



Tecnica del freddo:

Il circuito frigorifero

Settembre 2002

Tecnica del freddo:

Il circuito frigorifero

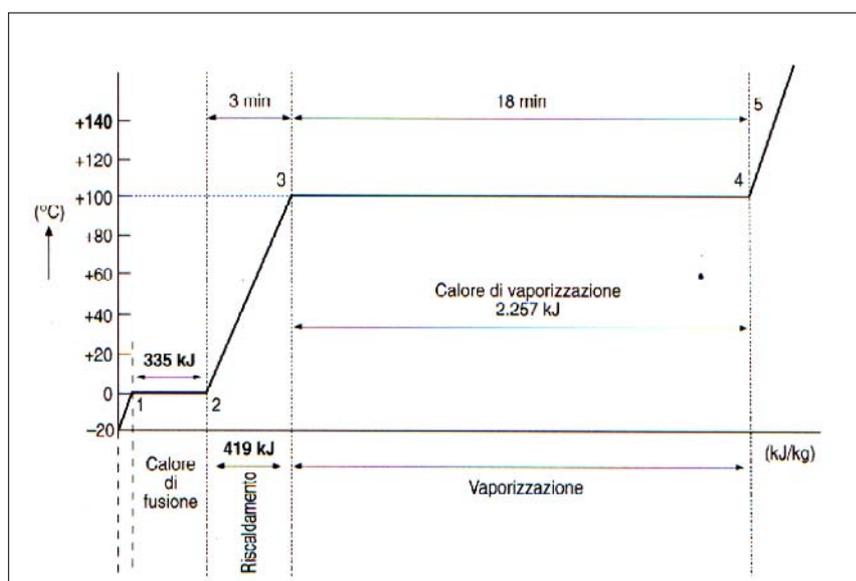
Grandezze fisiche fondamentali:

- **Temperatura**: lo scopo della tecnica del freddo è scendere al di sotto della T ambiente;
- **Pressione**: come vedremo, pressione e temperatura sono strettamente legate l'una all'altra;
- **Entalpia**: è la grandezza usata in termodinamica (e quindi in tecnica del freddo) per definire lo stato energetico di una sostanza che si trova a determinate condizioni di pressione e temperatura.

Unità di misura delle grandezze fondamentali:

- **Temperatura:** gradi kelvin (K) o gradi centigradi ($0^{\circ}\text{C}=273.15\text{K}$) ($0\text{K}=-273.15^{\circ}\text{C}$) Notare che la scala centigrada e la scala kelvin hanno intervalli di stesso valore: per passare da 30°C (303.15K) a 20°C (293.15K) occorre ridurre la temperatura di 10 unità in entrambe le scale.
- **Pressione:** MPa (MegaPascal) o bar (si trovano in letteratura diagrammi frigoristici che esprimono la pressione in MPa o in bar) ($1\text{bar}=0.1\text{MPa}$) ($1\text{MPa}=10\text{bar}$)
- **Entalpia:** joule (si tratta di energia)

Cambiamento di stato di 1kg di acqua a pressione atmosferica mediante apporto costante di energia termica



Il calore di vaporizzazione è uguale al calore di condensazione.

È davvero interessante vedere l'elevata quantità di energia in gioco nelle trasformazioni in cui si ha passaggio dallo stato liquido a quello di vapore e viceversa.

Questa proprietà, comune alle varie sostanze, è sfruttata in tecnica del freddo nelle macchine frigorifere a compressione di vapori saturi.

Tipi di macchine frigorifere:

- A compressione di vapori saturi (le più usate)
- Ad aria (usate nella climatizzazione di velivoli a reazione)
- Ad assorbimento (utili se si dispone di cascami termici)
- Ad effetto termoelettrico Peltier (usate per piccolissime potenze: qualche watt)

Schema di macchina frigorifera a compressione di vapori saturi

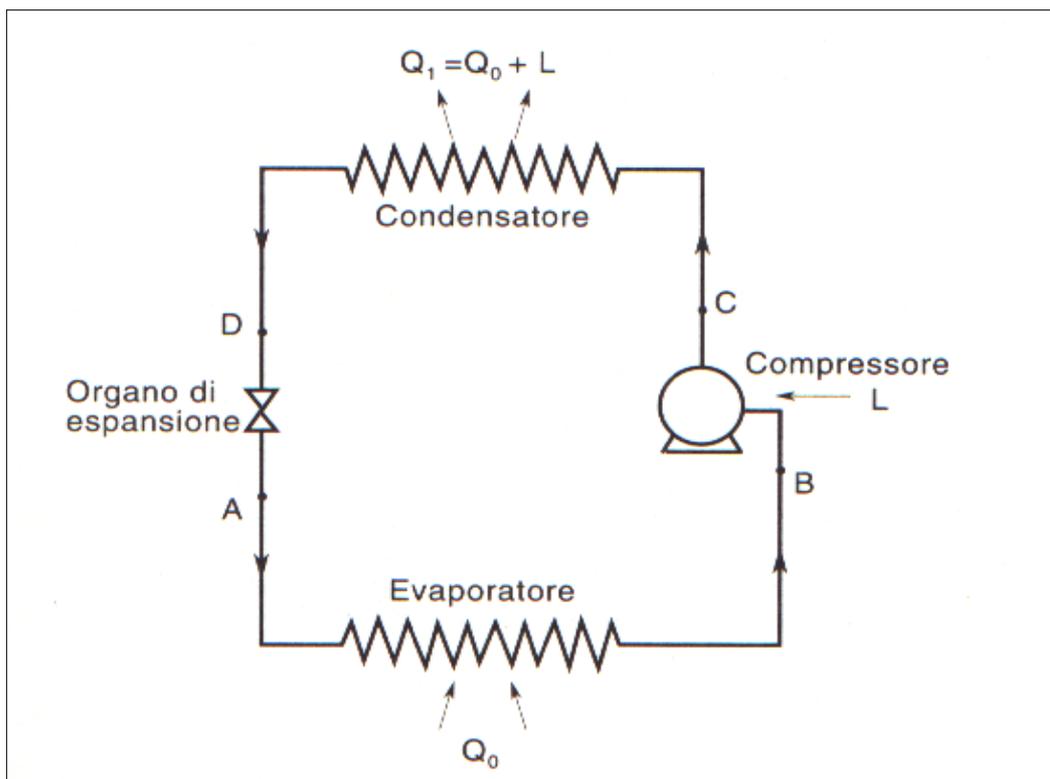
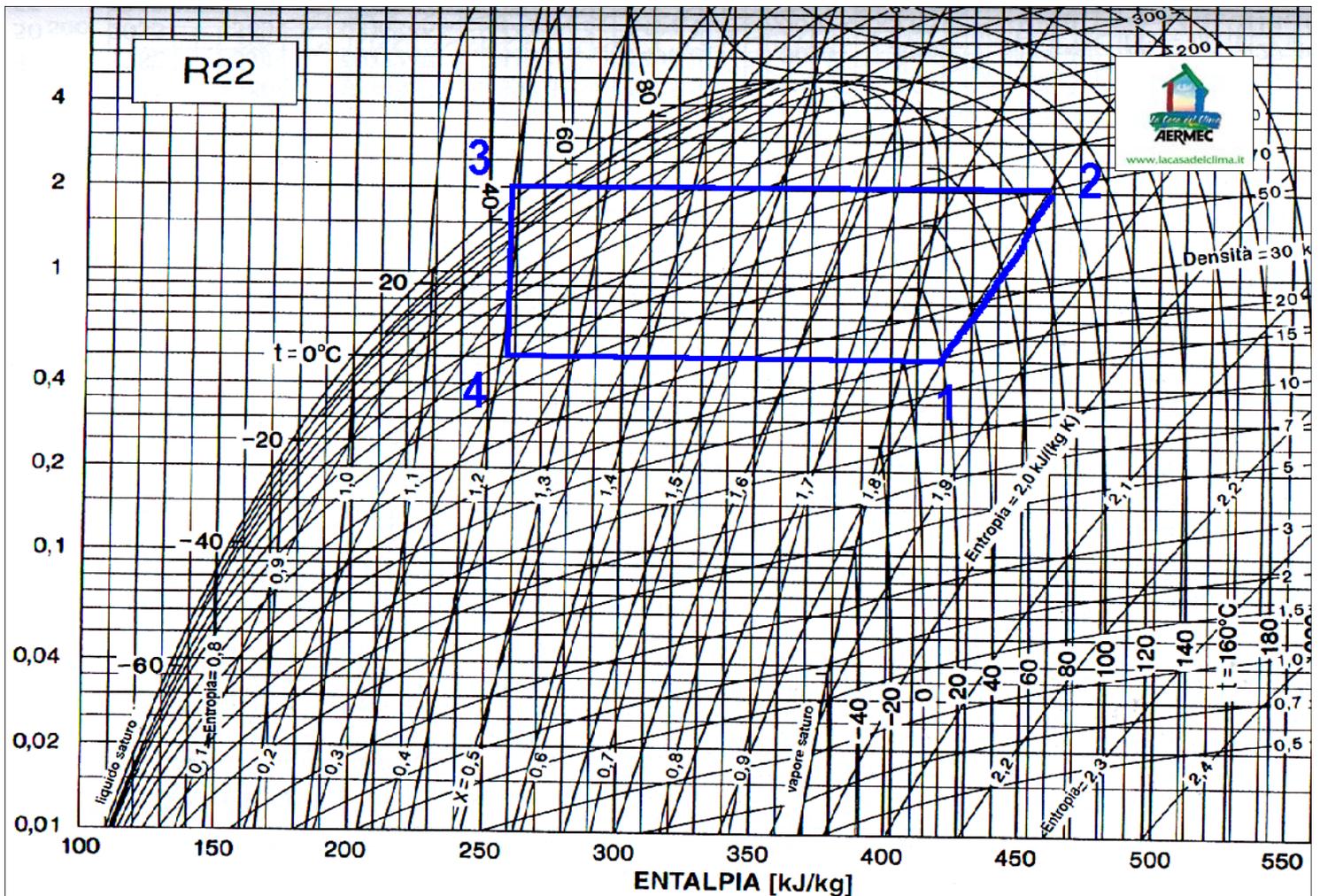
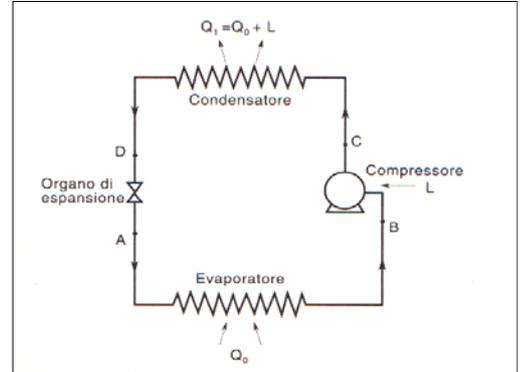
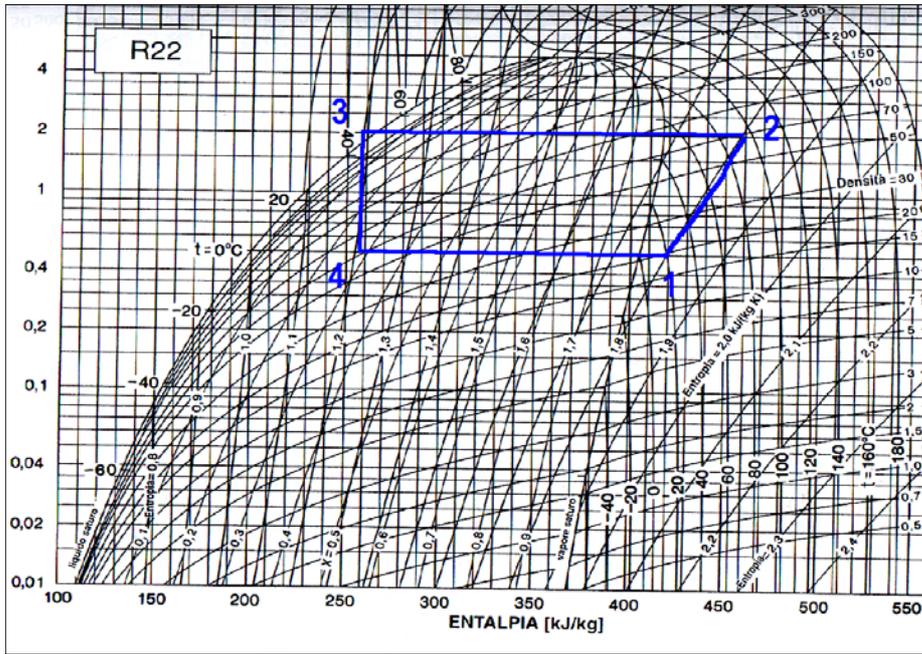


Diagramma entalpico di Mollier (diagramma del frigorista)



AERMEC

Refrigeratori, pompe di calore aria acqua e motocondensanti
Air to water chillers, heat pumps and condensing units

AN R22 - R407C



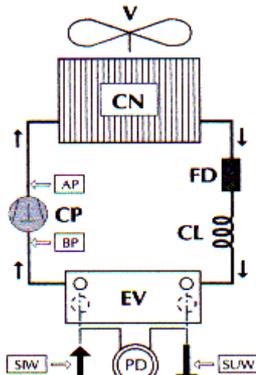
IANP/IV 97026
67554.01

Integratore S.
97026
67554.00 / 9904

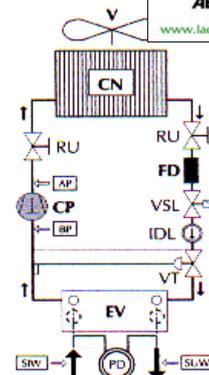
MANUALE TECNICO E D'INSTALLAZIONE
TECHNICAL AND INSTALLATION BOOKLET

LAY-OUT CIRCUITO FRIGORIFERO E DISPOSITIVI DI CONTROLLO
LAY-OUT OF CHILLER CIRCUIT AND CONTROL DEVICES

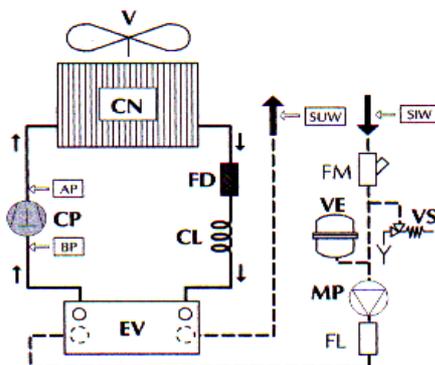
AN 020 - 025 - 030 - 040 - 050 - 080 - 090



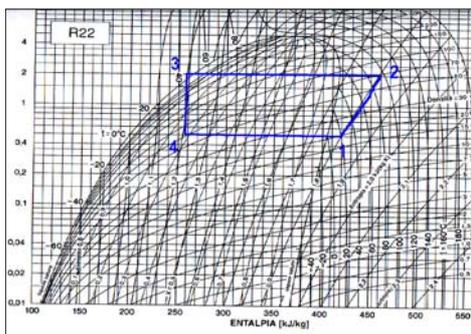
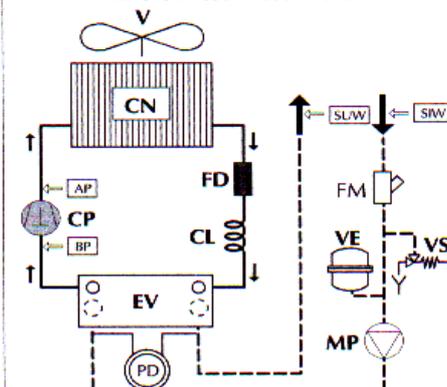
AN 100 - 1



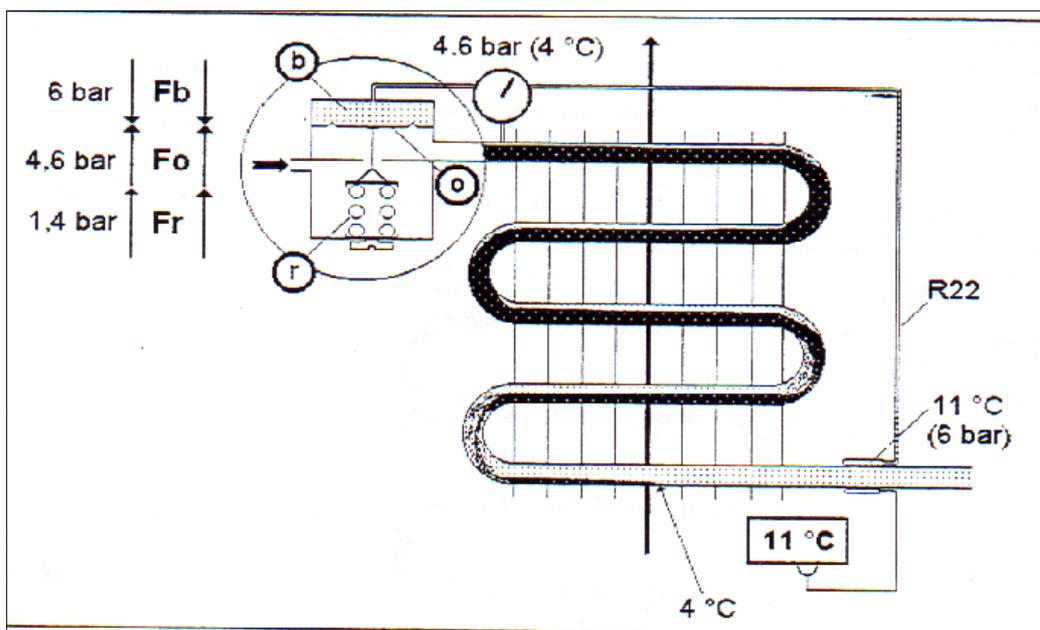
AN 020 P - 025 P - 030 P



AN 040 P - 050 P - 080 P - 090 P

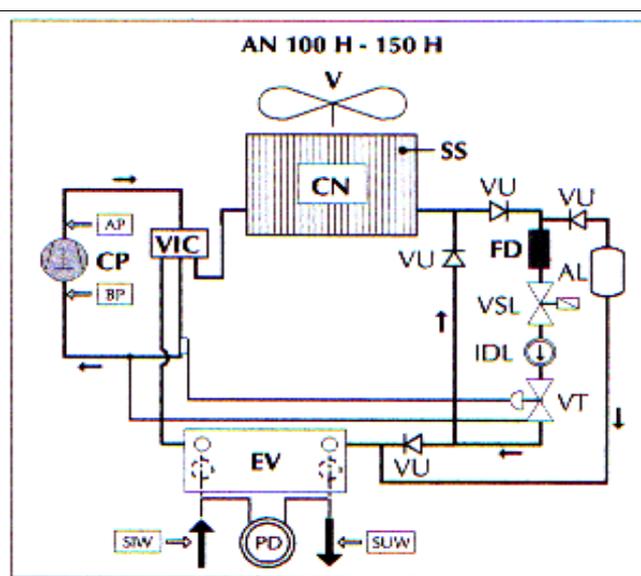
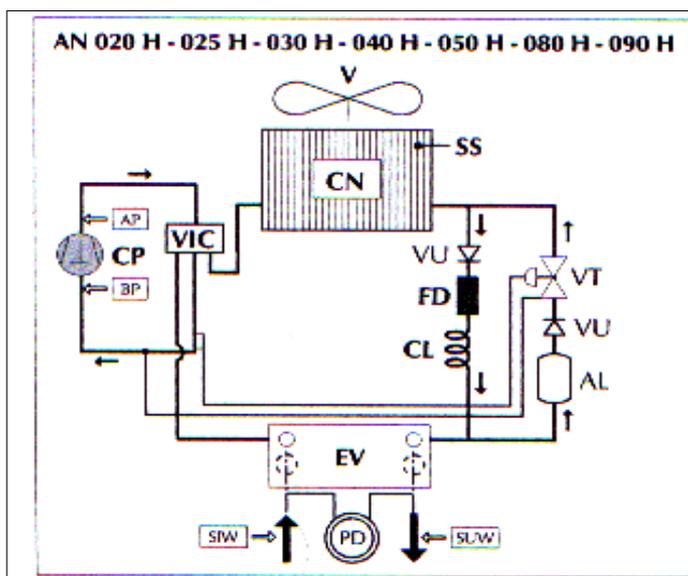
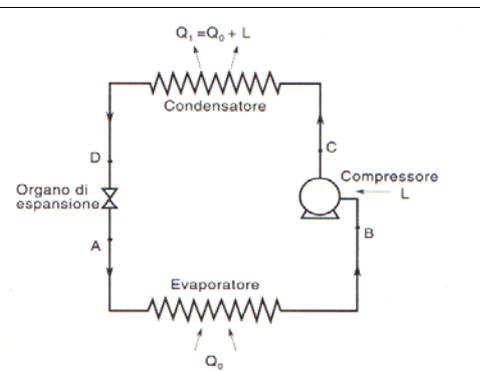
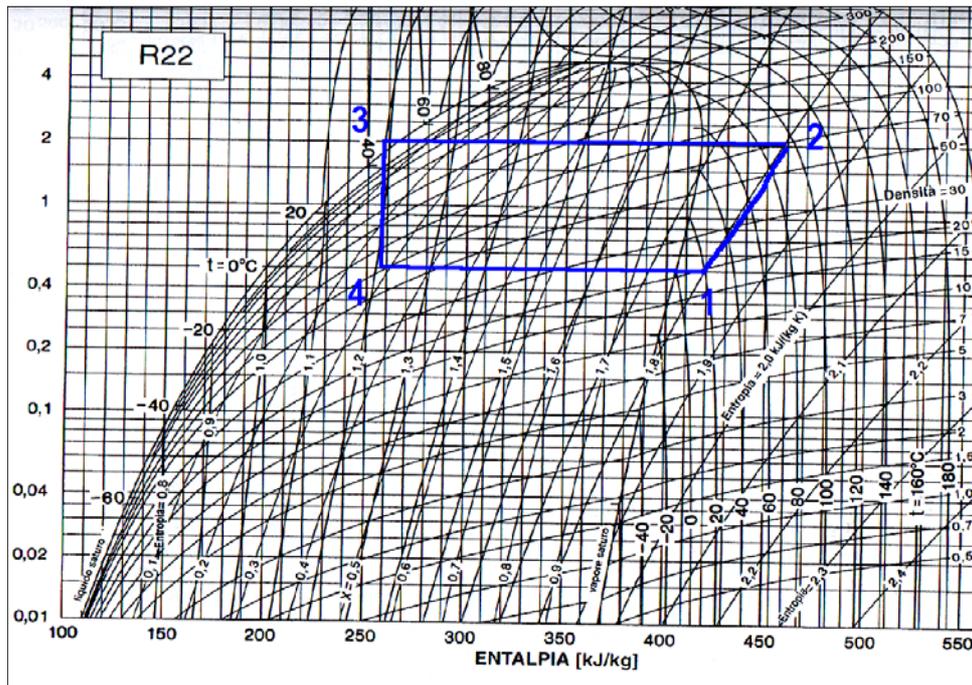


Funzionamento della valvola di laminazione termostatica

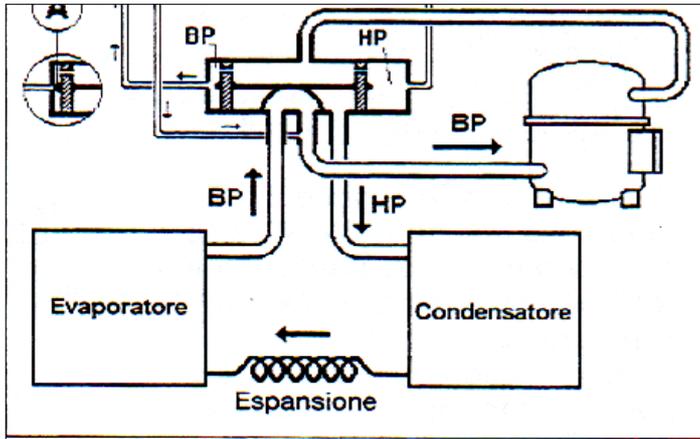


po è la pressione di evaporazione (fissa); pr è la pressione dovuta alla molla (regolabile in base al surriscaldamento voluto: in genere circa 7K); pb è la pressione di equilibrio dovuta al surriscaldamento voluto (variabile dipendente).

Pompa di calore

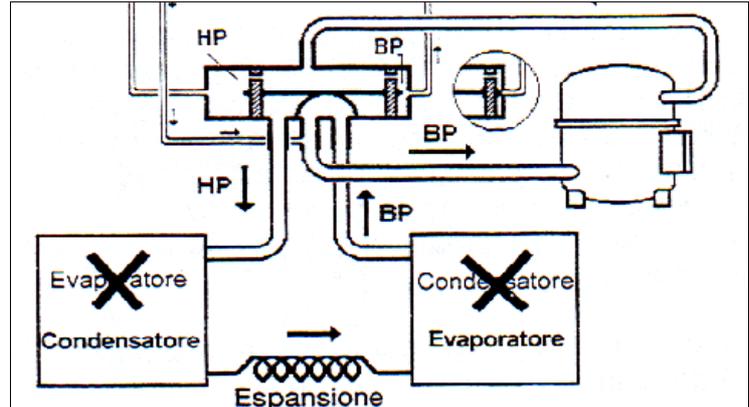


Notare: valvola inversione ciclo VIC, valvole unidirezionali VU, sonda di sbrinamento SS, accumulo di R22 liquido AL, valvola solenoide VS.



Valvola a cassetto a 4 vie per inversione ciclo.

Pompa di calore



**Condensazione
ad acqua**

Vantaggi: maggiore EER a parità di potenza resa (si condensa a circa 40°C e non a 50°C).

Acqua di torre: 35-30°C.

AERMEC
www.lacasadeclima.it

Refrigeratori e pompe di calore acqua acqua
Water to water chillers and heat pumps

**NRW NRW-H NRW-E
R22 - R407C**



**MANUALE TECNICO E D'INSTALLAZIONE
TECHNICAL AND INSTALLATION BOOKLET**

CE

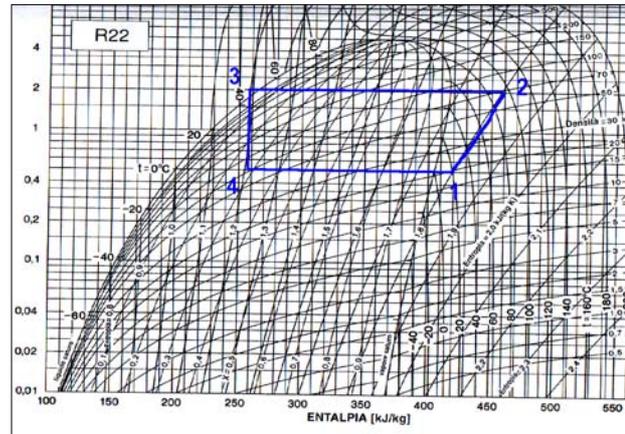
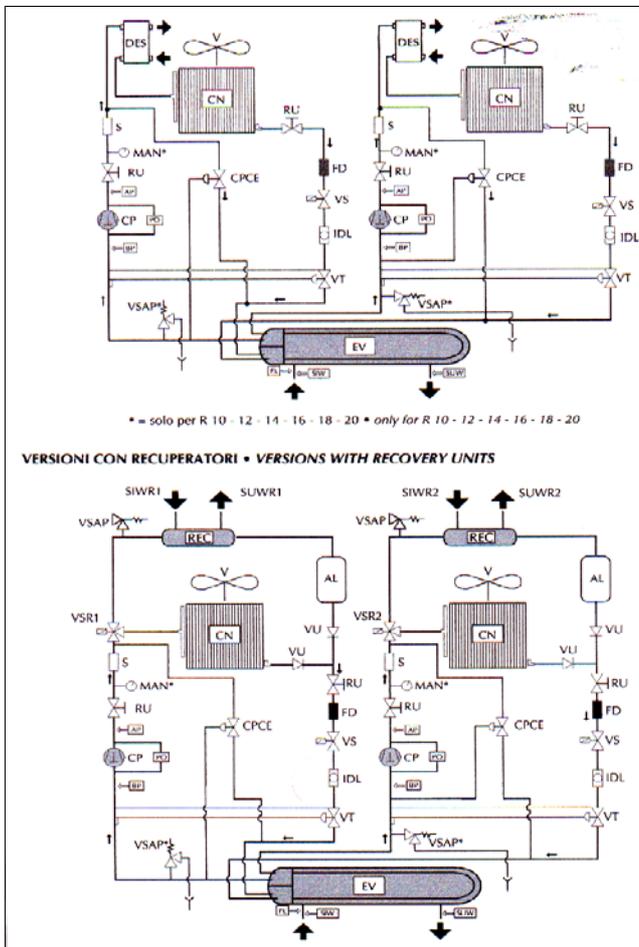
AERMEC
COMPANY QUALITY SYSTEM
S
ICIM
REG. MIN. - C.M. n. 01281
CISO

INRWPW
9803
65579.10

Serie/Modello n.
Ripetizione
65579.08 / 9801

Esempio: AN100: Pf=28kW; Pa=8,75kW; EER=3,20

NRW10: Pf=28,05kW; Pa=7,69; EER=3,65



Uso del desurriscaldatore e recupero totale:

Importanza della giusta carica di refrigerante

Ogni macchina frigorifera deve essere caricata con la giusta quantità di refrigerante.

Saranno lo studio dei progettisti, la cura dei tecnici in linea e l'abilità dei collaudatori in camera calorimetrica ad assicurare che tutto sia ben fatto.

Aermec dispone di:

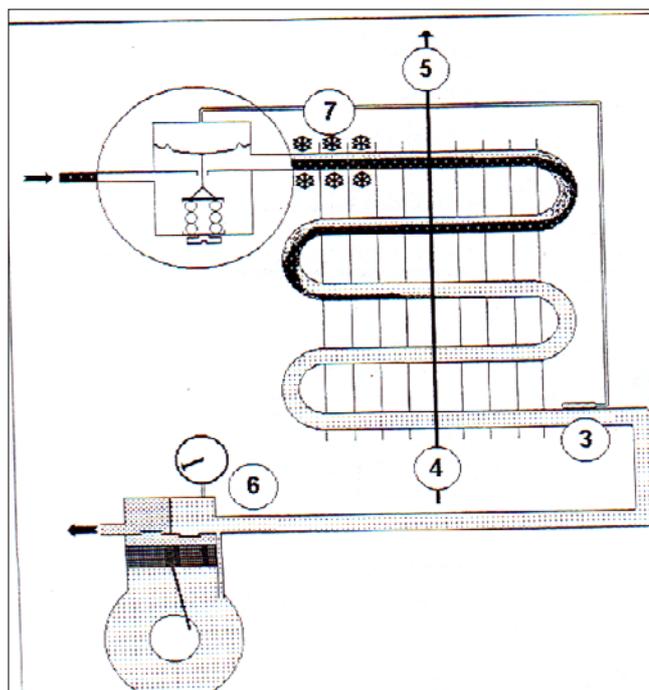
- Staff tecnico di progettazione (calcola la giusta carica: 10kg)
- Linea di vuoto e carica (ricerca fughe con elio in pressione)
- Camera di collaudo (collaudatori esperti fanno gli ultimi ritocchi (vedono ad esempio che la macchina "254100245" funziona correttamente con 9,755kg...))

Inconvenienti legati alla carica insufficiente



In evaporatore giunge poco refrigerante:

- la capacità frigorifera si riduce;
- il surriscaldamento diviene elevato: il motore non viene correttamente raffreddato;
- La BP si riduce notevolmente:
blocco di BP (rischio di gelo acqua in evaporatore).



La spia del liquido mostra delle bolle di vapore (non c'è sottoraffreddamento: si riduce l'efficienza del ciclo termodinamico).

Cosa fare se ci si accorge che manca refrigerante:



- Ricerca fughe;
- Riparazione;
- Carica.



In un impianto ad espansione diretta la ricerca delle fughe è lunga e noiosa e non sempre va a buon fine!!!

In un impianto idronico le fughe sono concentrate nel solo chiller (minore probabilità di fughe, maggiore individuabilità delle stesse!!!)

Importanza del ritorno dell'olio



lubrificante al compressore:

Il fluido refrigerante è un ottimo detergente;

Alla mandata del compressore va, oltre al refrigerante, anche una parte di olio lubrificante;

Alla lunga, se l'olio non torna al compressore, la lubrificazione del compressore diventa insufficiente e si rischia il grippaggio;

L'olio va a depositarsi in evaporatore (dove diventa più viscoso a causa della bassa temperatura) (si riduce lo scambio termico).

Chi disegna le linee frigorifere deve attuare degli accorgimenti particolari (giusto disegno del percorso, corrette sifonature etc...) per agevolare il ritorno dell'olio.

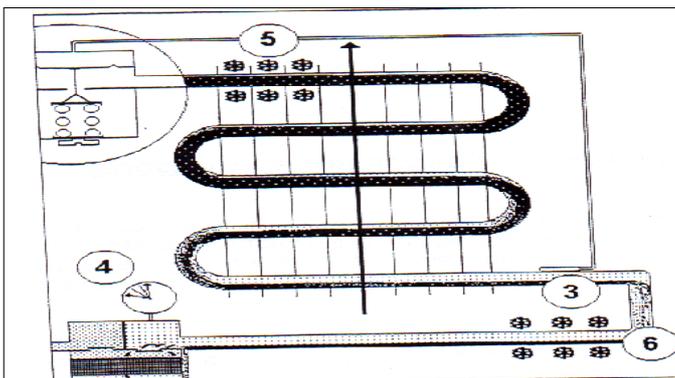
Problemi legati al non corretto dimensionamento dello (degli) evaporatore (evaporatori).



Evaporatore troppo piccolo

Il compressore smaltisce una portata superiore a quella evaporabile in evaporatore.

Risultato: scarsa potenza frigorifera rispetto a quella che il gruppo compressore potrebbe assicurare e , ben più grave, pericolo di ritorno di refrigerante liquido al compressore.



Il compressore aspira più dello smaltibile: la BP si riduce e si rischia il blocco di bassa.

Critério di scelta dell'evaporatore

Potenza motocondensante: AN 080C Pf = 21,3kW

Scelta evaporatore: P > 22 kW (alle stesse condizioni)



Grandezza		020 C	025 C	030 C	040 C	050 C	080 C	090 C	100 C	150 C
Potenzialità frigorifera	kW	6,6	8,2	9,4	12,5	15,7	21,3	23,3	30	38,4
Potenza assorbita totale	kW	2,25	2,65	3,2	3,4	4,35	5,95	6,65	8,9	12,2
E.E.R.	W/W	2,93	3,09	2,94	3,68	3,61	3,58	3,50	3,37	3,15
Potenzialità frigorifera	kW	6,3	7,5	9,2	12,3	15,5	20	23	29,5	38
Potenza assorbita totale	kW	2,35	2,7	3,3	3,65	4,7	6,15	6,9	9,4	12,9
E.E.R.	W/W	2,68	2,78	2,79	3,37	3,30	3,25	3,33	3,14	2,95
Pressione sonora	dB (A)	34	40,5	40,5	38	43	42,5	42,5	50	51
Portata aria	m³/h	2500	3300	3450	5400	7000	6700	6450	13450	13450
Ranghi batteria	n°	2	2	2	2	2	2	3	2	3

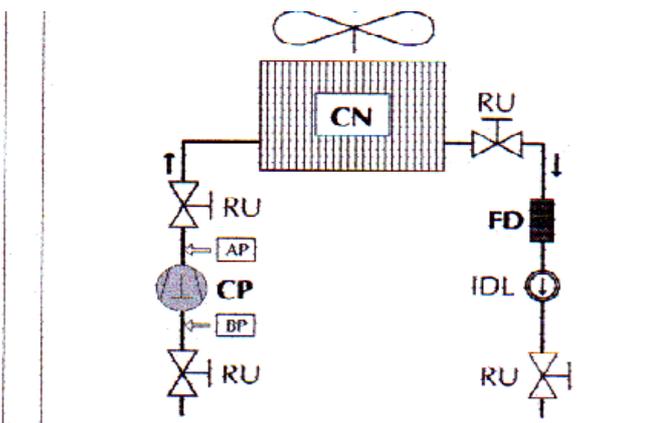
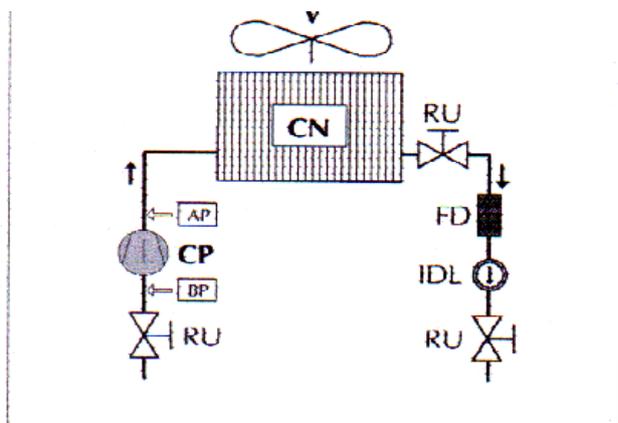
Alimentazione elettrica: 230 V - 3 - 50 Hz; 400 V - 3+N - 50 Hz

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 d'evaporazione 5 °C;
- temperatura aria esterna 35 °C.



Perdita di EER ogni 10m di linea frigorifera: 1%



Componenti di una macchina frigorifera



Compressore

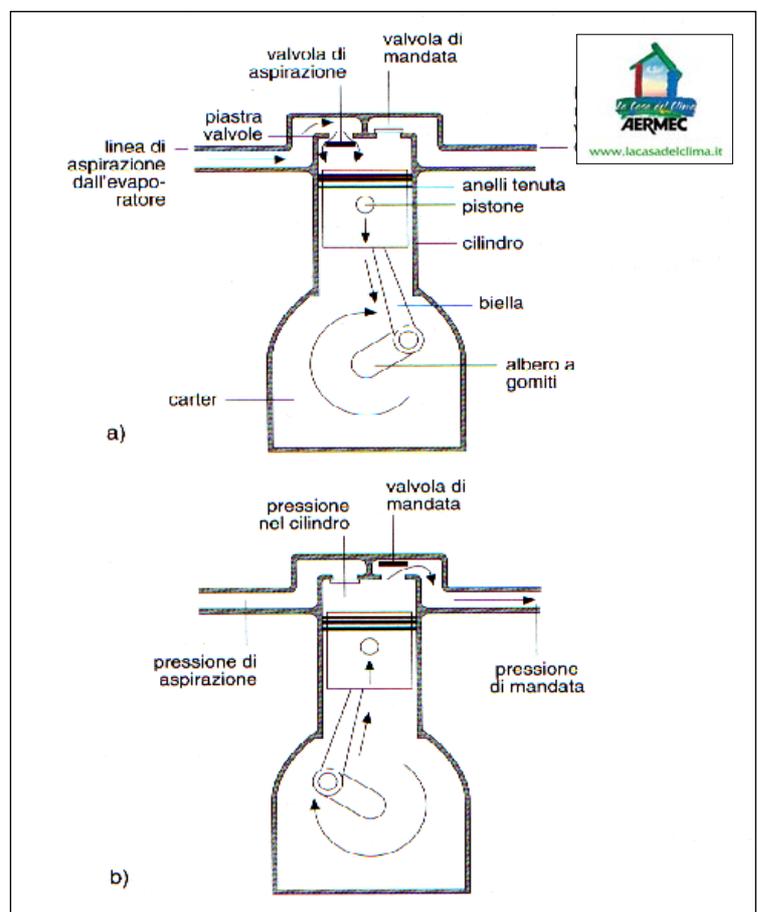
Tipi di Compressore

CAMPO DI POTENZA FRIGORIFERA RESA	TIPO DI COMPRESSORE
fino a 90 kW	alternativo - scroll
da 90 a 280 kW	alternativo - vite
da 280 a 700 kW	alternativo - vite - centrifugo
da 700 a 2800 kW	vite - centrifugo
da 2800 a 8400 kW	centrifugo

Compressore alternativo

Cinematicamente è analogo al noto motore a combustione interna per autotrazione.

Nel caso del compressore, ovviamente, siamo noi a dover fornire lavoro meccanico dall'esterno.



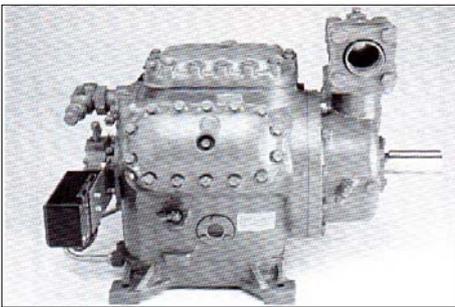
Compressore alternativo



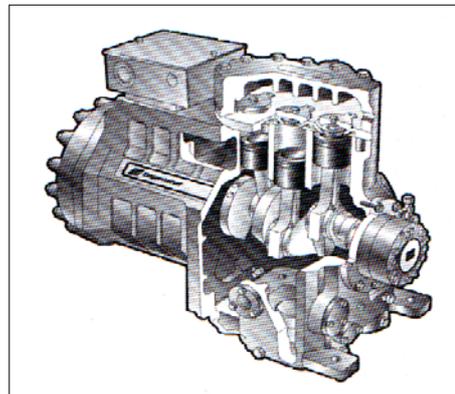
Vantaggi: tradizionalmente conosciuto da riparatori e manutentori;

Svantaggi: troppi elementi (scarsa affidabilità)
troppe parti in movimento (rumorosità);

Destino: è in corso di estinzione a vantaggio dei meno rumorosi e più affidabili compressori Scroll e Vite (screw)



Aperto (molto usato ad es. nel condizionamento di autobus: può essere accoppiato al motore del mezzo)



Semiermetico (ispezionabile)
Usato nei gruppi di media e alta potenza; motore e compressore hanno l'albero in comune.



Ermetico (non ispezionabile):
Usato nei gruppi di piccola potenza; motore e compressore hanno l'albero in comune.

Compressore Scroll (a spirale orbitante)



Brevettato nel 1905, si riesce a costruire solo da pochi anni.



Vantaggi del compressore a vite

Elevata affidabilità

Regolazione della capacità frigorifera

Lunga durata

Resistenza ai colpi di liquido

Maggiore silenziosità

Elevata affidabilità'

- **Numero di parti mobili inferiore di circa 10 volte a quello dei compressori alternativi;**
- **Si stima che la probabilità di guasto di un singolo compressore sia un quarto di quella di un alternativo;**

Livello sonoro inferiore

- Il compressore a vite emette una minor emissione sonora rispetto al compressore alternativo, specie alle basse frequenze, che sono le più difficili da abbattere. Questo è essenzialmente dovuto alla maggior velocità di rotazione del compressore a vite ed all'assenza di valvole in movimento.

Advantages of Single Screw Compressor —from conventional reciprocating compressor—

4 Compact and lightweight

	Reciprocating	Single screw
Weight	1.0	0.8
Dimensions (Width)	1.0	0.7

Advantages of Single Screw Compressor

—from conventional reciprocating compressor—

3 High durability

	Reciprocating	Single screw
Number of components (rate)	1.0	0.4
Overhaul interval	8,000 hours	40,000 hours (approx. 7 years)
Major components to replace when overhaul	Cylinder liner bearing, Valve, Valve spring, Piston ring	Ball bearing, Gate rotor (if necessary)

Screw Compressor

Single screw compressor



Twin screw compressor



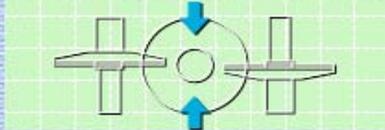
Advantages of Single Screw Compressor

—from twin screw compressor—

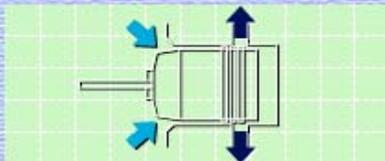
1 Structural advantages

Single screw compressor

- Balanced pressure
Zero radial load of screw rotor



- 12 compressions per rotation
Low vibration
- Balanced axial load of screw rotor

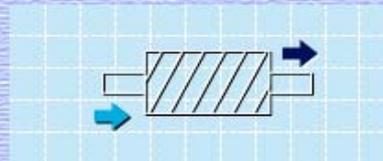


Twin screw compressor

- Asymmetrical pressure
High radial load



- 5 compression per rotation
- High axial load of screw rotor



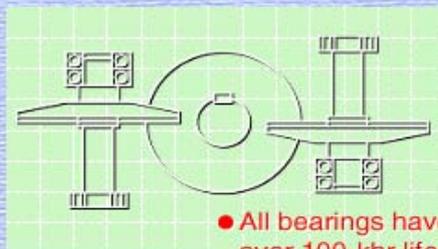
Advantages of Single Screw Compressor

—from twin screw compressor—

2 Advantages in bearings

Single screw compressor

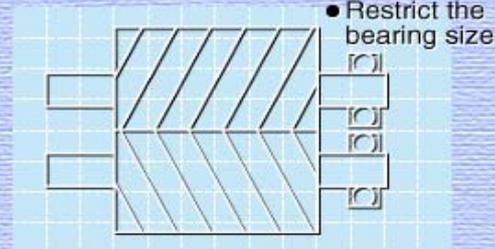
Long life design



- All bearings have over 100-khr life

Twin screw compressor

Restricted bearing size design



- Restrict the bearing size

Longer than 2 times of bearing life of twin screw type!

Advantages of Single Screw Compressor

—from twin screw compressor—

3 Advantages in rotors Single screw compressor

Single screw compressor

Glass fiber reinforced engineering plastic (PPS*) is used for the gate rotors

* PPS = Polyphenilen Sulfite

No transmitted load between screw rotor and gate rotors

PTFE (Poly fluorocarbon TFE) contained material prevents wear

Twin screw compressor

Casting rotor

Power is transmitted male to female rotor by 10 - 15%

Large wear rate of rotar

MESSA AL BANDO DEL REFRIGERANTE R22 regolamento CE 2037/2000

- La Gazzetta Ufficiale L244 del 29092000 riporta il regolamento sulle sostanze imputate di ridurre la fascia di ozono. L'abbandono dell' R22 nei paesi CEE è obbligatorio dal:
- 1 gennaio 2001 per gli apparecchi a solo freddo di potenza frigorifera superiore a 100 kW
- 1 luglio 2002 per gli apparecchi a solo freddo di potenza frigorifera inferiore a 100 kW
- 1 gennaio 2004 per gli apparecchi a pompa di calore di qualsiasi potenza frigorifera
- 1 gennaio 2010 come gas vergine per la manutenzione (dopo questa data si dovrà utilizzare gas rigenerato)

Fluidi sostitutivi dell'R22



R407C (miscela di tre componenti:
R32/R134a/R125 23%/25%/52%)

R410A (miscela di due componenti:
R32/R125 (50%/50%))



<i>fluido</i>	<i>p. cond.</i> [bar]	<i>p. evap.</i> [bar]	<i>COP</i>	<i>Q_{ov}</i> [kJ/m ³]
R12	7,5	1,5	4,07	1053
R134a	7,7	1,3	3,98	980
R600a	4,04	0,72	4,03	529
<u>R22</u>	11,9	2,4	4,04	1724
R717	11,7	1,9	4,10	1759
<u>R407C</u>	12,7	2,4	3,88	1667
R32/125/134a (23/25/52)				
<u>R410A</u>	18,9	4,0	3,76	2564
R32/125 (50/50)				

-20°C,+30°C

Confronto R22-fluidi alternativi

	R407C		R410A
pressioni	=		>>
COP	<		<
Qov	=		>>

Vantaggi R407C: proprietà molto simili ad R22

Vantaggi R410A: compressori di minore cilindrata

Svantaggi R407C: glide elevato

Svantaggi R410A: pressioni elevate

Tab. 1. Fluidi frigorigeni: proprietà fondamentali.

fluido	p.e.n. (glide) [°C]	t. critica [°C]	ODP R11=1	vita media atmosferica [anni]	GWP CO ₂ = 1 100 anni	gruppo sicurezza ASHRAE ²
R12	-29,8	111,8	0,9	102	8100	A1
R134a	-26,1	101,1	0	15	1300	A1
R600a	-11,8	135,0	0	3	3	A3
R22	-40,8	96,2	0,05	12	1500	A1
R717	-33,2	133,0	0	1	<1	B2
R407C	-43,0 (7,0)	86,7	0		1530	A1/A1
R32/125/134a (23/25/52)				6/33/15		
R410A	-51,4 (<0,1)	72,5	0		1730	A1/A1
R32/125 (50/50)				6/33		
R290	-42,1	96,8	0	3	20	A3
R502	-45,4	82,2	0,3		5490	A1
R22/115 (48,8/51,2)				12/1700		
R404A	-46,4 (0,9)	72,1	0		3260	A1/A1
R125/143a/134a (44/52/4)				33/49/15		
R507	-46,7	70,9	0		3300	A1
R125/143a (50/50)				33/49		

Effetto serra (global warming)



TEWI (total equivalent warming potential)

$$\text{TEWI} = \text{DGW} + \text{IGW}$$

- **DGW** (direct global warming)
- **IGW** (indirect global warming)

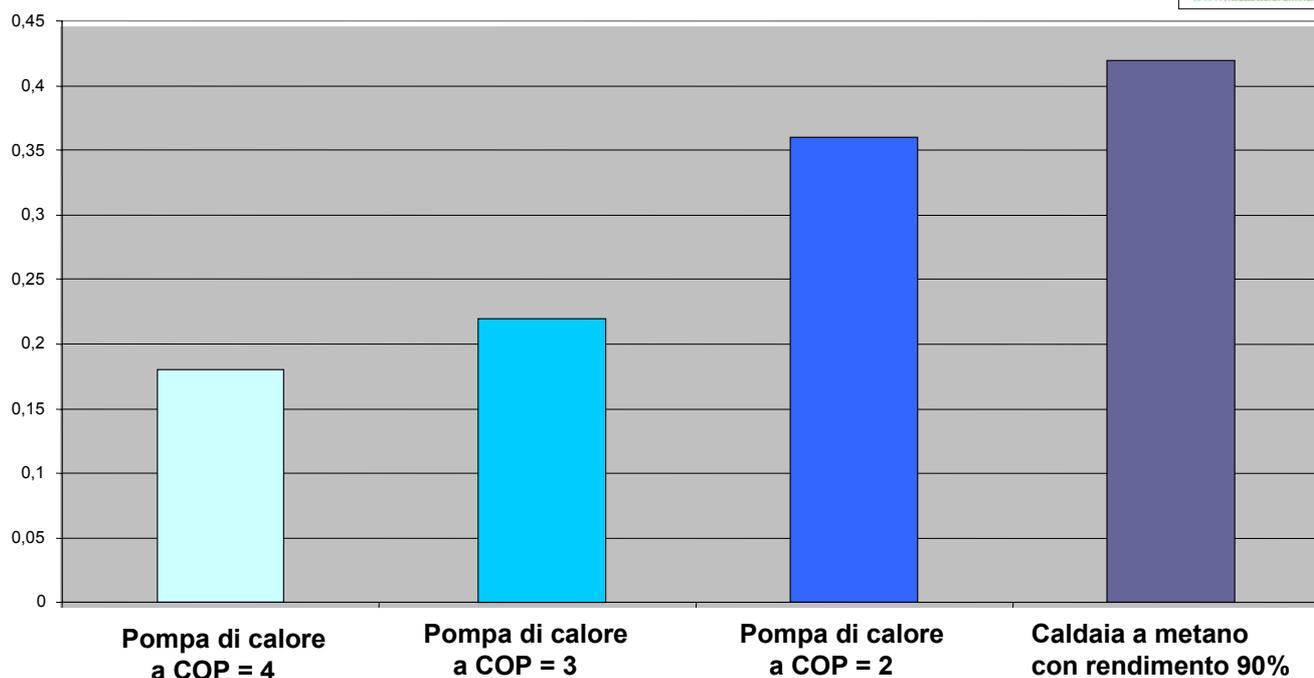
$$\text{DGW} = M \times \text{GWP}$$

- **M** è massa refrigerante dispersa nella vita utile della macchina compresa la fase di smantellamento della stessa;
- **GWP** è il global warming potential specifico del refrigerante usato;

$$\text{IGW} = k \times E$$

- **k** è kg CO₂ prodotti per produrre 1 kWh elettrico (in Italia vale 0.71, in UE la media è 0.51);
- **E** è energia elettrica consumata nel ciclo di vita

IGW



Glide (scorrimento)



R407C: 7K (miscela zeotropica)

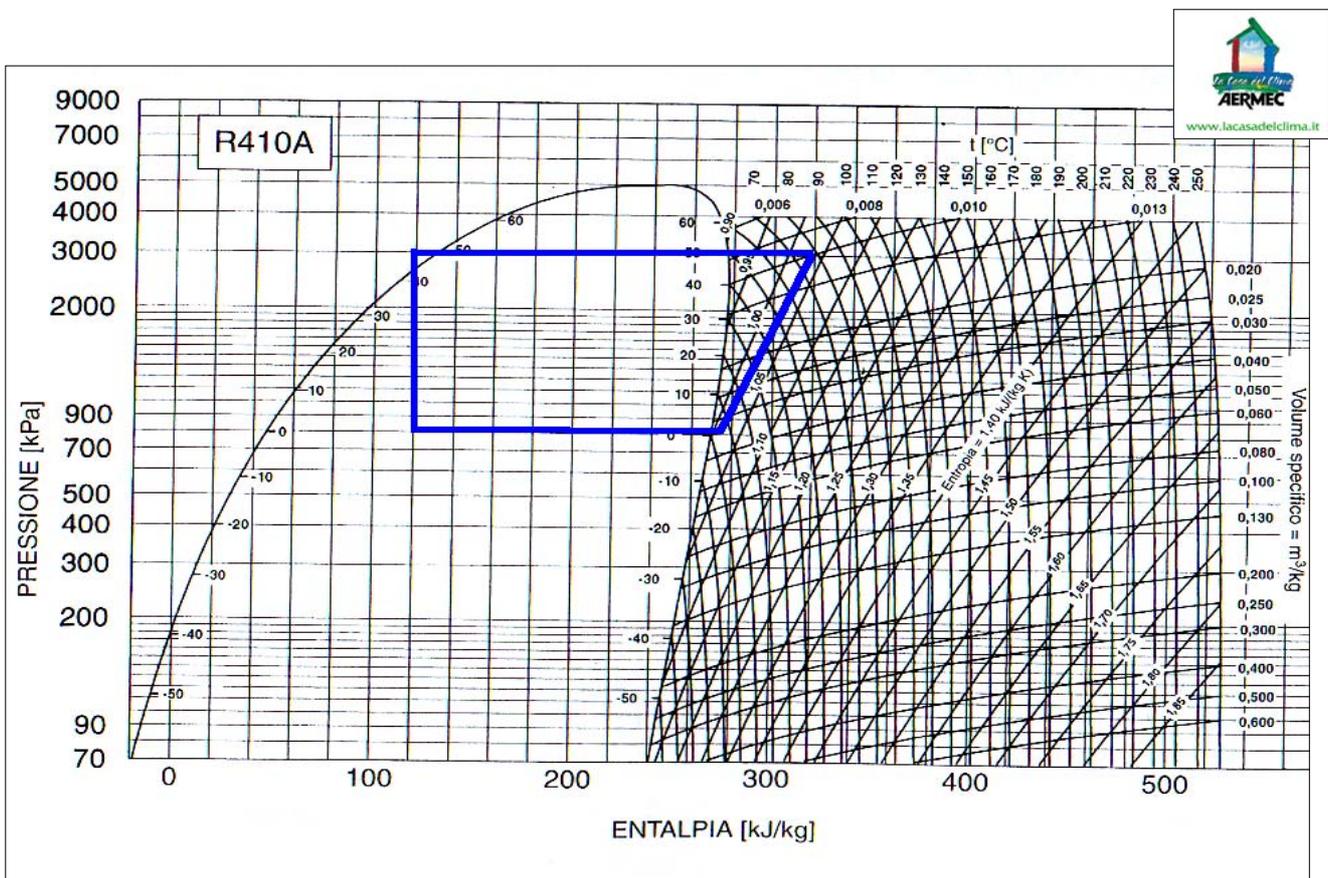
(problemi: tendenza allo smiscelamento)

R410A: 0.1K (miscela quasi azeotropica)

(comportamento quasi da fluido puro)

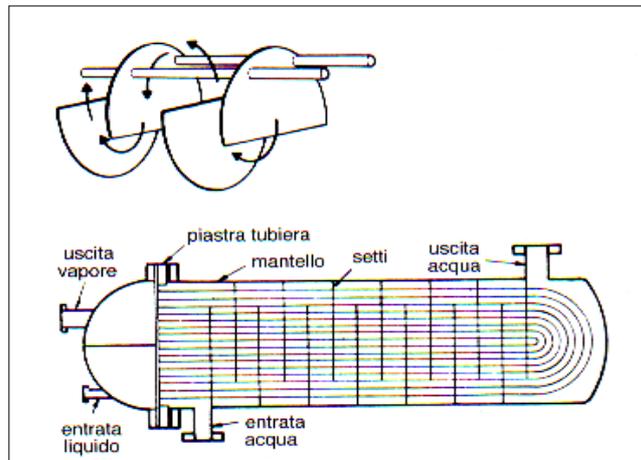
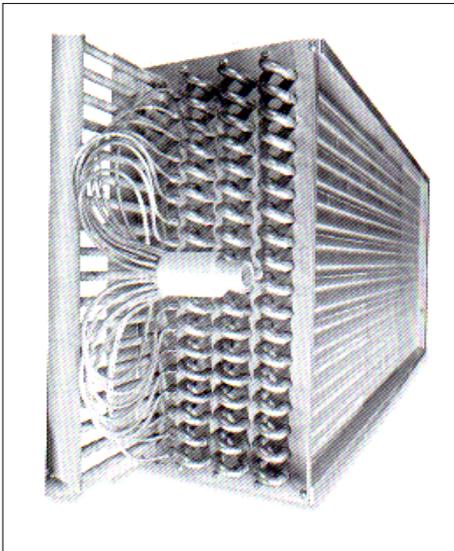
Olio lubrificante usato:

Olio Poliестere per entrambi.



Evaporatore

- aria batteria alettata;
- acqua piastre, fascio tubiero.



**Notare il distributore di liquido:
stessa lunghezza per ogni tubicino**

Filtro deidratatore

**Umidità: corrode il circuito
e ottura la valvola;**

**Elemento filtrante e
deidratante: gel di silice;**

**Va messo a monte
dell'organo di laminazione:
parte più vulnerabile
all'umidità e alle particelle
solide.**



Spia del liquido



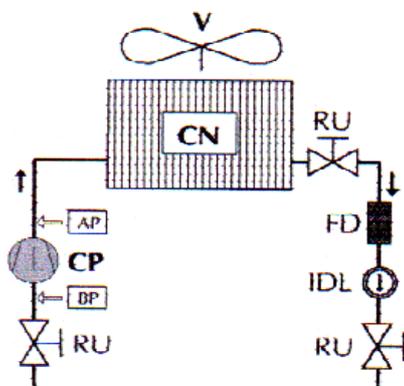
A monte della valvola di laminazione, permette di vedere se la carica è sufficiente: se si vedono bolle, significa che non c'è sottoraffreddamento e che quindi forse manca carica (manca liquido nel condensatore e quindi manca il sottoraffreddamento).

La spia del liquido dà valide indicazioni al frigorista.

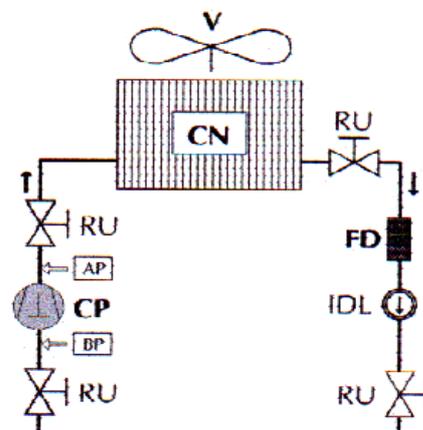
Contiene anche indicatore di umidità (una sostanza chimica particolare cambia colore quando è presente umidità).



AN 020 C - 025 C - 030 C - 040 C - 050 C - 080 C - 090 C



AN 100 C - 150 C





I dati tecnici riportati nella presente documentazione non sono impegnativi.
AERMEC S.p.A. si riserva la facoltà di apportare in qualsiasi momento
tutte le modifiche ritenute necessarie per il miglioramento del prodotto.

Les données mentionnées dans ce manuel ne constituent aucun engage-
ment de notre part. Aermec S.p.A. se réserve le droit de modifier à tous
moments les données considérées nécessaires à l'amélioration du produit.

*Technical data shown in this booklet are not binding.
Aermec S.p.A. shall have the right to introduce at any time whatever
modifications deemed necessary to the improvement of the product.*

*Im Sinne des technischen Fortschrittes behält sich Aermec S.p.A. vor,
in der Produktion Änderungen und Verbesserungen ohne
Ankündigung durchzuführen.*

AERMEC S.p.A.

I-37040 Bevilacqua (VR) - Italia
Via Roma, 44 - Tel. (+39) 0442 633111
Telefax (+39) 0442 93730 - (+39) 0442 93566
www.aermec.com - info@aermec.com
