assorbimento totale (CWX)	A	-	-	5,9
Consumo acqua a 16 °C (CWX)	l/h	-	-	160
♪ Pressione sonora	dB(A)	37,5	39,5	40,0
Portata aria	m ³ /h	432	516	520
	m ³ /h	360	408	492
	m ³ /h	288	318	420
♪ Pressione sonora (CX)	dB(A) R22	35,5	34,5	37,5
	dB(A) R407C	36,5	36,5	36
♪ Pressione sonora (CWX)	dB(A)	-	-	44,5

(E) Prestazioni certificate Eurovent.

Alimentazione elettrica = 230 V - 1 - 50Hz.

Le prestazioni sono riferite alle seguenti condizioni:

♪ Pressione sonora misurata in camera semiriverberante di 85 m³ e con tempo di riverberazione Tr = 0,5s.

♪ Pressione sonora misurata in campo libero a 5 m con fanone di direzionalità 2.

Raffreddamento:

temperatura aria ambiente 27 °C B.S., 19 °C B.U.;
temp. aria esterna 35 °C; velocità massima.

Riscaldamento:

temperatura aria ambiente 20 °C;
temp. aria esterna 7 °C B.S., 6 °C B.U.; velocità massima.

La potenza frigorifera espressa dalla macchina andrà in parte ad abbassare la temperatura dell'aria del locale da climatizzare ed in parte a far condensare il vapore presente nell'aria sotto forma di umidità¹⁷: in tal modo si riesce ad abbattere oltre al calore sensibile (quello responsabile dell'alta temperatura) anche l'umidità dell'aria (calore latente¹⁸); si ottiene così un ambiente confortevole dove il sudore non rimane a contatto con la pelle ma, al contrario, è libero di evaporare favorendo la dispersione termica del nostro organismo preservandolo dai colpi di calore estivi.

Bilancio energetico della macchina frigorifera

Adesso siamo in grado di seguire il ciclo termodinamico frigorifero della macchina per la climatizzazione dell'aria.

Abbiamo visto che in esso avvengono diversi processi in cui il fluido refrigerante scambia energia con ambienti diversi.

Precisamente, il fluido refrigerante:

- Riceve l'energia h_2-h_1 dalla rete elettrica durante la fase di compressione;
- Cede l'energia h_2-h_3 all'aria esterna durante la fase di condensazione;
- Riceve l'energia h_1-h_4 dall'aria del locale da climatizzare durante la fase di evaporazione.

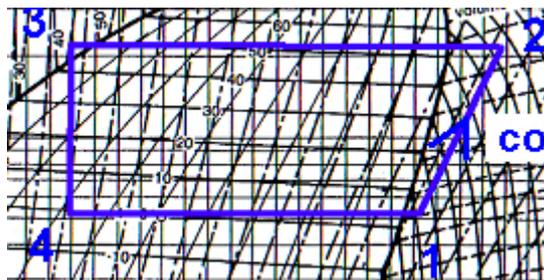
Poiché il fluido refrigerante è un sistema chiuso la somma dei diversi contributi energetici per ogni ciclo deve essere nulla; infatti:

$$(h_2-h_1) + (h_3-h_2) + (h_1-h_4) = (\text{essendo } h_4=h_3: \text{ espansione isoentalpica}) =$$

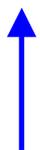
$$= \cancel{(h_2-h_1)} + \cancel{(h_3-h_2)} + \cancel{(h_1-h_3)} = 0 \quad ^{19}$$



Potenza rigettata all'ambiente esterno



← Potenza fornita dal compressore



Potenza sottratta al locale climatizzato

¹⁷ L'umidità dell'aria si trova sotto forma di vapore. Tale vapore entrando in contatto con la batteria fredda dell'unità interna del climatizzatore si trasforma in acqua liquida e questa viene drenata all'esterno attraverso il tubo di scarico condensa. Il climatizzatore quindi associa all'effetto raffrescante anche la deumidificazione dell'aria.

¹⁸ Nella teoria della climatizzazione si suole distinguere in calore sensibile e calore latente. Il calore sensibile è quello che produce effetti "sensibili" cioè variazioni di temperatura; il calore latente è quello che produce variazioni di umidità dell'aria (effetti "latenti", cioè non facilmente rilevabili in quanto non accompagnati da variazioni di temperatura).

¹⁹ Per i segni: andare in senso orario; ad esempio: si scrive h_2-h_1 , h_1-h_4 , h_3-h_2 seguendo il ciclo in senso orario a partire dal punto 2

Affinché il bilancio energetico sia verificato occorre che sia:

$$\text{Potenza rigettata all'ambiente esterno} = \text{Potenza sottratta al locale climatizzato} + \text{Potenza fornita dal compressore}$$

Pompa di calore

Per quanto riguarda il funzionamento a pompa di calore per il riscaldamento invernale, il ciclo termodinamico è qualitativamente identico a quello relativo al funzionamento estivo: quello che cambia è semplicemente l'uso che facciamo delle quantità di energia in gioco; precisamente, facciamo uso del calore rigettato al condensatore (che adesso è l'unità interna visto che la macchina ha invertito il ciclo) per riscaldare l'ambiente interno. Tale calore è dato dalla somma del calore di compressione e del calore che il fluido riceve all'evaporatore (che in questo caso è l'unità esterna). La potenza termica fornita al locale da climatizzare è data da:

$$\text{Potenza termica} = \text{Portata di refrigerante} \times (h_2 - h_3)$$

La potenza termica è indicata sulla scheda tecnica delle macchine a pompa di calore:

■ = Raffreddamento R22 - ■ = Riscaldamento R22 - ■ = Raffreddamento R407C

	EXW	070	090	120
	CX	0707	0907	1207
	CWX			1207
	EXW	070 H	090 H	120 H
	CX	070 H	090 H	120 H
Potenzialità frigorifera (E)	W	2200	2800	3500
Umidità asportata	dm ³ /h	0,9	0,9	1,3
Potenza assorbita totale (CX) (E) W		750	1030	1270
Assorbimento totale (CX)	A	3,4	4,7	6,1
Potenzialità termica (E)	W	2300	3040	4100
Potenza assorbita totale (E)	W	690	990	1300
Assorbimento totale	A	3,2	4,6	6,1
♪ Pressione sonora	dB(A)	39,0	40,0	41,5
Portata aria	m ³ /h	456	522	588
	m ³ /h	402	466	534
	m ³ /h	360	408	486
Potenzialità frigorifera	W	2150	2600	3400
Umidità asportata	dm ³ /h	0,8	0,8	1,2
Potenza assorbita totale (CX)	W	760	960	1350
Assorbimento totale (CX)	A	3,7	4,6	6,6
Potenza assorbita totale (CWX)	W	-	-	1225
Assorbimento totale (CWX)	A	-	-	5,9
Consumo acqua a 16 °C (CWX)	l/h	-	-	160
♪ Pressione sonora	dB(A)	37,5	39,5	40,0
Portata aria	m ³ /h	432	516	520
	m ³ /h	360	408	492
	m ³ /h	288	318	420
♪♪ Pressione sonora (CX)	dB(A) R22	35,5	34,5	37,5
	dB(A) R407C	36,5	36,5	36
♪ Pressione sonora (CWX)	dB(A)	-	-	44,5

(E) Prestazioni certificate Eurovent.

Alimentazione elettrica = 230 V - 1 - 50Hz.

Le prestazioni sono riferite alle seguenti condizioni:

♪ Pressione sonora misurata in camera semiriverberante

di 85 m³ e con tempo di riverberazione Tr = 0,5s.

♪ Pressione sonora misurata in campo libero a 5 m con

fattore di direzionalità 2.

Raffreddamento:

temperatura aria ambiente 27 °C B.S., 19 °C B.U.;

temp. aria esterna 35 °C; velocità massima.

Riscaldamento:

temperatura aria ambiente 20 °C;

temp. aria esterna 7 °C B.S., 6 °C B.U.; velocità massima.

EER e COP

Data una macchina per il condizionamento, sia essa solo freddo o pompa di calore, risulta utile misurarne l'efficienza, individuare cioè un parametro quantitativo che possa dare indicazioni circa la capacità che la macchina ha di svolgere il suo compito chiedendo più o meno energia elettrica alla rete. In tal modo potremo valutare se una macchina è energeticamente valida e potremo altresì effettuare, a parità di condizioni, il confronto tra macchine diverse.

Per la macchina in funzionamento estivo si definisce il parametro EER (Energy Efficiency Ratio) che è dato dal rapporto tra ciò che la macchina dà, cioè la potenza frigorifera, e ciò che la macchina chiede, cioè la potenza elettrica assorbita:

$$\text{EER} = \text{Potenza frigorifera} / \text{Potenza elettrica assorbita}$$

Naturalmente, più l'EER è alto maggiore, è l'efficienza energetica della macchina, visto che essa fornisce più potenza frigorifera a parità di potenza elettrica o la stessa potenza frigorifera ma con minore richiesta di potenza elettrica. Naturalmente vanno sempre specificate le condizioni di misura: temperature dei due ambienti che scambiano calore, quindi pressioni alta e bassa del ciclo frigorifero.

Per la macchina in funzionamento invernale (a pompa di calore) si definisce il parametro COP (Coefficient Of Performance) come il rapporto tra la Potenza termica (ciò che una pompa di calore dà) e la potenza assorbita (ciò che la pompa di calore chiede):

$$\text{COP} = \text{Potenza termica} / \text{Potenza elettrica assorbita}$$

Condensazione ad acqua

Abbiamo visto che la macchina rigetta all'esterno la potenza termica data dalla somma tra la potenza frigorifera che il refrigerante riceve dal locale da climatizzare e la potenza di compressione. In particolare questa potenza termica il refrigerante la riversa all'aria esterna attraverso la batteria alettata dell'unità condensante posta fuori dall'edificio.

In tutti quei casi in cui il rigetto del calore avviene sull'aria la macchina sarà detta a condensazione ad aria.

Ma nulla ci impedisce di rigettare il calore di condensazione sull'acqua²⁰ anziché sull'aria: in tal caso la macchina sarà detta a condensazione ad acqua.

I vantaggi della condensazione ad acqua sono legati principalmente alla maggiore efficienza di scambio termico che l'acqua ha rispetto all'aria; altro vantaggio della condensazione ad acqua è legato alla possibilità di mettere il condensatore all'interno di un locale tecnico, visto che non è necessario che l'unità sia a contatto con l'aria esterna; l'assenza di ventilatori rende poi l'unità ad acqua molto più silenziosa rispetto a quella ad aria.

²⁰ Acqua di falda, di acquedotto, di lago, di fiume...

EXW R22 – R407C

Condizionatori e pompe di calore split system
Installazione a parete con potenze da 2.2 a 3.5 kW



Aermec partecipa al Programma di Certificazione EUROVENT. I prodotti interessati figurano nella Guida EUROVENT dei prodotti Certificati.



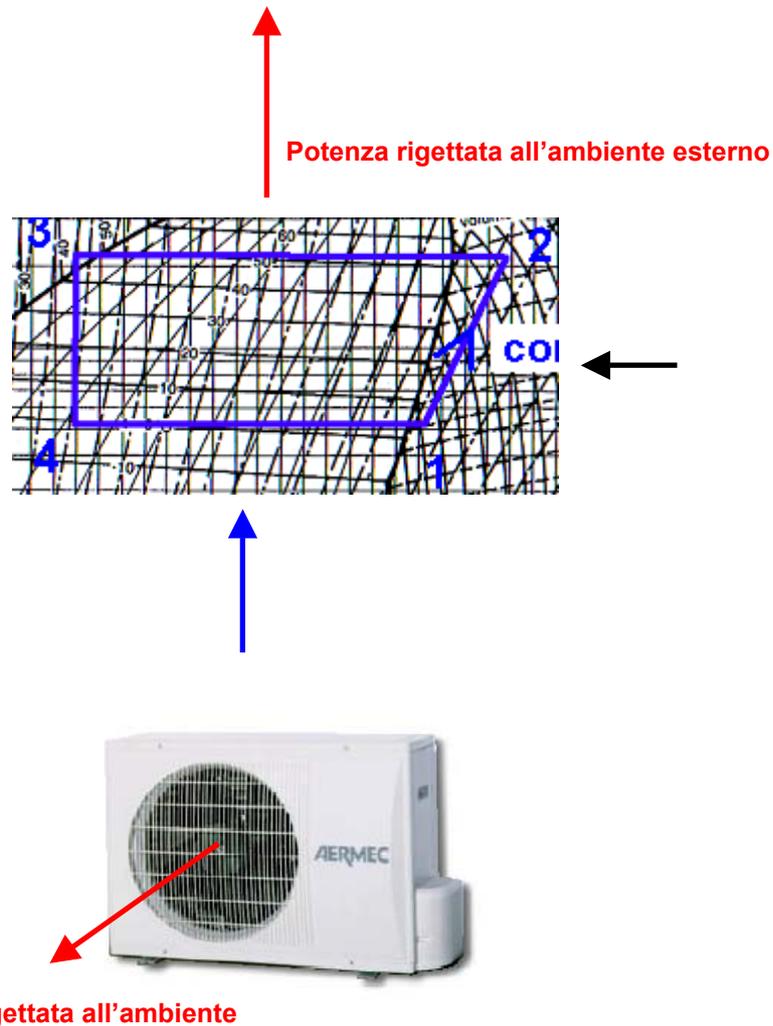
unità esterna condensata ad acqua

unità esterna condensata ad aria



Recupero del calore di condensazione

Come abbiamo visto dallo studio del ciclo frigorifero, mentre la macchina raffresca gli ambienti una grande quantità di calore data dalla somma tra il calore sottratto ai locali climatizzati ed il lavoro di compressione viene rigettata all'ambiente esterno:

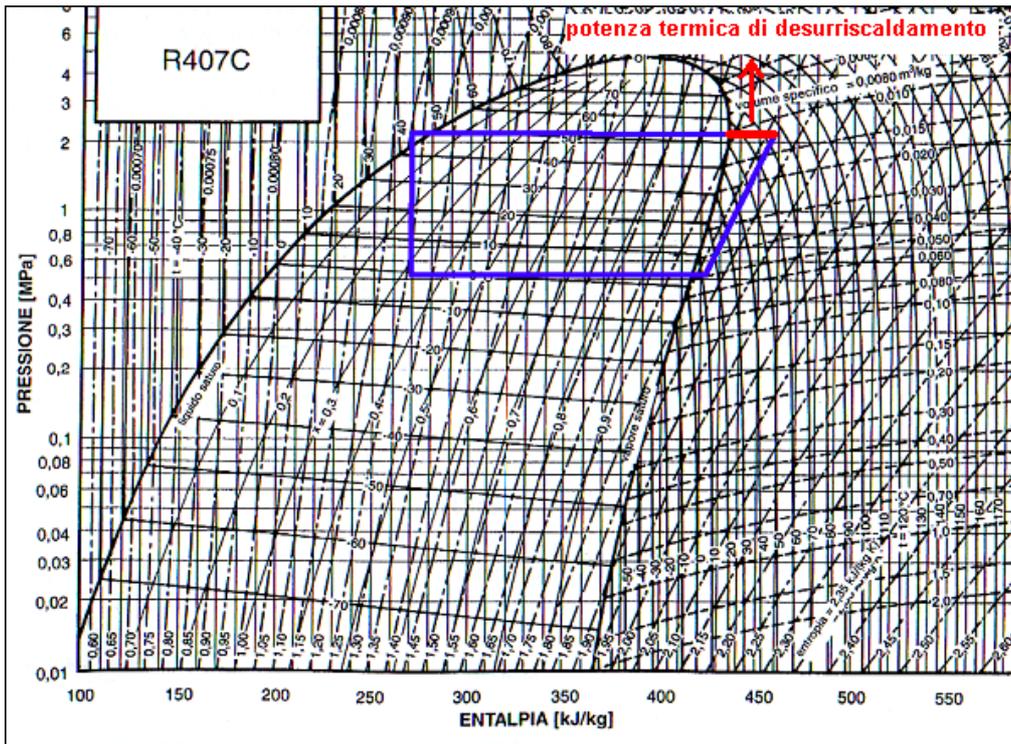


Tale potenza termica potrebbe convenientemente essere recuperata ad esempio per riscaldare gratuitamente l'acqua per uso sanitario oppure, per macchine di grande potenza, per riscaldare l'acqua di una piscina: il tutto è naturalmente possibile a patto che la macchina stia contemporaneamente climatizzando gli ambienti.

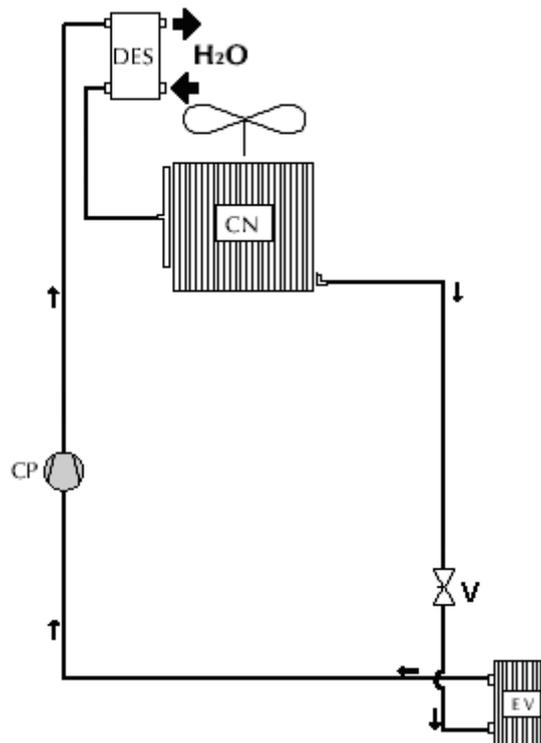
Grazie al recupero termico si ottengono notevoli incrementi dell'efficienza energetica globale della macchina.

Esistono due diverse possibilità di recupero termico: il recupero parziale ed il recupero totale.

Nel caso del recupero parziale si recupera solo il calore dovuto al desurriscaldamento del vapore surriscaldato ed il recuperatore di calore è detto desurriscaldatore:



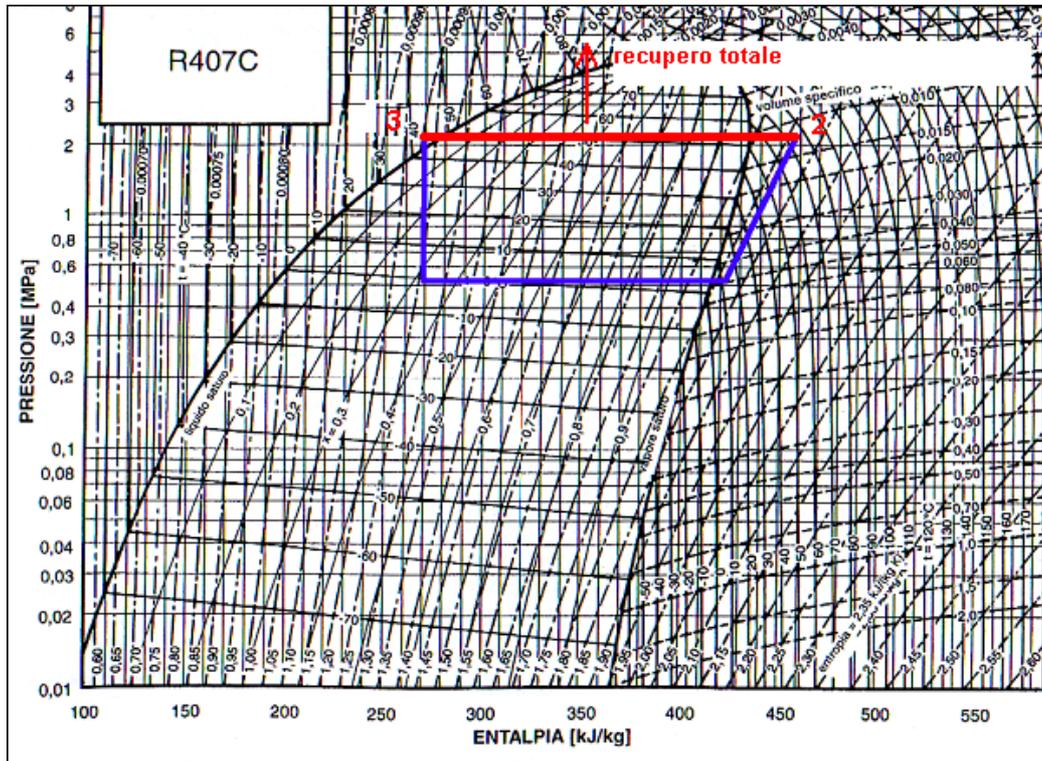
La figura seguente mostra lo schema frigorifero di una macchina dotata di recuperatore parziale di calore (o desurriscaldatore):



- CP: Compressore;
- DES: Desurriscaldatore (recuperatore parziale);
- CN: Condensatore;
- V: Valvola di laminazione;
- EV: Evaporatore.

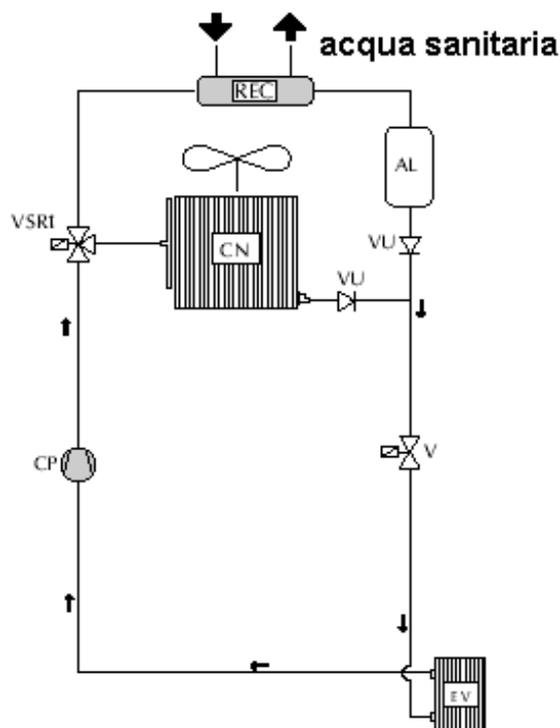
Il desurriscaldatore è in serie con il condensatore e provvede al desurriscaldamento del fluido frigorifero; il calore recuperato viene fornito all'acqua sanitaria.

Se abbiamo l'esigenza di recuperare una maggiore quantità di calore è possibile ricorrere ad una macchina con recuperatore totale: lo scambiatore di calore è dimensionato per far avvenire l'intera trasformazione 2-3 e, quindi, per recuperare tutto il calore disponibile ad alta temperatura:



Con il calore recuperato si può accumulare una grande quantità di acqua calda sanitaria o si può riscaldare, sempre gratuitamente, l'acqua di una piscina: notare le grandi potenzialità di risparmio energetico che può avere una macchina con recuperatore totale:

La seguente figura mostra lo schema di una macchina con recuperatore totale; il recuperatore è in parallelo con il condensatore e riceve il refrigerante caldo ad alta pressione solo quando c'è richiesta di acqua calda dalle utenze del recupero:



- CP: Compressore;
 REC: Recuperatore totale;
 VSRI: Valvola a tre vie (devia sul recuperatore quando c'è richiesta di acqua calda sanitaria);
 CN: Condensatore;
 AL: Accumulatore di refrigerante liquido (riceve il liquido in eccesso quando il fluido passa dal recuperatore);
 VU: Valvola di ritegno;
 V: Valvola di laminazione;
 EV: Evaporatore.

Climatizzazione ad acqua refrigerata

Abbiamo sinora visto come funziona una macchina frigorifera per il condizionamento dell'aria e spesso abbiamo parlato di una particolare categoria di macchine, precisamente quelle in cui il fluido refrigerante scambia calore direttamente con l'aria da climatizzare. Queste macchine vengono chiamate ad "espansione diretta", visto che il fluido espanso nella valvola del circuito va ad evaporare sottraendo calore direttamente all'aria del locale.

Il comune split è una macchina ad espansione diretta, visto che lo scambio termico avviene direttamente tra fluido refrigerante ed aria del locale:



Lo split è una macchina ad espansione diretta.

Nelle macchine ad espansione diretta il fluido refrigerante deve raggiungere le unità interne poste nei locali da climatizzare: questo spesso significa costringere il fluido a percorrere circuiti molto lunghi e tortuosi.

Far percorrere al fluido frigorifero circuiti complessi significa andare incontro a tutta una serie di inconvenienti che elenchiamo:

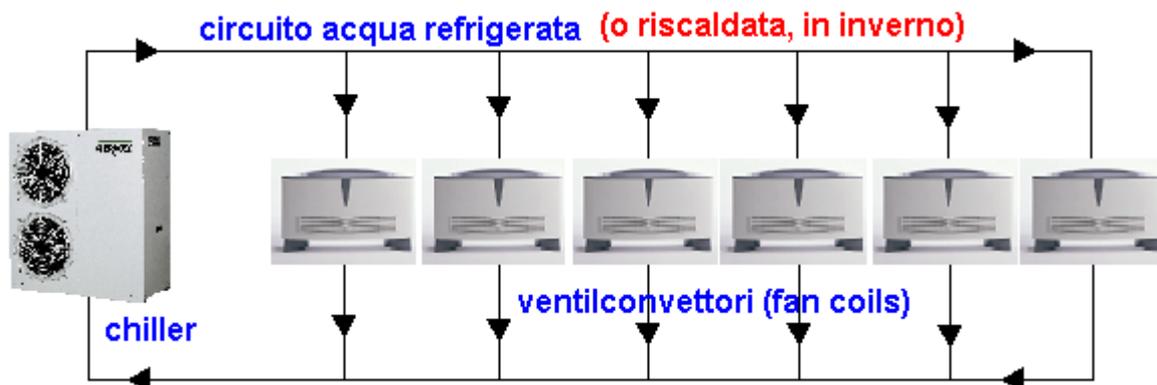
- Perdita di efficienza energetica della macchina: il fluido refrigerante nel percorrere i tubi del circuito perde carico, cioè pressione, e con esso perde entalpia preziosa²¹. Si calcola che ogni 15 metri di circuito si ha una perdita del 20% nel rendimento energetico;
- Uso improprio del compressore: nelle macchine ad espansione diretta il compressore deve funzionare oltre che da macchina termodinamica necessaria a far eseguire il ciclo frigorifero, anche da vera e propria pompa che deve vincere le perdite di carico che il circuito produce. Ma il compressore è una macchina termodinamica “nobile” il cui compito privilegiato è quello di permettere che il ciclo termodinamico avvenga nel migliore dei modi: costringere il compressore a spendere una considerevole parte della propria energia per pompare un fluido significa utilizzarlo in modo improprio e con rendimenti penalizzanti;
- Aumento del rischio di fughe del refrigerante e grosse difficoltà di individuazione delle stesse: il gas ad alta pressione che percorre le tubazioni può fuggire dal circuito attraverso le imperfette tenute; naturalmente, più è lungo il circuito, maggiori sono le probabilità di fuga; la fuga di refrigerante porta la macchina a drastiche riduzioni di resa e ad un funzionamento irregolare; la ricerca della fuga avviene tramite dispositivi sensibili ad una o più elementi chimici presenti nel refrigerante: è un’operazione che rischia di diventare lunga e difficoltosa quanto più è lungo il circuito; trovata la fuga, occorre riparare il circuito e ripristinare la giusta carica, spesso dopo avere vuotato con apposita pompa del vuoto l’intero circuito al fine di eliminare eventuali tracce di umidità e di impurità che possono essere entrate dallo stesso punto o dagli stessi punti dai quali la fuga è avvenuta;
- Pericolo di mancato ritorno dell’olio al compressore e conseguente grippaggio dello stesso: il compressore, essendo una macchina in cui vi sono parti meccaniche in movimento, deve essere ben lubrificato; l’olio attraversa le superfici interne del compressore miscelandosi con il fluido refrigerante; quando il fluido viene mandato in circolo, con esso lascia il compressore anche una certa quantità di olio lubrificante; se tale quantità non viene reintegrata dall’olio che ritorna dall’aspirazione, il compressore si impoverisce sempre più d’olio e va inesorabilmente al grippaggio; risulta evidente che più è lungo e tortuoso il circuito frigorifero, maggiori sono le possibilità che l’olio non riesca a tornare al compressore;
- Emissioni tossiche in caso di incendio: in condizioni normali gli idrofluorocarburi HFC come il 407C ed il 410A sono fluidi atossici ed assolutamente non infiammabili; tuttavia se entrano in contatto diretto con la fiamma, come avviene in caso di incendio, essi danno luogo a sostanze altamente tossiche; per tale motivo non è opportuno creare impianti molto lunghi in cui grandi quantità di fluido refrigerante circola in tubazioni poste all’interno di locali occupati;

Per tutta questa serie di motivi la climatizzazione ad espansione diretta trova giusta e pratica applicazione in piccoli impianti di climatizzazione: split o multisplit con al massimo 3 unità interne.

Nei casi in cui si vuole climatizzare più di tre locali è conveniente, per quanto visto sopra, ricorrere alla climatizzazione con acqua refrigerata (climatizzazione idronica).

²¹ Il fluido refrigerante sta eseguendo il complesso ciclo termodinamico descritto nei precedenti paragrafi: un ciclo in cui il fluido subisce continue trasformazioni in cui la pressione gioca un ruolo fondamentale. In tale ciclo ad ogni perdita di pressione si traduce in perdita di entalpia, cioè di energia pregiata.

Un impianto di climatizzazione idronica è costituito da una macchina centralizzata detta refrigeratore d'acqua (o chiller) che alimenta elementi terminali di trattamento aria detti ventilconvettori (o fan coils).



Il refrigeratore d'acqua può essere anche del tipo a pompa di calore per essere usato anche per il riscaldamento invernale oltre che per la climatizzazione estiva.

Il refrigeratore d'acqua racchiude in sé l'intero circuito frigorifero che risulta pertanto compatto, superando tutti i problemi legati alla lunghezza dei circuiti frigoriferi che abbiamo appena elencato.

Il chiller raffredda acqua: solamente acqua refrigerata andrà all'interno delle tubazioni che attraversano l'abitazione o l'edificio per raggiungere tutti i locali da climatizzare; nei vari locali sono presenti i ventilconvettori.

Notare che tutti gli inconvenienti dell'espansione diretta sono eliminati ricorrendo all'idronica:

- Il fluido frigorifero percorre un circuito molto compatto, essendo questo posto interamente all'interno della macchina; in tal modo sono ridotte al minimo le perdite di efficienza energetica legate alle cadute di pressione lungo il circuito;
- Il compressore viene liberato dall'incarico di pompare il refrigerante lungo le tubazioni; questo "ingrato" compito spetterà ad una comune pompa idraulica che pomperà l'acqua refrigerata ai vari ventilconvettori posti all'interno dei locali;
- Viene eliminato il pericolo del mancato ritorno dell'olio al compressore, visto che il refrigerante e l'olio percorrono il circuito frigorifero interno alla stessa macchina, ben più corto e compatto rispetto a quello tipico degli impianti ad espansione diretta;
- Grazie alla compattezza del circuito frigorifero vengono ridotte al minimo le possibilità di fuga di refrigerante e viene resa molto più semplice, perché ben localizzata, la ricerca;
- In caso di incendio gli ambienti sono esenti dall'emissione di sostanze tossiche, visto che lungo le tubazioni che percorrono i locali circola semplicemente acqua.

Altro vantaggio della climatizzazione ad acqua refrigerata è quello di poter disporre il refrigeratore in parallelo con una caldaia e fare il riscaldamento invernale con una caldaia tradizionale o con qualsiasi altro sistema che utilizza l'acqua come fluido vettore.

Enormi vantaggi, quindi, che hanno decretato l'enorme successo della climatizzazione idronica a livello europeo.

Il refrigeratore d'acqua

Il refrigeratore d'acqua è la macchina per la climatizzazione usata negli impianti in cui è l'acqua, refrigerata in estate e riscaldata in inverno, il fluido che provvede al trasporto del calore.

La parte frigorifera percorsa dal fluido refrigerante (R407C o altro refrigerante) è contenuta interamente all'interno della macchina, mentre da essa parte soltanto la tubazione d'acqua.

All'interno del refrigeratore abbiamo quindi tutti i componenti del circuito frigorifero: compressore, condensatore, valvola di laminazione ed evaporatore; quest'ultimo è del tipo a piastre, visto che in esso avviene lo scambio termico tra fluido refrigerante ed acqua.

Il refrigeratore d'acqua può essere condensato ad aria ed in tal caso è da installazione all'esterno oppure condensato ad acqua ed è quindi installabile indoor.

Per i refrigeratori d'acqua valgono tutte le cose già dette per le macchine per la climatizzazione: possono essere dotate di recuperatori di calore parziale o totale etc...

Le figure seguenti mostrano un chiller condensato ad aria ed uno a condensazione ad acqua:



Chiller condensato ad aria



Chiller condensato ad acqua

Di seguito mostriamo i principali dati prestazionali di un chiller così come vengono mostrati sul manuale tecnico:

AN R22 – R407C

Refrigeratori, pompe di calore e motocondensanti condensati ad aria
Con ventilatori assiali e potenze da 6 a 42 kW



Aermec partecipa al Programma di Certificazione EUROVENT. I prodotti interessati figurano nella Guida EUROVENT dei prodotti Certificati.



• VERSIONE STANDARD

- Disponibili 10 grandezze
- Modelli solo freddo, a pompa di calore e motocondensanti
- Disponibili 2 versioni:
 - Versione Standard
 - Versione dotata di pompa di circolazione, vaso d'espansione, filtro acqua meccanico, serbatoio d'accumulo
- Tutte le versioni, tranne quella motocondensante, possono essere richieste per un funzionamento a basse temperature per la produzione di acqua refrigerata da 4 °C fino a -6 °C. Tale opzione è ottenibile solo specificandola al momento dell'ordine
- Compressore scroll ad elevata resa e basso assorbimento elettrico
- Pressostato differenziale di serie
- Scheda elettronica di controllo e con tempo-

rizzazione avviamento e gestione dei cicli di sbrinamento

- Scambiatori ad alta efficienza
- Ventilatori assiali per un funzionamento silenzioso
- Mobile metallico di protezione con verniciatura poliuretanica anticorrosione

Accessori:

BDX: Bacinella di raccolta condensa per unità esterna.

DCPAN - DCPX: Dispositivo basse temperature, consente un corretto funzionamento, in raffreddamento, con temperature esterne inferiori a 20 °C e fino a -10 °C.

DRC: Dispositivo di riduzione della corrente di spunto. Applicabile solo in fabbrica.

KR: Resistenza elettrica antigelo per lo scambiatore di calore a piastre. Applicabile solo in fabbrica.

PRD: Pannello remoto intelligente. Replica a distanza le funzionalità del pannello a bordo macchina. Remotabile con cavo schermato fino a 150 m.

PR1: Pannello remoto semplificato. Consente di eseguire i controlli base dell'unità con segnalazione degli allarmi. Remotabile con cavo schermato fino a 30 m.

SDP: Scheda per remotare l'accessorio PR1 fino a 150 m.

RA: Resistenza elettrica antigelo per il serbatoio d'accumulo. Applicabile solo in fabbrica.

VT: Supporti antivibranti.

• VERSIONE CON POMPA DI CIRCOLAZIONE E SERBATOIO D'ACCUMULO

■ = Raffreddamento R22 - ■ = Riscaldamento R22 - ■ = Raffreddamento R407C - ■ = Riscaldamento R407C

Grandezza	Versione	020	025	030	041	050	080	090	100	150	2007
Potenzialità frigorifera (kW) (E)	Tutte	6	7,3	9	11,2	14	18,8	21,6	28	33,6	-
Potenza assorbita totale (kW)	Standard (E)	2,15	2,6	3,15	3,45	4,25	5,7	6,55	8,75	11,7	-
	A	2,31	2,77	3,33	3,63	4,53	5,99	6,85	9,35	12,35	-
Portata acqua (l/h)	Tutte	1030	1260	1550	1930	2410	3230	3720	4820	5780	-
Perdite di carico (kPa)	Standard	3,2	2,6	30,4	31,2	33	28,2	29,4	24,1	22,3	-
Prevalenza utile (kPa)	A	70	66	62	60	60	55	48	66	63	-
Potenzialità termica (kW) (E)	Tutte	7,2	8,4	9,9	12,5	15,5	19,9	23,1	30,6	40,5	-
Potenza assorbita totale (kW)	Standard (E)	2,45	2,75	3,35	4	4,7	6,25	7,4	10,1	13	-
	A	2,61	2,92	3,53	4,18	4,98	6,54	7,7	10,7	13,65	-
Portata acqua (l/h)	Tutte	1240	1440	1700	2150	2670	3420	3970	5260	6970	-
Perdite di carico (kPa)	Standard	4,9	4	33,5	5,4	37,1	28,9	30,6	26,3	29,7	-
Prevalenza utile (kPa)	A	70	66	62	58	60	55	48	66	63	-
Potenzialità frigorifera (kW) (E)	Tutte	5,7	6,6	8,2	10,4	13,7	18,2	21,1	27,4	33	42
Potenza assorbita totale (kW)	Standard (E)	2,3	2,65	3,25	3,59	4,6	5,95	6,8	9,2	12,5	14
	A	2,46	2,82	3,43	3,86	4,88	6,24	7,1	9,8	13,15	14,7
Portata acqua (l/h)	Tutte	980	1140	1410	1790	2360	3130	3630	4710	5680	7220
Perdite di carico (kPa)	Standard	4,3	3,1	28	27	37,1	28,9	30,6	26,3	29,7	36
Prevalenza utile (kPa)	A	71	68	67	61	62	57	50	69	66	70
♫ Pressione sonora - dB (A)	Standard	34	40,5	40,5	38	43	42,5	42,5	50	51	50
	A	33	40	40	37	41	41	40	48	49	50
Portata aria (m³/h)	Tutte	2500	3300	3450	5300	7000	6700	6450	13450	*	12000
Ranghi batteria	Tutte	2	2	2	2	2	2	3	2	3	3
Attacchi idraulici (Ø maschio)	Standard	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"
Attacchi idraulici (Ø femmina)	A	1"	1"	1"	1"	1"1/4	1"1/4	1"1/4	**	**	1"
Contenuto acqua scambiatore (dm³)	Tutte	0,6	0,75	1	0,85	1,03	1,41	1,78	2,44	3,1	3,1
Velocità pompa (m³)	A	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1
Capacità vaso d'espansione (l)	A	2	2	2	2	5	5	5	8	8	8
Pressione di precarica (bar)	A	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Valvola di sicurezza (bar)	A	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Volume serbatoio (l)	A	25	25	35	35	75	75	75	145	145	145

Grandezza AN H - HA		0207	0257	0307	0417	0507	0807	0907	1007	1507	2007
Potenzialità frigorifera (kW) (E)	H - HA	5,7	6,6	8,2	10,4	13,7	18,2	21,1	27,4	35	40
Potenza assorbita totale (kW)	H	2,30	2,65	3,25	3,59	4,60	6,10	7,0	9,4	12,25	13,9
	HA	2,46	2,82	3,43	3,86	4,88	6,4	7,3	10	12,9	14,6
Portata acqua (l/h)	H - HA	980	1140	1410	1790	2360	3130	3630	4710	6020	6880
Perdite di carico (kPa)	H	4,3	4,4	28,0	27,0	37,1	28,9	30,6	26,3	29,0	32,5
Prevalenza utile (kPa)	HA	71	67	67	61	62	57	50	69	58	70
Potenzialità termica (kW) (E)	kW	7,4	8,5	9,7	11,8	15,2	19,2	22,7	32	39,5	45
Potenza assorbita totale (kW)	H	2,78	3,24	3,72	4,33	5,35	6,8	8,4	11,3	14,15	16
	HA	2,94	3,4	3,9	4,6	5,6	7,1	8,7	11,9	14,8	17,1
Portata acqua (l/h)	l/h	1270	1460	1670	2030	2610	3300	3900	5500	6790	7740
Perdite di carico (kPa)	H	5	7	38	30	39	26	36	28	29	45
Prevalenza utile (kPa)	HA	69	65	67	60	55	57	50	66	58	76
♫ Pressione sonora - dB (A)	H - HA	33	40	40	37	41	41	40	48	49	50
Portata aria (m³/h)	H - HA	2500	3300	3450	5300	7000	6700	6450	13450	12400	12000
Ranghi batteria	H - HA	2	2	2	2	2	2	3	2	3	4
Attacchi idraulici (Ø femmina)	H	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"
	HA	1"	1"	1"	1"	1"1/4	1"1/4	1"1/4	**	**	1"
Contenuto acqua scambiatore (dm³)	H - HA	0,6	0,75	0,85	0,85	1,03	1,41	1,78	2,44	3,1	3,1
Velocità pompa (m³)	HA	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1
Capacità vaso d'espansione (l)	HA	2	2	2	2	5	5	5	8	8	8
Pressione di precarica (bar)	HA	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Valvola di sicurezza (bar)	HA	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Volume serbatoio (l)	HA	25	25	35	35	75	75	75	145	145	145

(E) Prestazioni certificate Eurovent.

Alimentazione elettrica: 400 V - 3+N - 50 Hz

per 020 - 025 - 030 - 041: 230 V - 1 - 50 Hz; per 041 - 050 - 080 - 090 - 100 - 150 - 2007: 230 V - 3 - 50 Hz

Le prestazioni sono riferite alle seguenti condizioni:

♫ Pressione sonora misurata in campo libero con una distanza frontale di 10 m e fattore di direzionalità = 2.

Raffreddamento:

temperatura acqua uscente 7 °C;
temp. aria esterna 35 °C; Dt = 5 °C.

Riscaldamento:

temperatura acqua uscente 50 °C;
temp. aria esterna 7 °C B.S., 6 °C B.U.; Dt = 5 °C.

* = 13450 m³/h; 12400 m³/h per AN H

** = 1"1/2 in ingresso; 1"1/4 in uscita



Via Roma 44 - 37040 Bevilacqua (Verona) Italy
Tel. +390442633111 - Fax +39044293577
www.aermec.com