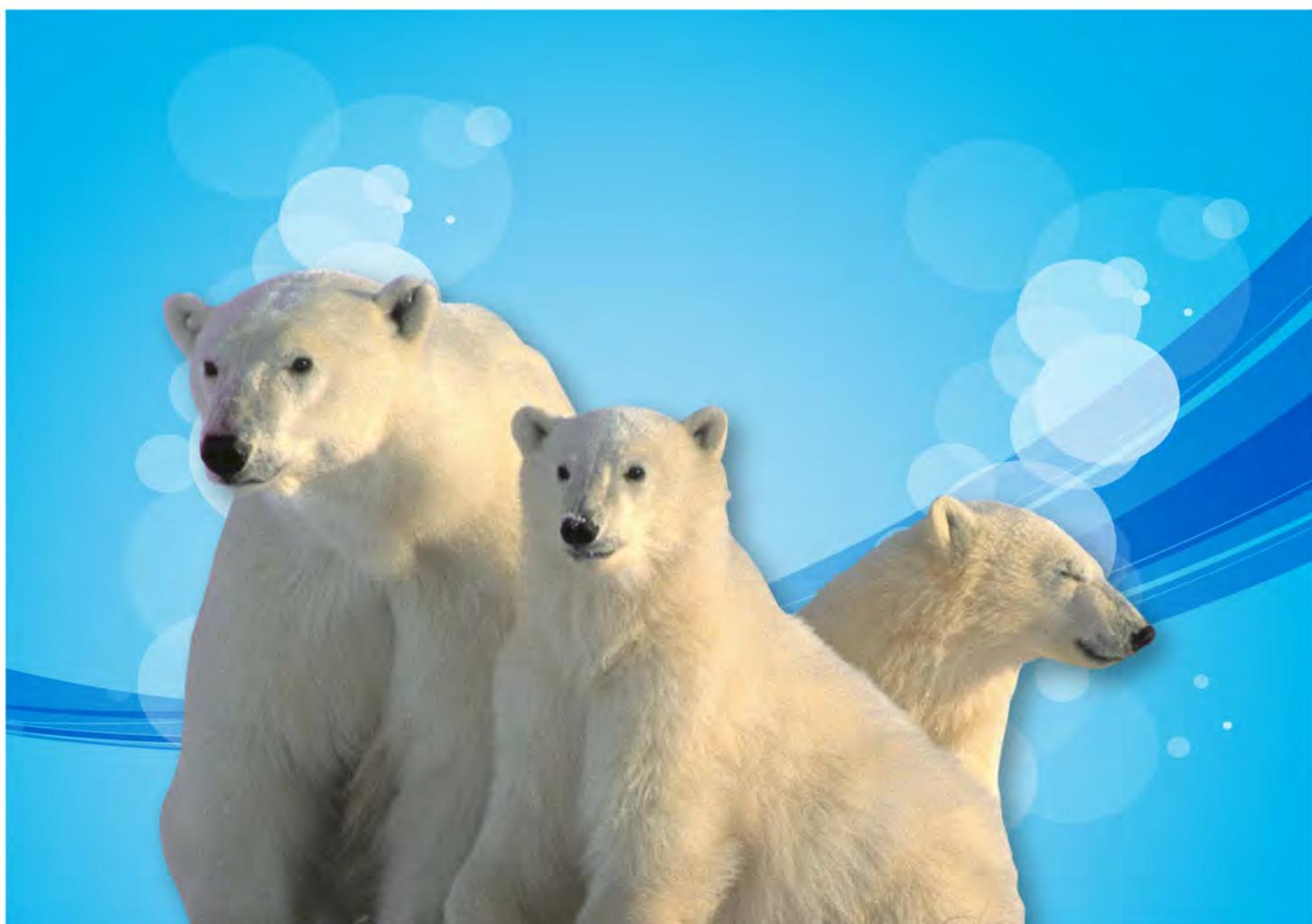


# MANUALE ILLUSTRATO DEL CONDIZIONAMENTO



 **CLIMATECH**

**[WWW.INGROSSOCLIMA.IT](http://WWW.INGROSSOCLIMA.IT)**

## **Introduzione**

Questo manuale è stato compilato per essere utilizzato negli istituti tecnici inferiori e medi.

Sebbene il contenuto e le espressioni possano talvolta risultare inadatti, si è avuto cura di modificare i concetti di base necessari ai tecnici della manutenzione allo scopo di renderli più facilmente comprensibili. Ci auguriamo che utilizzerete efficacemente questo manuale.

## Indice

<b>Capitolo 1</b> .....	<b>Principi essenziali della refrigerazione</b> .....	<b>3</b>
<b>Capitolo 2</b> .....	<b>Diagramma di Mollier</b> .....	<b>31</b>
<b>Capitolo 3</b> .....	<b>Classificazione dei condizionatori d'aria</b> .....	<b>49</b>
<b>Capitolo 4</b> .....	<b>Componenti</b> .....	<b>59</b>
<b>Capitolo 5</b> .....	<b>Collegamenti elettrici</b> .....	<b>83</b>
<b>Capitolo 6</b> .....	<b>Funzionamenti di base</b> .....	<b>97</b>
<b>Capitolo 7</b> .....	<b>Installazione</b> .....	<b>31</b>
<b>Capitolo 8</b> .....	<b>Prova di funzionamento</b> .....	<b>155</b>
<b>Capitolo 9</b> .....	<b>Ricerca e riparazione di guasti</b> .....	<b>173</b>
<b>Capitolo 10</b> .....	<b>Diagramma psicrometrico</b> .....	<b>193</b>
<b>Capitolo 11</b> .....	<b>Semplice calcolo del carico di raffreddamento</b> .....	<b>203</b>
<b>Capitolo 12</b> .....	<b>Appendice</b> .....	<b>209</b>
<b>Capitolo 13</b> .....	<b>Spiegazioni supplementari</b> .....	<b>247</b>



## Capitolo 1 Principi essenziali della refrigerazione

1.1	Pressione .....	4
1.1.1	Massa .....	4
1.1.2	Forza e peso .....	5
1.1.3	Che cos'è la "pressione"? .....	5
1.1.4	Unità di pressione .....	6
1.1.5	La legge di Pascal .....	6
1.1.6	Pressione atmosferica .....	7
1.1.7	Vuoto .....	7
1.1.8	Conversione delle unità di pressione .....	7
1.1.9	Pressione assoluta e pressione relativa .....	9
1.2	Calore e temperatura .....	9
1.2.1	Che cos'è il "calore"? .....	9
1.2.2	Flusso del calore .....	9
1.2.3	Trasmissione del calore .....	10
1.2.4	Che cos'è la "temperatura"? .....	10
1.2.5	Scale termometriche .....	10
1.2.6	Zero assoluto .....	11
1.2.7	Scale assolute delle temperature .....	11
1.2.8	Formule di conversione delle temperature .....	12
1.2.9	Unità di calore .....	13
1.2.10	Lavoro, energia e potenza .....	15
1.3	Calore sensibile e calore latente .....	16
1.3.1	Tre stati fisici .....	16
1.3.2	Cambiamento di fase dell'acqua .....	17
1.3.3	Saturazione, surriscaldamento e sottoraffreddamento .....	18
1.3.4	Temperatura di saturazione .....	19
1.3.5	Calore sensibile e calore latente .....	21
1.3.6	Calcolo della quantità di calore .....	22
1.4	Refrigerazione .....	23
1.4.1	Che cosa sono la "refrigerazione" e la "climatizzazione"? .....	23
1.4.2	Isolamento termico .....	23
1.4.3	Carico termico .....	23
1.4.4	Refrigerante .....	23
1.4.5	Principio della refrigerazione .....	24
1.4.6	Ciclo frigorifero .....	29
1.4.7	Parti principali del sistema di refrigerazione .....	29
1.4.8	Parte bassa e parte alta .....	30

# Capitolo 1 Principi essenziali della refrigerazione

Nello studio della refrigerazione e del condizionamento dell'aria, è importante approfondire i principi fondamentali della fisica e della termodinamica descritti in questo capitolo. Per quelli che hanno già una certa familiarità con questi principi essenziali, questo manuale potrà servire come strumento di revisione o materiale di consultazione. Le unità rappresentano una parte importante di questo capitolo. Si possono usare diverse unità a seconda delle applicazioni e dei paesi, dato che per il momento esse non sono ancora unificate in ogni parte del mondo. Il sistema iarda-libbra è ancora impiegato in molti paesi e il sistema metrico viene usato nelle industrie giapponesi di refrigerazione e climatizzazione.

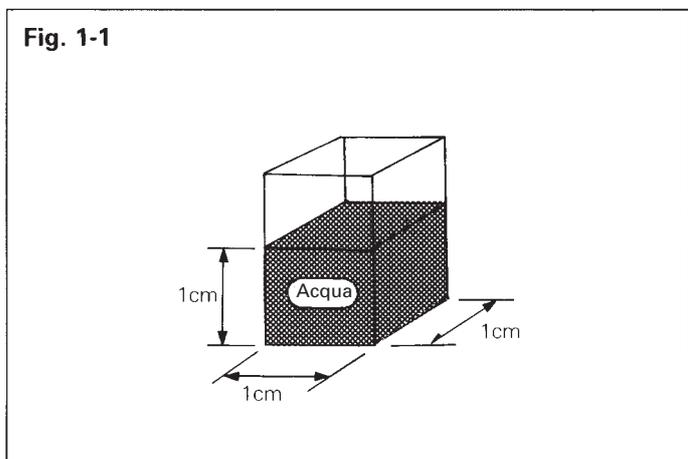
Inoltre, vi sono molti tipi di sistemi nel sistema metrico. Allo scopo di mettere ordine nella confusione creata dalla diversità di unità, è stato introdotto il Sistema Internazionale di Unità di Misura (S.I.). Tuttavia in questo manuale vengono spiegate soprattutto le unità del sistema metrico che sono quelle di solito maggiormente adoperate, poiché riteniamo che sia troppo presto per adottare interamente il sistema metrico S.I. in questo manuale, dal momento che il non viene utilizzato nei manometri, nei cataloghi dei prodotti e nel materiale tecnico usato quotidianamente dai tecnici della manutenzione. Allo scopo di permettere alle persone che hanno già una certa familiarità con il sistema iarda-libbra di leggere questo manuale senza difficoltà, vengono spiegate anche le formule di conversione delle unità del sistema metrico tradizionale nelle unità del sistema iarda-libbra, nonché le unità del sistema metrico S.I. che saranno necessarie in seguito.

## 1.1 Pressione

### 1.1.1 Massa

Massa.....La massa è la quantità di materiale presente in una sostanza misurata in grammi e in kilogrammi.

1 grammo [g]...Un centimetro cubo [cm ] di acqua alla temperatura alla quale la densità è massima ha una massa pari a 1 g (Vedere la figura 1-1).



Le relazioni tra grammi, kilogrammi e altre unità sono indicate nella tabella 1-1.

Tabella 1-1

Sistema metrico tradizionale e sistema metrico S.I.		Sistema iarda-libbra	
g	kg	oz	lb
1	0,001	0,03527	0,002205
1000	1	35,27	2,205
28,35	0,02835	1	0,0625
453,6	0,4536	16	1

\* Le unità metriche tradizionali e le unità metriche S.I. della massa sono le stesse.

Per convertire un'unità in un'altra, adoperare le seguenti formule.

- (1)  $\boxed{g \rightarrow kg}$  Per convertire i grammi in kilogrammi  
 $kg=0,001 \times g$
- (2)  $\boxed{g \rightarrow oz}$  Per convertire i grammi in once  
 $oz=0,03527 \times g$
- (3)  $\boxed{kg \rightarrow g}$  Per convertire i kilogrammi in grammi  
 $g=1000 \times kg$
- (4)  $\boxed{kg \rightarrow lb}$  Per convertire i kilogrammi in libbre  
 $lb=2,205 \times kg$
- (5)  $\boxed{oz \rightarrow g}$  Per convertire le once in grammi  
 $g=28,35 \times oz$
- (6)  $\boxed{oz \rightarrow lb}$  Per convertire le once in libbre  
 $lb=0,0625 \times oz$
- (7)  $\boxed{lb \rightarrow kg}$  Per convertire le libbre in kilogrammi  
 $kg=0,4536 \times lb$
- (8)  $\boxed{lb \rightarrow oz}$  Per convertire le libbre in once  
 $oz=16 \times lb$

**Esempio** : Convertire 200g in kg

**Soluzione** :  $200g \times 0,001 = 0,2kg$

**Esempio** : Convertire 500g in oz

**Soluzione** :  $500g \times 0,03527 \doteq 17,6oz$

**Esempio** : Convertire 4kg in g

**Soluzione** :  $4kg \times 1000 = 4000g$

**Esempio** : Convertire 4kg in lb

**Soluzione** :  $4kg \times 2,205 \doteq 8,8lb$

**Esempio** : Convertire 50oz in g

**Soluzione** :  $50oz \times 28,35 = 1417,5g$

**Esempio** : Convertire 200oz in lb

**Soluzione** :  $200oz \times 0,0625 = 12,5lb$

**Soluzione** : Convertire 80lb in kg

**Solución** :  $80lb \times 0,4536 \doteq 36,3kg$

**Soluzione** : Convertire 5lb in oz

**Solución** :  $5lb \times 16 = 80oz$

### 1.1.2 Forza e peso

**Forza...**Una forza è definita come un'attrazione o una repulsione. È qualsiasi cosa che ha tendenza a mettere un corpo in movimento, a portare un corpo che si muove nello stato di quiete o a modificare la direzione del moto. Una forza può anche cambiare la dimensione o la forma di un corpo.

**Peso...**Il peso è la forza che ci è più familiare. Il peso di un corpo è una misura della forza esercitata sul corpo dall'attrazione gravitazionale della terra. (Vedere la figura 1-2). Le unità di forza sono il kilogrammo forza [kgf] nel sistema metrico tradizionale, il newton [N] nel sistema metrico S.I. e la libbra forza [lbf] nel sistema iarda-libbra.

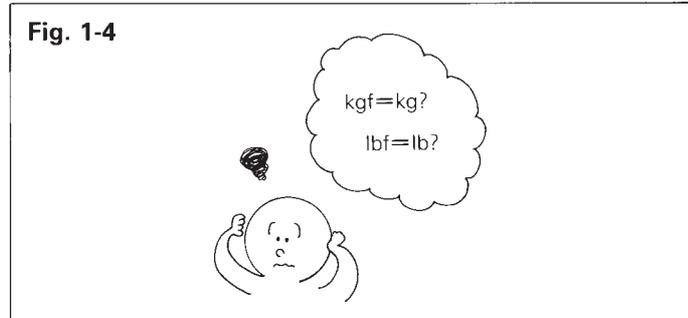
**Kilogrammo forza [kgf]...**Un kilogrammo forza è la forza di gravità di un oggetto avente una massa di 1 kg. La forza di gravità fornisce all'oggetto un'accelerazione di 9,807 metri al secondo per secondo. [Vedere la figura 1-3(a)]

**Newton [N]...**Un newton è quella forza che, quando è applicata a un corpo avente una massa di 1 kg, gli fornisce un'accelerazione di 1 metro al secondo per secondo. [Vedere la figura 1-3(b)]

Le relazioni tra kilogrammo forza, newton e libbra sono indicate nella tabella 1-2.

**Tabella 1-2**

Sistema metrico tradizionale	Sistema metrico S.I.	Sistema iarda-libbra
kgf	N	lbf
1	9,807	2,205
0,1020	1	0,2248
0,4536	4,448	1



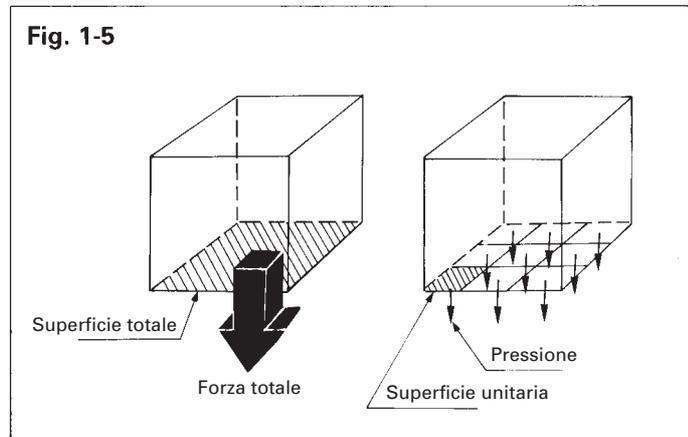
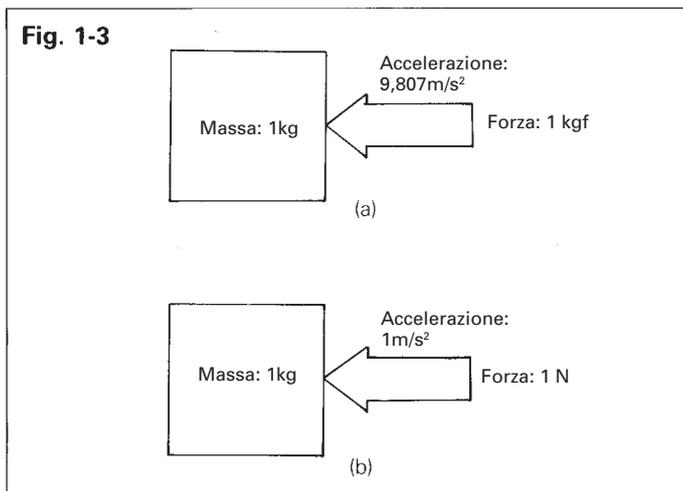
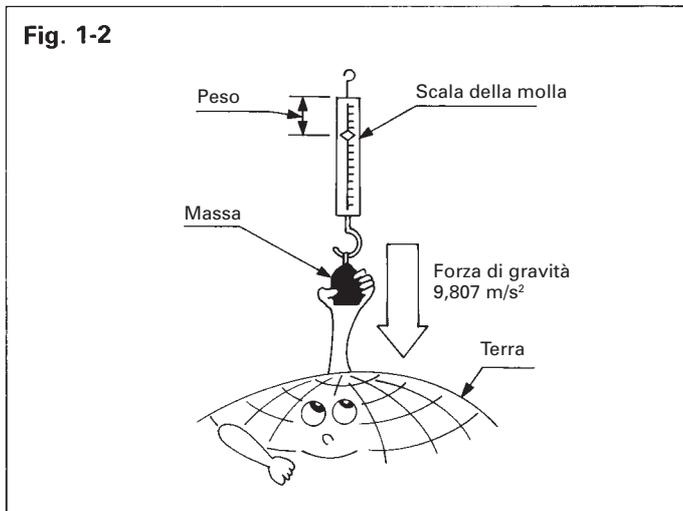
\* È abitudine abbreviare kilogrammo forza in kilogrammo o libbra forza in libbra e anche i loro simboli, "kgf" in "kg" o "lbf" in "lb". Quasi tutte le bilance indicano le unità di massa. In questo capitolo cercate di comprendere in modo chiaro le differenze tra peso e massa.

### 1.1.3 Che cos'è la "pressione"?

**Pressione...**La pressione è la forza per unità di superficie. Può essere definita come una misura dell'intensità della forza in un dato punto sulla superficie di contatto. Tutte le volte che una forza si distribuisce in modo uniforme su una data superficie, la pressione in qualsiasi punto sulla superficie di contatto è la stessa e si può calcolare dividendo la forza totale esercitata per la superficie totale sulla quale la forza viene applicata. Tale relazione è espressa dalla seguente equazione (vedere la figura 1-5).

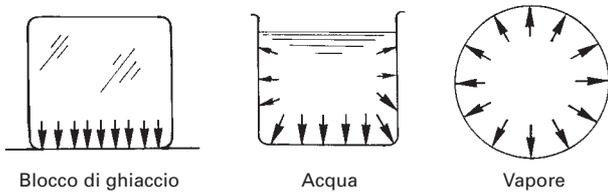
$$P = \frac{F}{A}$$

Dove P= Pressione  
F= Forza totale  
A= Superficie totale



Un blocco di ghiaccio (un solido) esercita una pressione sul suo supporto. L'acqua (liquido) esercita una pressione sui lati e il fondo del recipiente in cui si trova. Il vapore (gas) esercita una pressione su tutte le superfici del recipiente in cui si trova (vedere la figura 1-6).

Fig. 1-6



1.1.4 Unità di pressione

Le unità di pressione sono il kilogrammo forza al centimetro quadrato [kgf/cm<sup>2</sup>] nel sistema metrico tradizionale, il pascal [Pa] e il kilopascal [kPa] nel sistema metrico S.I. e la libbra al pollice quadrato [psi] nel sistema iarda-libbra.

**Kilogrammo forza al centimetro quadrato [kgf/cm<sup>2</sup>]**...Un peso solido di 1 kgf con un'area superficiale inferiore di 1 cm<sup>2</sup> eserciterà una pressione di 1 kgf/cm<sup>2</sup> sopra una superficie piana. [Vedere la figura 1-7(a)]

**Pascal [Pa]**...Un pascal è un newton al metro quadrato. [Vedere la figura 1-7(b)]  
1 kilopascal [kPa] = 1000 Pa

**Libbre al pollice quadrato [psi]**...Un peso solido di 1 lb con un'area superficiale inferiore di 1 in<sup>2</sup> eserciterà una pressione di 1 psi sopra una superficie piana. [Vedere la figura 1-7(c)]

Fig. 1-7

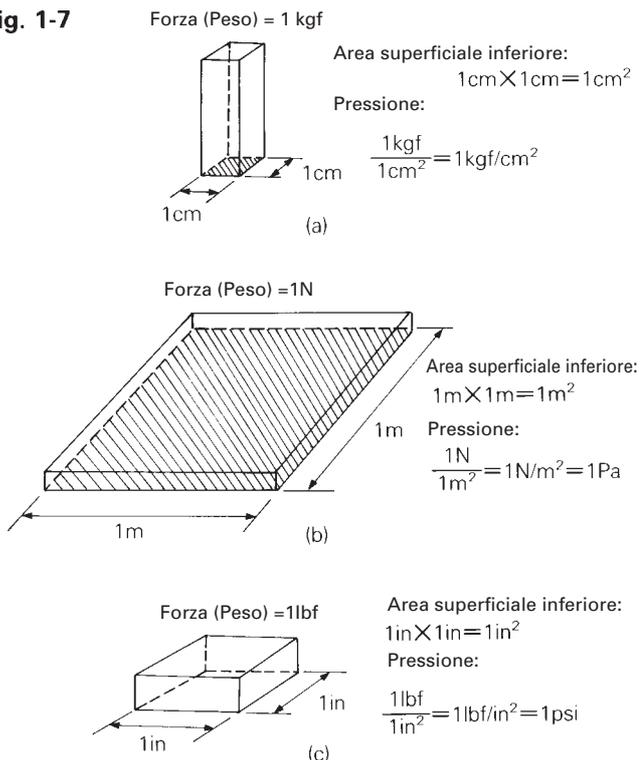
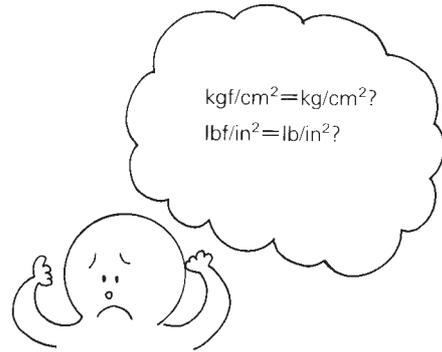


Fig. 1-8



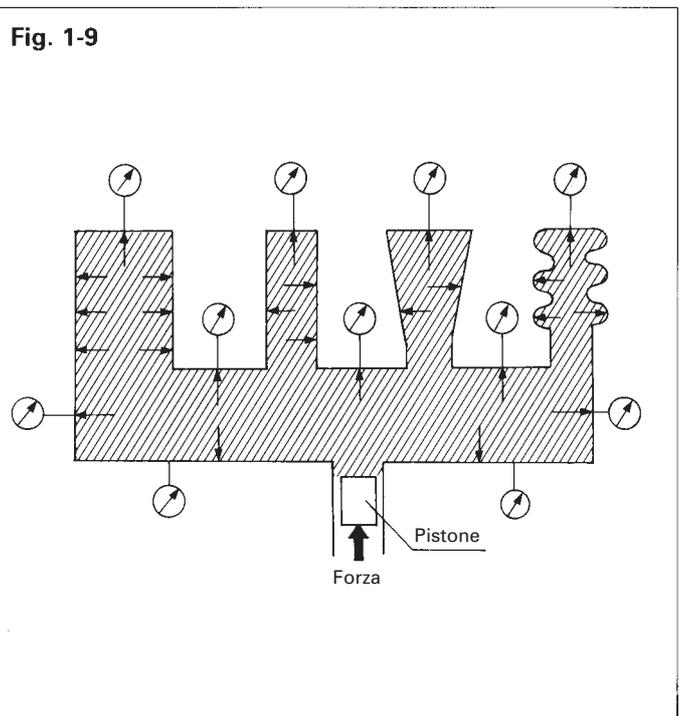
\* Allo stesso modo delle unità di peso, anche le unità di pressione vengono abbreviate, per esempio kilogrammo forza al centimetro quadrato in kilogrammo al centimetro quadrato o libbra forza al pollice quadrato in libbra al pollice quadrato e i loro simboli, kgf/cm<sup>2</sup> in kg/cm<sup>2</sup> o lbf/in<sup>2</sup> in lb/in<sup>2</sup>. Sui manometri è indicato solamente kg/cm<sup>2</sup> o lb/in<sup>2</sup>. Non vi sono problemi a considerare che kg/cm<sup>2</sup> o lb/in<sup>2</sup> sia uguale rispettivamente a kgf/cm<sup>2</sup> o lbf/in<sup>2</sup>.

1.1.5 La legge di Pascal

**La legge di Pascal**...La pressione applicata su un fluido confinato viene trasmessa nello stesso modo in tutte le direzioni.

La figura 1-9 illustra la legge di Pascal. Essa mostra un cilindro riempito di un fluido, che presenta cavità di forma diversa. Un pistone viene fatto entrare in un piccolo cilindro che è collegato al cilindro più grande. Una forza è applicata al pistone nel cilindro piccolo. I manometri indicano che la pressione viene trasmessa nello stesso modo in tutte le direzioni e cavità senza tenere conto della dimensione e forma delle cavità.

Fig. 1-9

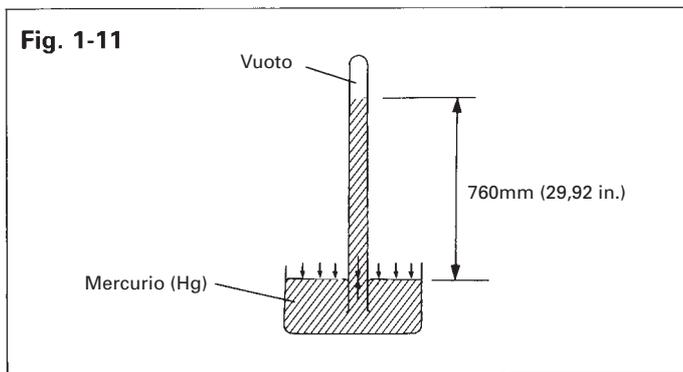
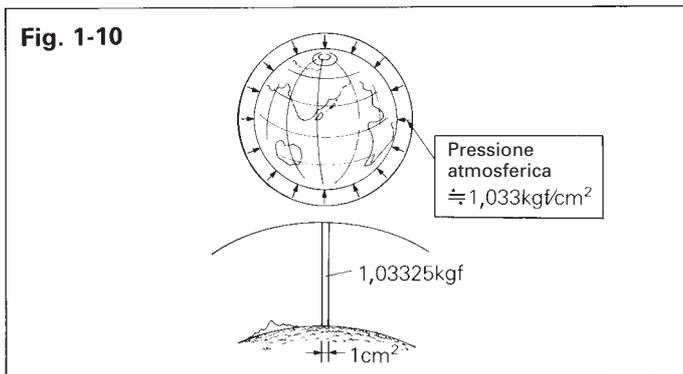


### 1.1.6 Pressione atmosferica

**Pressione atmosferica...**La terra è circondata dall'atmosfera o aria. L'aria ha un peso e esercita una pressione sulla superficie della terra. La pressione esercitata dall'atmosfera è nota come pressione atmosferica.

Il peso di una colonna di aria avente una sezione trasversale di 1 cm e che si estende dalla superficie della terra al livello del mare fino ai limiti superiori dell'atmosfera è pari a 1,033 kgf (14,70 lbf). Di conseguenza, la pressione sulla superficie della terra al livello del mare derivante dal peso dell'atmosfera è pari a 1,033 kgf/cm<sup>2</sup> (14,70 lbf/cm<sup>2</sup>) (vedere la figura 1-10).

**Barometri...**Per misurare la pressione atmosferica in modo sperimentale si impiega un barometro. Un barometro molto semplice è costituito da un tubo di vetro sigillato ad un'estremità e aperto all'altra estremità. Riempire il tubo di mercurio, quindi sigillare l'estremità aperta con un dito e capovolgerlo in un recipiente di mercurio. Dopo che si è tolto il dito, il mercurio scenderà al livello corrispondente alla pressione atmosferica. L'altezza della colonna di mercurio sarà di 760 mm (29,29 in) al livello del mare in condizioni standard (vedere la figura 1-11).



La pressione atmosferica viene espressa in molti modi come indicato qui sotto.

- Pressione atmosferica = 1,033 kgf/cm<sup>2</sup>
- = 1 atm
- = 760 mmHg
- = 101,3 kPa
- = 14,70 lbf/in<sup>2</sup> [psi]
- = 29,92 in.Hg

### 1.1.7 Vuoto

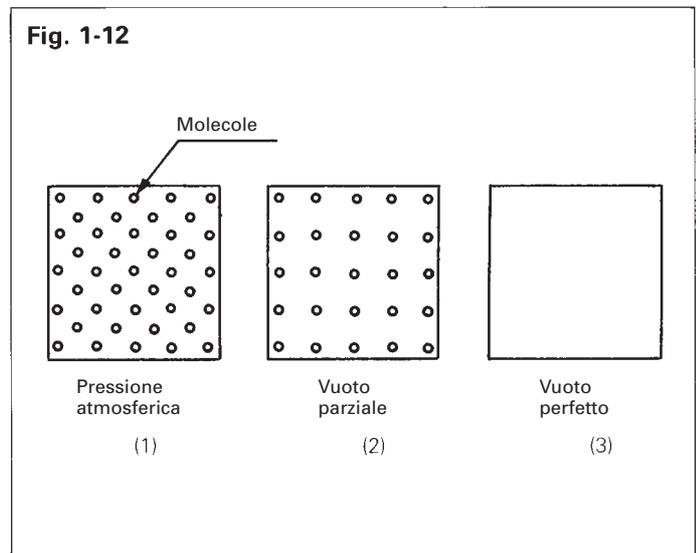
**Vuoto...**La pressione inferiore alla pressione atmosferica viene chiamata vuoto.

**Vuoto perfetto...**Una pressione che non può essere ridotta ulteriormente viene chiamata vuoto perfetto (vuoto assoluto).

**Vuoto parziale...**Una pressione inferiore alla pressione atmosferica, ma non un vuoto perfetto, viene chiamata vuoto parziale.

Il vuoto perfetto è espresso in molti modi, come indicato qui sotto.

- Vuoto perfetto = 0 kgf/cm<sup>2</sup>
- = 0 mmHg
- = 0 Pa
- = 0 psi
- = 0 in.Hg



### 1.1.8 Conversione delle unità di pressione

Le relazioni tra kgf/cm<sup>2</sup>, kPa, psi e le altre unità sono indicate nella tabella 1-3.

Tabella 1-3

Sistema metrico tradizionale			Sistema metrico S.I.	Sistema iarda-libbra	
kgf/cm <sup>2</sup>	atm	mmHg	kPa	psi	pulg.Hg
1	0,9678	735,6	98,07	14,22	28,96
1,033	1	760	101,3	14,70	29,92
0,001360	0,001316	1	0,1333	0,01934	0,03937
0,01020	0,009869	7,501	1	0,1450	0,2953
0,07031	0,06805	51,71	6,895	1	2,036
0,03453	0,03342	25,40	3,386	0,4912	1

Per convertire un'unità in un'altra, adoperare le seguenti formule.

(1)  $\text{kgf/cm}^2 \rightarrow \text{atm}$  Per convertire  $\text{kgf/cm}^2$  in atm  
 $\text{atm} = 0,9678 \times \text{kgf/cm}^2$

**Esempio** : Convertire  $20 \text{kgf/cm}^2$  en atm

**Soluzione** :  $20 \text{kgf/cm}^2 \times 0,9678 \doteq 19,36 \text{atm}$

(2)  $\text{atm} \rightarrow \text{kgf/cm}^2$  Per convertire atm in  $\text{kgf/cm}^2$   
 $\text{kgf/cm}^2 = 1,033 \times \text{atm}$

**Esempio** : Convertire 2atm en  $\text{kgf/cm}^2$

**Soluzione** :  $2 \text{atm} \times 1,033 = 2,066 \text{kgf/cm}^2$

(3)  $\text{kgf/cm}^2 \rightarrow \text{mmHg}$  Per convertire  $\text{kgf/cm}^2$  in mmHg  
 $\text{mmHg} = 735,6 \times \text{kgf/cm}^2$

**Esempio** : Convertire  $1,5 \text{kgf/cm}^2$  en mmHg

**Soluzione** :  $1,5 \text{kgf/cm}^2 \times 735,6 \doteq 1103 \text{mmHg}$

(4)  $\text{mmHg} \rightarrow \text{kgf/cm}^2$  Per convertire mmHg in  $\text{kgf/cm}^2$   
 $\text{kgf/cm}^2 = 0,001360 \times \text{mmHg}$

**Esempio** : Convertire 745mmHg en  $\text{kgf/cm}^2$

**Soluzione** :  $745 \text{mmHg} \times 0,001360 \doteq 1,013 \text{kgf/cm}^2$

(5)  $\text{kgf/cm}^2 \rightarrow \text{kPa}$  Per convertire  $\text{kgf/cm}^2$  in kPa  
 $\text{kPa} = 98,07 \times \text{kgf/cm}^2$

**Esempio** : Convertire  $12 \text{kgf/cm}^2$  en kPa

**Soluzione** :  $12 \text{kgf/cm}^2 \times 98,07 \doteq 1177 \text{kPa}$

(6)  $\text{kPa} \rightarrow \text{kgf/cm}^2$  Per convertire kPa in  $\text{kgf/cm}^2$   
 $\text{kgf/cm}^2 = 0,01020 \times \text{kPa}$

**Esempio** : Convertire 105kPa en  $\text{kgf/cm}^2$

**Soluzione** :  $105 \text{kPa} \times 0,01020 = 1,071 \text{kgf/cm}^2$

(7)  $\text{kgf/cm}^2 \rightarrow \text{psi}$  Per convertire  $\text{kgf/cm}^2$  in psi  
 $\text{psi} = 14,22 \times \text{kgf/cm}^2$

**Esempio** : Convertire  $20 \text{kgf/cm}^2$  en psi

**Soluzione** :  $20 \text{kgf/cm}^2 \times 14,22 = 284,4 \text{psi}$

(8)  $\text{psi} \rightarrow \text{kgf/cm}^2$  Per convertire psi in  $\text{kgf/cm}^2$   
 $\text{kgf/cm}^2 = 0,07031 \times \text{psi}$

**Esempio** : Convertire 300psi en  $\text{kgf/cm}^2$

**Soluzione** :  $300 \text{psi} \times 0,07031 \doteq 21,09 \text{kgf/cm}^2$

(9)  $\text{kPa} \rightarrow \text{psi}$  Per convertire kPa en psi  
 $\text{psi} = 0,1450 \times \text{kPa}$

**Esempio** : Convertire 150kPa en psi

**Soluzione** :  $150 \text{kPa} \times 0,1450 = 21,75 \text{psi}$

(10)  $\text{psi} \rightarrow \text{kPa}$  Per convertire psi en kPa  
 $\text{kPa} = 6,895 \times \text{psi}$

**Esempio** : Convertire 40psi en pKa

**Soluzione** :  $40 \text{psi} \times 6,895 = 275,8 \text{kPa}$

(11)  $\text{psi} \rightarrow \text{in.Hg}$  Per convertire psi en pulg Hg  
 $\text{in.Hg} = 2,036 \times \text{psi}$

**Esempio** : Convertire 28psi en pulg Hg

**Soluzione** :  $28 \text{psi} \times 2,036 \doteq 57 \text{pulg.Hg}$

(12)  $\text{in.Hg} \rightarrow \text{psi}$  Per convertire in pulg Hg en psi  
 $\text{psi} = 0,4912 \times \text{pulg.Hg}$

**Esempio** : Convertire 62 in pulg Hg en psi

**Soluzione** :  $62 \text{pulg.Hg} \times 0,4912 \doteq 30,45 \text{psi}$

### 1.1.9 Pressione assoluta e pressione relativa

**Pressione relativa...**La pressione relativa è la pressione indicata da un manometro. È importante comprendere che i manometri vengono tarati per leggere zero alla pressione atmosferica. I manometri misurano unicamente la differenza di pressione tra la pressione totale del fluido nel serbatoio e la pressione atmosferica.

Le pressioni relative sono espresse in "kgf/cm<sup>2</sup> G" o "psig".

**Pressione assoluta...**La pressione assoluta è la pressione "totale" o "vera" di un fluido. Quando la pressione del fluido è maggiore della pressione atmosferica, la pressione assoluta del fluido viene determinata sommando la pressione atmosferica alla pressione relativa, e quando la pressione del fluido è minore della pressione atmosferica, la pressione assoluta del fluido viene determinata sottraendo la pressione relativa dalla pressione atmosferica. Nella risoluzione della maggior parte dei problemi relativi alla pressione e al volume o quando si utilizza il diagramma di Mollier, è necessario impiegare le pressioni assolute.

Le pressioni assolute sono espresse in "kgf/cm<sup>2</sup> abs" o "psia".

Tuttavia, si omette di solito "G", "g", "abs" o "a", tranne quando è necessario distinguere tra pressione relativa e pressione assoluta.

**Esempio** : Un manometro indica 18kgf/cm<sup>2</sup>. Qual è la pressione assoluta in questo caso?

**Soluzione** : Pressione assoluta = 18 + 1,03  
= 19,03 kgf/cm<sup>2</sup>

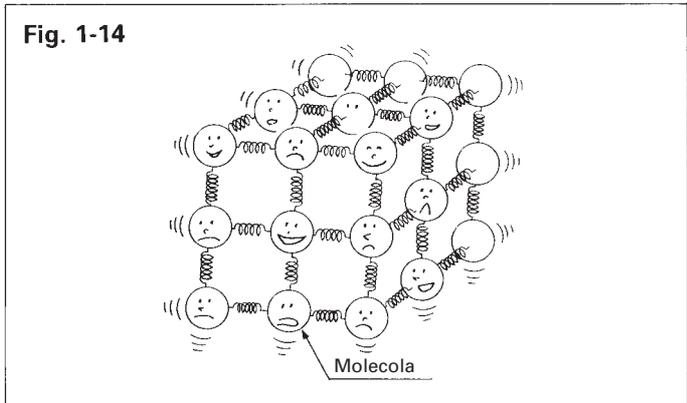
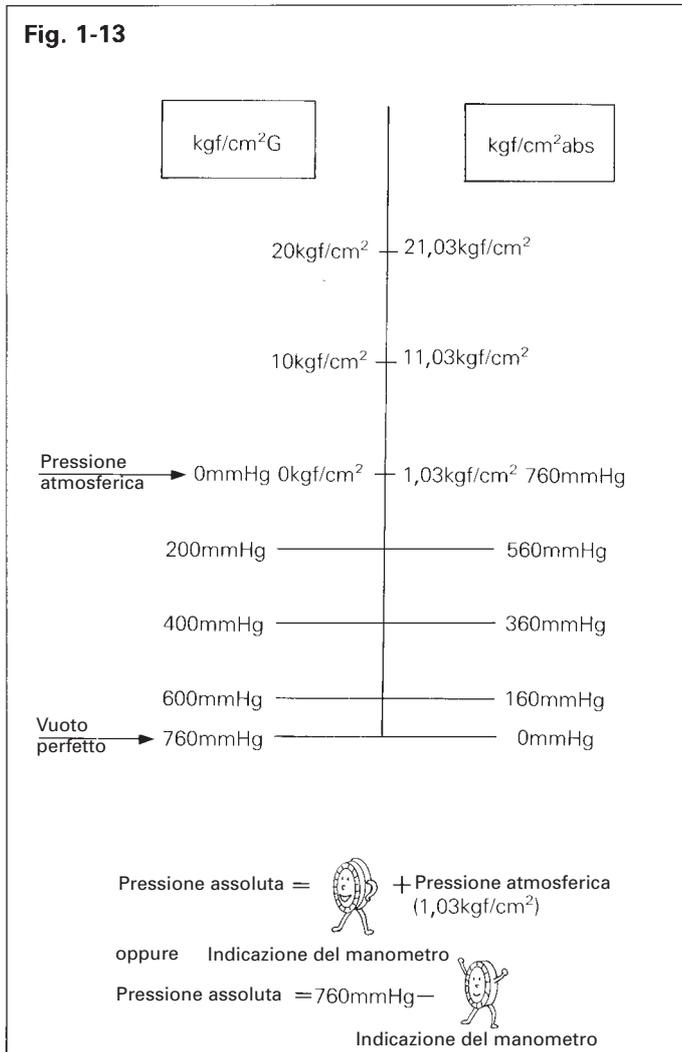
**Esempio** : Un manometro composto sul tubo di aspirazione indica 200mmHg. Qual è la pressione assoluta?

**Soluzione** : Pressione assoluta = 760 - 200 = 560mmHg

## 1.2 Calore e temperatura

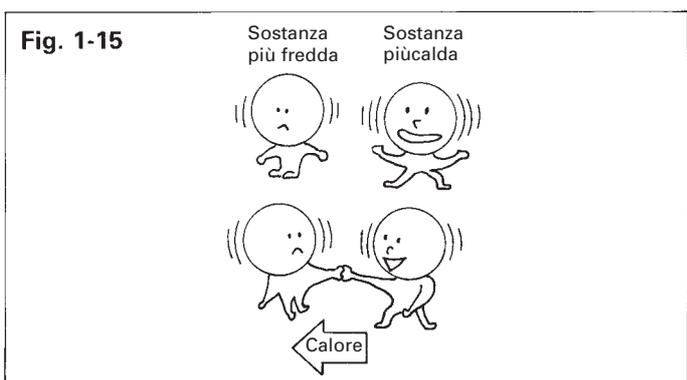
### 1.2.1 Che cos'è il "calore"?

Il calore è una forma di energia. È in rapporto con il moto molecolare o vibrazione. Una molecola è la più piccola particella in cui può essere suddivisa qualsiasi sostanza, che conserva l'identità chimica della sostanza stessa. Durante il riscaldamento di una sostanza, le molecole si muovono più rapidamente. Durante il raffreddamento di una sostanza, esse si muovono più lentamente. Se si sottrae ad una sostanza tutto il calore, ogni moto molecolare si arresta. In altre parole, se si riscalda una sostanza, si aggiunge calore, se si raffredda, si sottrae calore (vedere la figura 1-14).



### 1.2.2. Flusso del calore

Il calore fluisce sempre da una sostanza più calda ad una sostanza più fredda. Ciò che si verifica è che le molecole che si muovono più velocemente forniscono una parte della loro energia alle molecole che si muovono più lentamente. Perciò le molecole più veloci rallentano un po' e quelle più lente si muovono un po' più velocemente (vedere la figura 1-15).



### 1.2.3 Trasmissione del calore

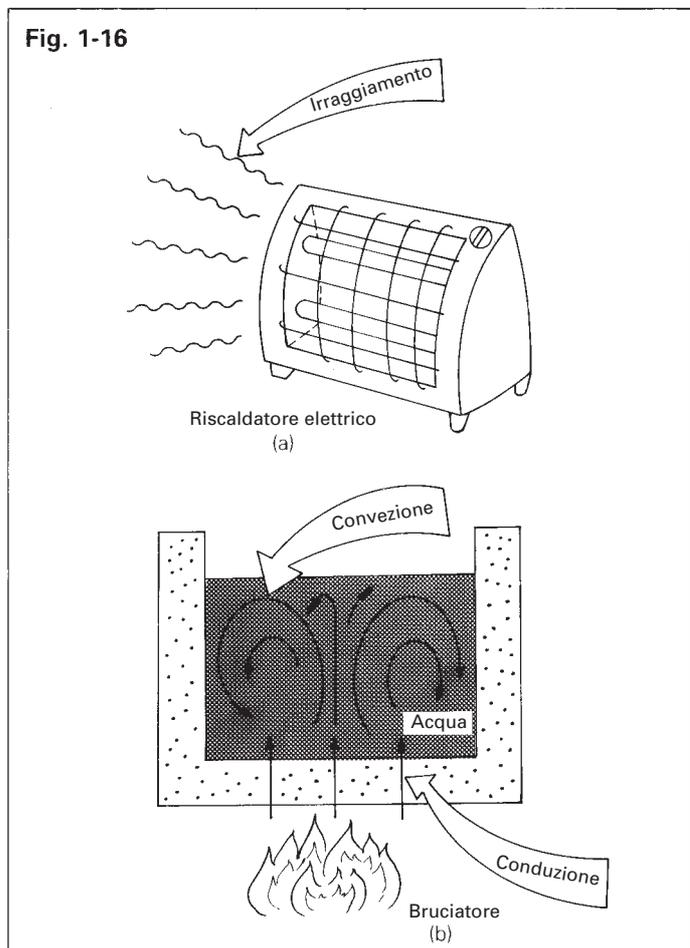
Il calore può essere trasmesso da un corpo ad un altro mediante uno dei seguenti metodi.

**Irraggiamento**...La trasmissione del calore nella forma di movimento ondulatorio simile alle onde luminose in cui l'energia viene trasmessa da un corpo ad un altro senza bisogno di materia interposta [vedere la figura 1-16(a)].

**Conduzione**...Il flusso di calore tra le parti di una sostanza. Il flusso può anche essere da una sostanza ad un'altra in contatto diretto [vedere la figura 1-16(b)].

**Convezione**...Lo spostamento del calore da un posto ad un altro per mezzo di un fluido o dell'aria [vedere la figura 1-16(b)].

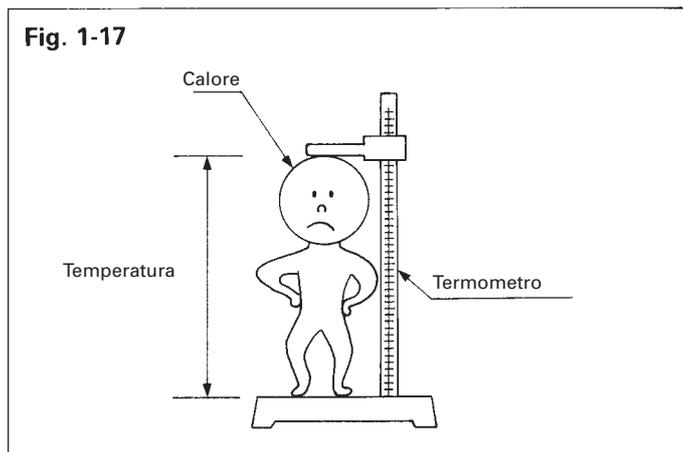
Alcuni sistemi di trasmissione del calore impiegano una combinazione di questi tre metodi.



### 1.2.4 Che cos'è la "temperatura"?

**Temperatura**...La temperatura misura l'intensità del calore o il livello del calore di una sostanza. La sola temperatura non fornisce la quantità di calore di una sostanza. Indica il grado di calore o quanto una sostanza è calda o fredda.

È importante adoperare le parole "calore" e "temperatura" in modo appropriato.



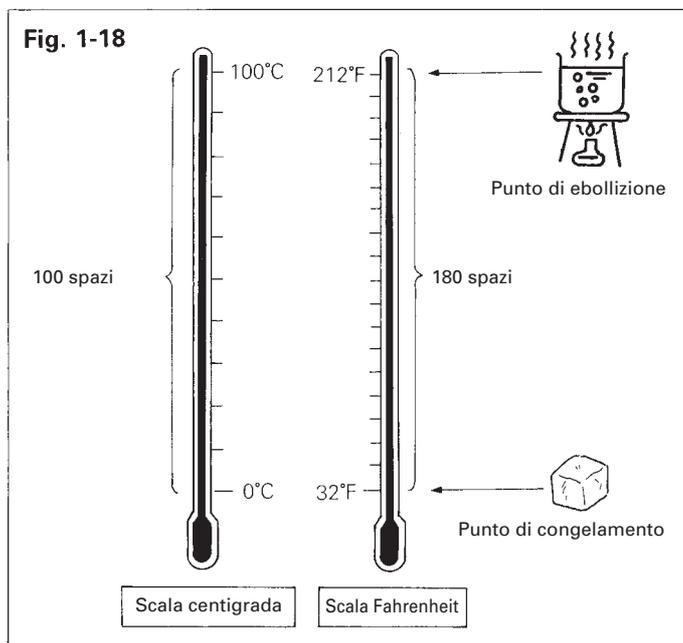
### 1.2.5 Scale termometriche

La scala termometrica più comune nel sistema metrico decimale è la scala Celsius, chiamata anche scala centigrada. Un'altra scala termometrica comune nel sistema iarda-libbra è la scala Fahrenheit. Il sistema metrico S.I. utilizza la scala Kelvin, spiegata nel paragrafo 1.2.7. La taratura dei termometri per queste due scale viene determinata dalla temperatura di fusione del ghiaccio e da quella di ebollizione dell'acqua.

**Scala centigrada**...Sulla scala centigrada, la temperatura di fusione del ghiaccio o di congelamento dell'acqua è di 0°C. La temperatura di ebollizione dell'acqua è di 100°C. Vi sono 100 spazi o gradi sulla scala tra la temperatura di congelamento e quella di ebollizione.

**Scala Fahrenheit**...Sulla scala Fahrenheit, la temperatura di fusione del ghiaccio o di congelamento dell'acqua è di 32°F. La temperatura di ebollizione dell'acqua è di 212°F. Vi sono 180 spazi o gradi sulla scala tra la temperatura di congelamento e quella di ebollizione.

\* I punti di congelamento ed ebollizione si basano sulle temperature di congelamento ed ebollizione dell'acqua alla pressione atmosferica standard.



### 1.2.6 Zero assoluto

**Zero assoluto**...Lo zero assoluto è la temperatura alla quale il moto molecolare si ferma. È la temperatura più bassa possibile. A questa temperatura non vi è più nessun calore residuo nella sostanza.

Fig. 1-19



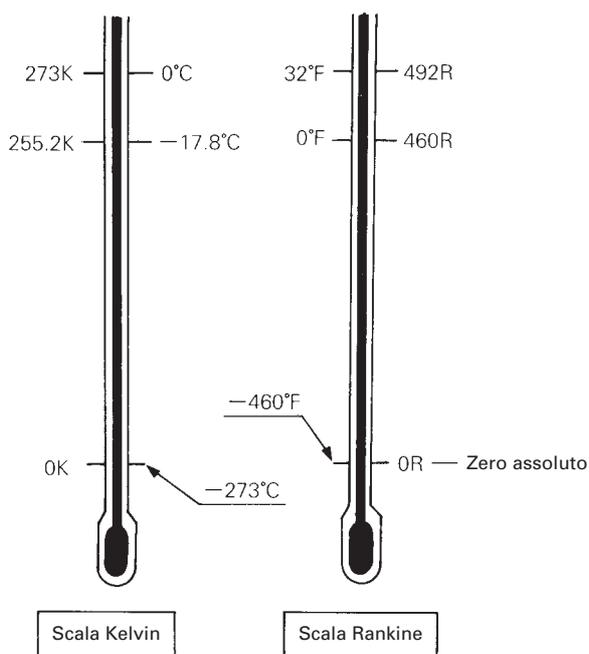
### 1.2.7 Scale assolute delle temperature

Vengono impiegate due scale assolute delle temperature per operazioni a temperature estremamente basse o nella risoluzione di problemi termodinamici. Entrambi i sistemi metrico tradizionale e metrico S.I. utilizzano la scala Kelvin e il sistema iarda-libbra utilizza la scala Rankine.

**Scala Kelvin [K]**...La scala Kelvin utilizza le stesse divisioni della scala Celsius. Lo zero sulla scala Kelvin (0K) corrisponde a 273 gradi sotto 0°C.

**Scala Rankine [R]**...La scala Rankine utilizza le stesse divisioni della scala Fahrenheit. Lo zero sulla scala Rankine (0R) corrisponde a 460 gradi sotto °F.

Fig. 1-20



### 1.2.8 Formule di conversione delle temperature

Talvolta è necessario convertire una temperatura da una scala ad un'altra. Le formule di conversione sono riportate di seguito.

- (1)  $^{\circ}\text{C} \rightarrow ^{\circ}\text{F}$  Per convertire i gradi Celsius in gradi Fahrenheit.

$$\begin{aligned}\text{Temp.}^{\circ}\text{F} &= \left(\frac{180}{100} \times \text{Temp.}^{\circ}\text{C}\right) + 32 \\ &= \left(\frac{9}{5} \times \text{Temp.}^{\circ}\text{C}\right) + 32\end{aligned}$$

- (2)  $^{\circ}\text{F} \rightarrow ^{\circ}\text{C}$  Per convertire i gradi Fahrenheit in gradi Celsius.

$$\begin{aligned}\text{Temp.}^{\circ}\text{C} &= \frac{100}{180} \times (\text{Temp.}^{\circ}\text{F} - 32) \\ &= \frac{5}{9} \times (\text{Temp.}^{\circ}\text{F} - 32)\end{aligned}$$

- (3)  $^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{K}$  Per convertire i gradi Celsius in gradi Kelvin.

$$\text{Temp.}\text{K} = \text{Temp.}^{\circ}\text{C} + 273$$

- (4)  $\text{K} \rightarrow ^{\circ}\text{C}$  Per convertire i gradi Kelvin in gradi Celsius.

$$\text{Temp.}^{\circ}\text{C} = \text{Temp.}\text{K} - 273$$

- (5)  $^{\circ}\text{F} \rightarrow \text{R}$  Per convertire i gradi Fahrenheit in gradi Rankine.

$$\text{Temp.}\text{R} = \text{Temp.}^{\circ}\text{F} + 460$$

- (6)  $\text{R} \rightarrow ^{\circ}\text{F}$  Per convertire i gradi Rankine in gradi Fahrenheit.

$$\text{Temp.}^{\circ}\text{F} = \text{Temp.}\text{R} - 460$$

**Esempio** : Convertire  $40^{\circ}\text{C}$  in Fahrenheit

**Soluzione** :  $\text{Temp.}^{\circ}\text{F} = \left(\frac{9}{5} \times 40\right) + 32 = 104^{\circ}\text{F}$

**Esempio** : Convertire  $50^{\circ}\text{F}$  in Celsius

**Soluzione** :  $\text{Temp.}^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} \times (50 - 32) = 10^{\circ}\text{C}$

**Esempio** : Convertire  $-20^{\circ}\text{C}$  in Kelvin

**Soluzione** :  $\text{Temp.}\text{K} = (-20) + 273 = 253\text{K}$

**Esempio** : Convertire  $400\text{K}$  in Celsius

**Soluzione** :  $\text{Temp.}^{\circ}\text{C} = 400 - 273 = 127^{\circ}\text{C}$

**Esempio** : Convertire  $20^{\circ}\text{F}$  in Rankine

**Soluzione** :  $\text{Temp.}\text{R} = 20 + 460 = 480\text{R}$

**Esempio** : Convertire  $200\text{R}$  in Fahrenheit

**Soluzione** :  $\text{Temp.}^{\circ}\text{F} = 200 - 460 = -260^{\circ}\text{F}$

### 1.2.9 Unità di calore

Come già spiegato, un termometro misura solamente l'intensità del calore ma non una quantità. Tuttavia, in questi casi, è spesso necessario determinare le quantità di calore. Ovviamente sono richieste certe unità di calore. Vi sono parecchie unità di calore. Il sistema metrico tradizionale utilizza la caloria [cal] o la kilocaloria [kcal]. Il sistema metrico S.I. utilizza il joule [J] o il kilojoule [kJ]. Il sistema iarda-libbra utilizza la British thermal unit [Btu].

**Caloria [cal]**...La quantità di calore richiesta/rimossa per aumentare/diminuire di 1°C la temperatura di 1 g di acqua è uguale a 1 cal [vedere la figura 1-22(a)].

**Kilocaloria [kcal]**...La quantità di calore richiesta/rimossa per aumentare/diminuire di 1°C la temperatura di 1 kg di acqua è uguale a 1 kcal [vedere la figura 1-22(b)].

**Joule [J]**...La quantità di calore richiesta per aumentare di 1°C la temperatura di 1 g di acqua è uguale a 4,187 J. Al contrario, anche la quantità di calore rimossa per diminuire di 1°C la temperatura di 1 g di acqua è uguale a 4,187 J [vedere la figura 1-22(a)].

**Kilojoule [kJ]**...La quantità di calore richiesta/rimossa per aumentare/diminuire di 1°C la temperatura di 1 kg di acqua è uguale a 4,187 kJ [vedere la figura 1-22 (b)].

**British thermal unit [Btu]**...La quantità di calore richiesta/rimossa per aumentare/diminuire di 1°F la temperatura di 1 lb di acqua è uguale a 1 Btu [vedere la figura 1-22(c)].

Le relazioni tra cal, kcal e altre unità di misura sono indicate nella tabella 1-4.

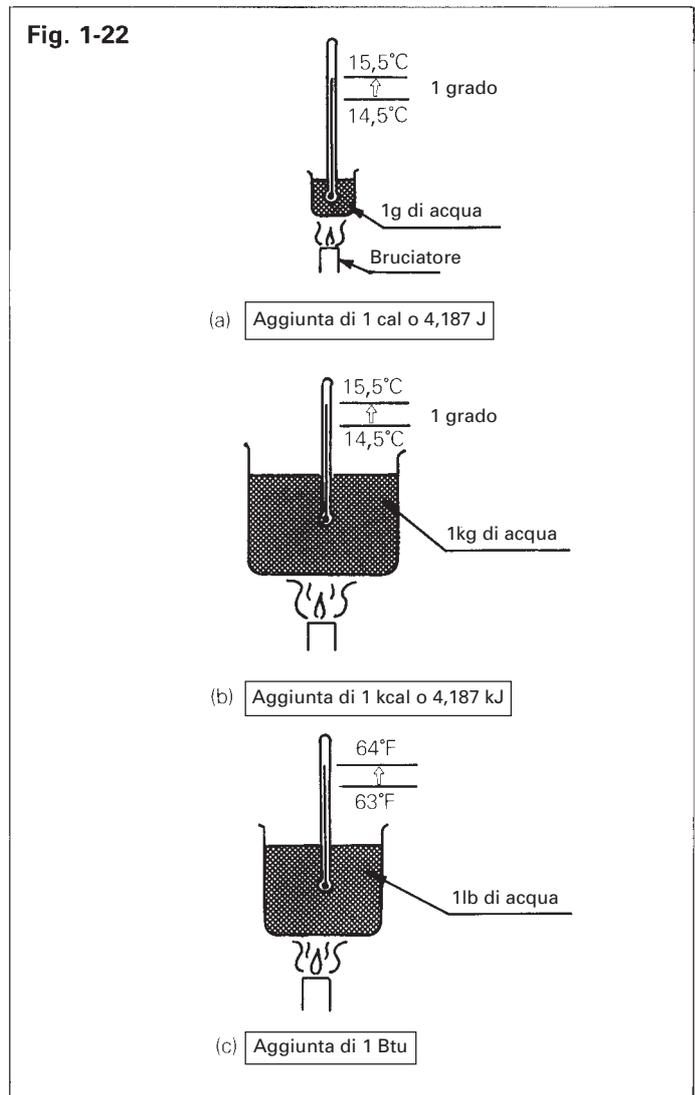
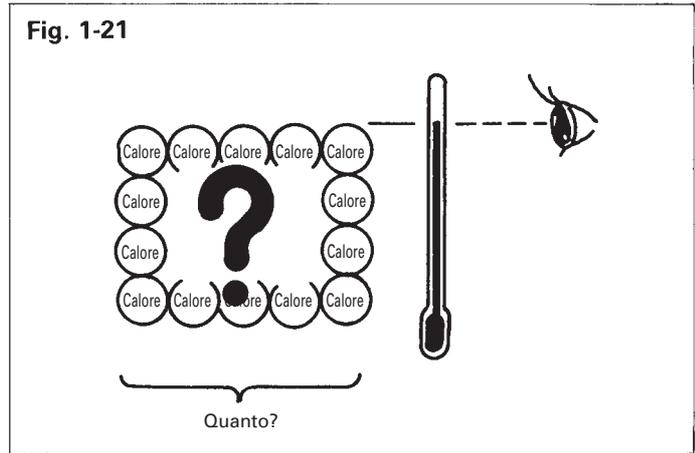


Tabella 1-4

Sistema metrico tradizionale		Sistema metrico S.I.		Sistema iarda-libbra
cal	kcal	J	kJ	Btu
1	0,001	4,186	0,004186	0,003968
1,000	1	4186	4,186	3,968
0,2389	0,0002389	1	0,001	0,0009480
238,9	0,2389	1000	1	0,9480
252	0,2520	1055	1,055	1

Per convertire un'unità in un'altra, adoperare le seguenti formule.

(1)  $\text{cal} \rightarrow \text{kcal}$  Per convertire le calorie in kilocalorie

$$\text{kcal} = 0,001 \times \text{cal}$$

**Esempio** : Convertire 2500cal en kcal

**Soluzione** :  $2500\text{cal} \times 0,001 = 2,5\text{kcal}$

(2)  $\text{kcal} \rightarrow \text{cal}$  Per convertire le kilocalorie in calorie

$$\text{cal} = 1000 \times \text{kcal}$$

**Esempio** : Convertire 5kcal en cal

**Soluzione** :  $5\text{kcal} \times 1000 = 5000\text{cal}$

(3)  $\text{kcal} \rightarrow \text{kJ}$  Per convertire le kilocalorie in kilojoule

$$\text{kJ} = 4,186 \times \text{kcal}$$

**Esempio** : Convertire 5kcal en kJ

**Soluzione** :  $5\text{kcal} \times 4,186 \doteq 20,93\text{kJ}$

(4)  $\text{kJ} \rightarrow \text{kcal}$  Per convertire i kilojoule in kilocalorie

$$\text{kcal} = 0,2389 \times \text{kJ}$$

**Esempio** : Convertire 100kJ en kcal

**Soluzione** :  $100\text{kJ} \times 0,2389 = 23,89\text{kcal}$

(5)  $\text{kcal} \rightarrow \text{Btu}$  Per convertire le kilocalorie in British thermal unit

$$\text{Btu} = 3,968 \times \text{kcal}$$

**Esempio** : Convertire 2500kcal en Btu

**Soluzione** :  $2500\text{kcal} \times 3,968 = 9920\text{Btu}$

(6)  $\text{Btu} \rightarrow \text{kcal}$  Per convertire le British thermal unit in kilocalorie

$$\text{kcal} = 0,2520 \times \text{Btu}$$

**Esempio** : Convertire 20.000Btu en kcal

**Soluzione** :  $20000\text{Btu} \times 0,2520 = 5040\text{kcal}$

(7)  $\text{Btu} \rightarrow \text{kJ}$  Per convertire le British thermal unit in kilojoule

$$\text{kJ} = 1,055 \times \text{Btu}$$

**Esempio** : Convertire 25.000Btu en kJ

**Soluzione** :  $25000\text{Btu} \times 1,055 = 26375\text{kJ}$

(8)  $\text{kJ} \rightarrow \text{Btu}$  Per convertire i kilojoule in British thermal unit

$$\text{Btu} = 0,9480 \times \text{kJ}$$

**Esempio** : Convertire 500kJ en Btu

**Soluzione** :  $500\text{kJ} \times 0,9480 = 474\text{Btu}$

(9)  $\text{J} \rightarrow \text{kJ}$  Per convertire i joule in kilojoule

$$\text{kJ} = 0,001 \times \text{J}$$

**Esempio** : Convertire 8000J en kJ

**Soluzione** :  $8000\text{J} \times 0,001 = 8\text{kJ}$

(10)  $\text{kJ} \rightarrow \text{J}$  Per convertire i kilojoule in joule

$$\text{J} = 1000 \times \text{kJ}$$

**Esempio** : Convertire 2kJ en J

**Soluzione** :  $2\text{kJ} \times 1000 = 2000\text{J}$

### 1.2.10 Lavoro, energia e potenza

**Lavoro...**Il lavoro è la forza moltiplicata per la distanza percorsa.

Le unità di lavoro sono il kilogrammo forza per metro [kgf · m] nel sistema metrico convenzionale, il joule [J] nel sistema metrico S.I. e il piede-libbra forza [ft · lbf] nel sistema iarda-libbra.

**Kilogrammo forza per metro [kgf · m]...**Il kilogrammo forza per metro è la quantità di lavoro compiuto da una forza di 1 kgf che sposta di 1 m il suo punto di applicazione [vedere la figura 1-23(a)].

**Joule [J]...**Il Joule è la quantità di lavoro compiuto da una forza di 1 N che sposta di 1 m il suo punto di applicazione [vedere la figura 1-23(b)].

**Energia...**L'energia è l'abilità o la capacità di compiere lavoro.

Nel lavoro di refrigerazione, si devono prendere in considerazione tre forme comuni di energia collegate fra loro: meccanica, elettrica e termica.

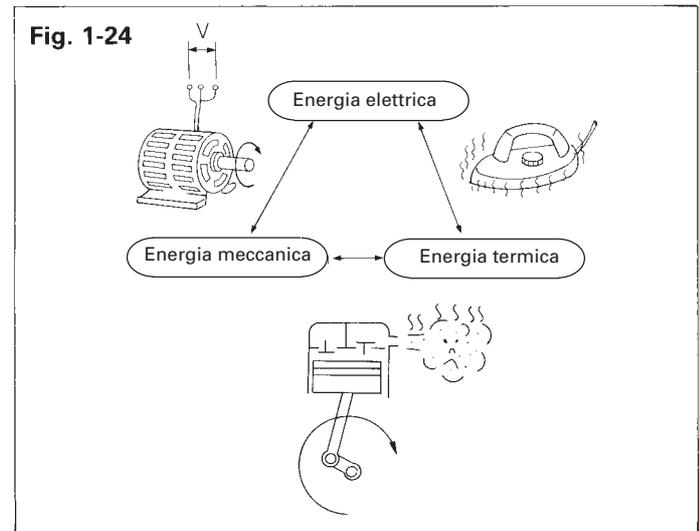
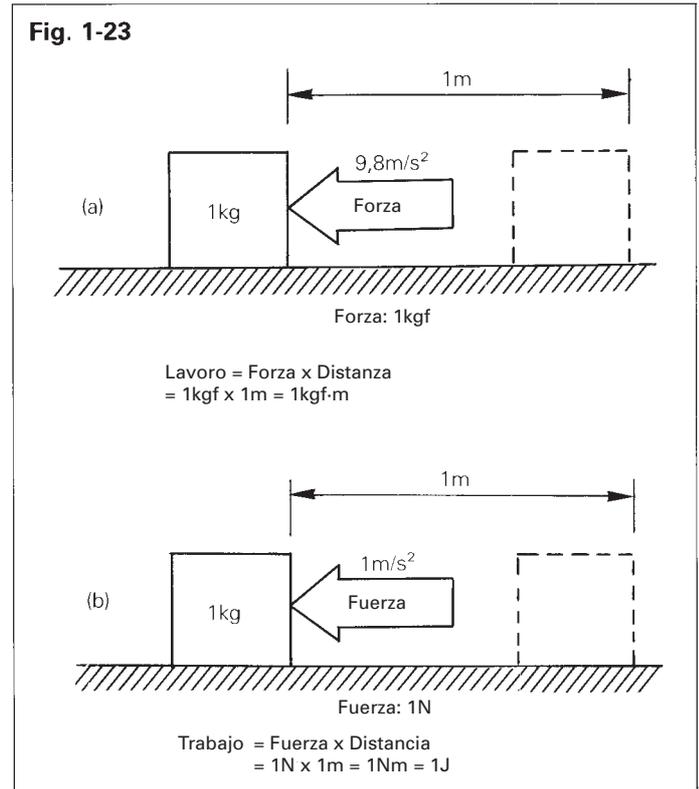
Lo studio della refrigerazione tratta principalmente dell'energia termica, ma questa energia viene normalmente prodotta per mezzo di una combinazione di energia elettrica e meccanica. In un'unità di refrigerazione, l'energia elettrica fluisce in un motore elettrico, e questa energia viene trasformata in energia meccanica, adoperata per far girare un compressore. Il compressore comprime il vapore facendogli raggiungere valori di temperatura e pressione elevati e trasformando l'energia meccanica in energia termica (vedere la figura 1-24).

Vengono impiegate diverse unità per misurare l'energia meccanica, termica ed elettrica. La tabella 1-5 indica le relazioni tra queste unità.

**Potenza...**La potenza è il lavoro compiuto nell'unità di tempo.

Le unità di potenza sono il kilogrammo forza per metro al secondo [kgfm/s] nel sistema metrico tradizionale, il kilowatt [kW] nel sistema metrico S.I. e il piede-libbra forza al secondo [ft·lbf/s] nel sistema iarda-libbra.

Ci sono anche varie unità oltre a quelle menzionate sopra. La tabella 1-6 indica la relazione tra queste unità.



Sistema metrico tradizionale			Sistema metrico S.I.	Sistema iarda-libbra		
Energia meccanica		Energia elettrica	Energia meccanica elettrica e termica	Energia meccanica		Energia termica
kgf·m	PS·h	kW·h	J	ft·lbf	HP·h	Btu
1	0,000003704	0,000002724	9,807	7,233	0,000003652	0,009297
270.000	1	0,7355	2.648.000	1.953.000	0,9859	2.510
367.100	1,3596	1	3.600.000	2.655.000	1,3405	3.413
426,9	0,001581	0,001163	4.186	3.087	0,001559	3,968
0,1020	0,000003777	0,000002778	1	0,7376	0,000003724	0,0009480
0,1383	0,0000005121	0,0000003766	1,356	1	0,0000005049	0,001285
273.900	1,014	0,746	2.686.000	1.981.000	1	2.546
107,6	0,0003984	0,0002930	1.056	778,0	0,0003928	1

Sistema metrico tradizionale			Sistema metrico S.I.	Sistema iarda-libra		
kgf·m/s	PS	kcal/s	kW	ft·lbf/s	HP	Btu/s
1	0,01333	0,002343	0,009807	7,233	0,01315	0,009297
75	1	0,1757	0,7355	542,5	0,9859	0,6973
426,9	5,691	1	4,186	3.087	5,611	3,968
102	1,360	0,2389	1	737,6	1,340	0,9180
0,1383	0,001843	0,003239	0,001356	1	0,001817	0,001285
76,07	1,014	0,1782	0,746	550,2	1	0,7072
107,6	1,434	0,2520	1,055	778,0	1,414	1

\* si deve comprendere chiaramente che il calore è una forma di energia e può essere convertito in altre forme di energia. Molte unità di conversione indicate in questa sezione vengono impiegate per calcolare i carichi e determinare la capacità di un'attrezzatura necessaria per applicazioni di refrigerazione specifiche.

### 1.3 Calore sensibile e calore latente

#### 1.3.1. Tre stati fisici (fasi)

Le sostanze esistono in tre stati a seconda della loro temperatura, pressione e contenuto di calore (entalpia). Per esempio, l'acqua a pressione atmosferica standard è un solido (ghiaccio) a temperature al di sotto di 0°C (32°F) e un liquido (acqua) da 0°C (32°F) a 100°C (212°F). A 100°C (212°F) e a temperature superiori, diventa un gas (vapore) (vedere la figura 1-25).

**Solidi...** Un solido è qualsiasi sostanza fisica che conserva la propria forma anche quando non si trova in un recipiente. È costituito da miliardi di molecole, tutte esattamente della stessa dimensione, masse e forma. Esse si trovano nella stessa posizione relativa l'una rispetto all'altra e vibrano rapidamente. La velocità di vibrazione dipenderà dalla temperatura. Più bassa è la temperatura, più lentamente vibreranno le molecole, più alta è la temperatura più rapidamente vibreranno le molecole. Le molecole si attraggono fortemente l'una con l'altra. È necessaria una forza considerevole per separarle [vedere la figura 1-26 (a).]

**Liquidi...** Un liquido è qualsiasi sostanza fisica che assume liberamente la forma del recipiente in cui si trova. Le sue molecole si attraggono fortemente l'una con l'altra. Pensate alle molecole che nuotano tra molecole simili senza mai lasciarle. Più alta è la temperatura più velocemente nuotano le molecole [vedere la figura 1-26 (b).]

**Gas...** Un gas è una qualsiasi sostanza fisica che deve essere racchiusa in un recipiente sigillato per evitare che si liberi nell'atmosfera. Le molecole, che praticamente non si attraggono l'una con l'altra, volano in linea retta. Esse si respingono l'una con l'altra, sono respinte dalle molecole di altre sostanze o dalle pareti del recipiente [vedere la figura 1-26(c).]

La maggior parte delle sostanze cambiano il loro stato fisico con l'aggiunta o la sottrazione di calore.

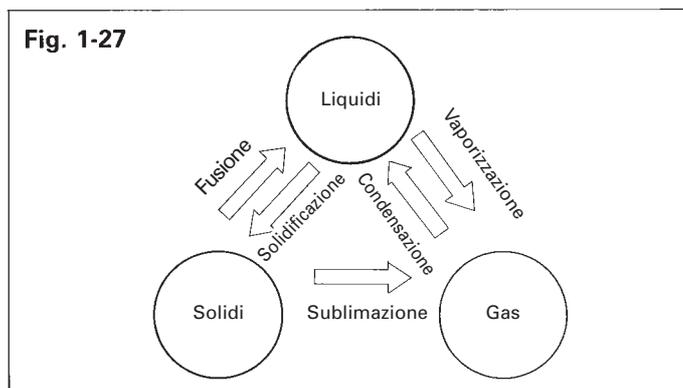
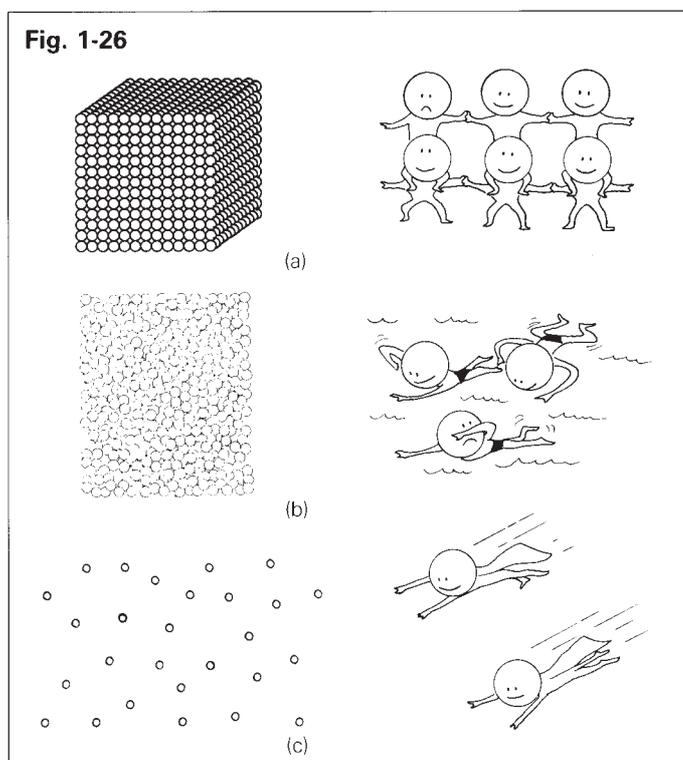
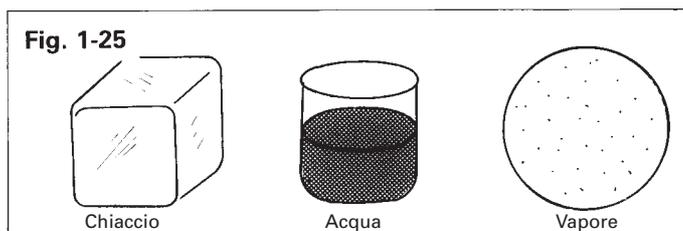
Aggiungere calore fa sì che:

- i solidi diventino liquidi...Fusione
- i solidi diventino gas...Sublimazione
- i liquidi diventino gas...Vaporizzazione

Sottrarre calore fa sì che:

- i gas diventino liquidi...Condensazione
- i liquidi diventino solido...Solidificazione

(vedere la figura 1-27).



Questi cambiamenti di stato avvengono agli stessi valori di temperatura e pressione per una qualsiasi data sostanza.

### 1.3.2 Cambiamento di fase dell'acqua

Supponiamo di avere dei cubetti di ghiaccio a  $-50^{\circ}\text{C}$  e di riscaldarli in un recipiente con una fiamma a gas. Fornendo calore, la temperatura del ghiaccio aumenta fino a quando il ghiaccio non inizia a fondere. Quindi la temperatura cesserà di aumentare e resterà a  $0^{\circ}\text{C}$  finché vi sarà ancora del ghiaccio. Infine tutto il ghiaccio diventa acqua a  $0^{\circ}\text{C}$ . Ovviamente il gas di combustione fornisce calore al ghiaccio. Ma se la temperatura cessa di aumentare, dove va tutto il calore? La risposta è che il ghiaccio fonde e da solido diventa liquido. Quindi per far passare una sostanza dallo stato solido a quello liquido occorre fornire calore. Quando tutto il ghiaccio è fuso, l'ulteriore applicazione di calore provocherà un aumento della temperatura fino a quando l'acqua non inizia a bollire. Quindi la temperatura cesserà di aumentare e resterà a  $100^{\circ}\text{C}$  per tutto il tempo che l'acqua bolle. Infine, tutta l'acqua diventa vapore a  $100^{\circ}\text{C}$ . Per far passare una sostanza dallo stato liquido a quello di vapore si deve fornire calore. Quanto tutta l'acqua è completamente evaporata, l'ulteriore applicazione di calore al vapore a  $100^{\circ}\text{C}$  provocherà un aumento della temperatura del vapore.

**Temperatura di fusione...**La temperatura alla quale un solido diventa liquido viene detta "temperatura di fusione" o "punto di fusione".

**Temperatura di ebollizione...**La temperatura alla quale un liquido diventa vapore viene detta "temperatura di ebollizione" o talvolta anche "punto di ebollizione", "temperatura di vaporizzazione", "temperatura di evaporazione" o "temperatura di saturazione".

Questa spiegazione si riferisce al caso di calore fornito alla sostanza. Se viene sottratto del calore dalla sostanza, si ha il processo inverso. Per esempio, il vapore verrà condensato e il liquido verrà solidificato dal calore che viene sottratto.

**Temperatura di condensazione...**La temperatura alla quale un vapore diventa liquido viene detta "temperatura di condensazione" o "temperatura di saturazione".

**Temperatura di solidificazione...**La temperatura alla quale un liquido diventa solido viene detta "temperatura di solidificazione".

Fig. 1-28

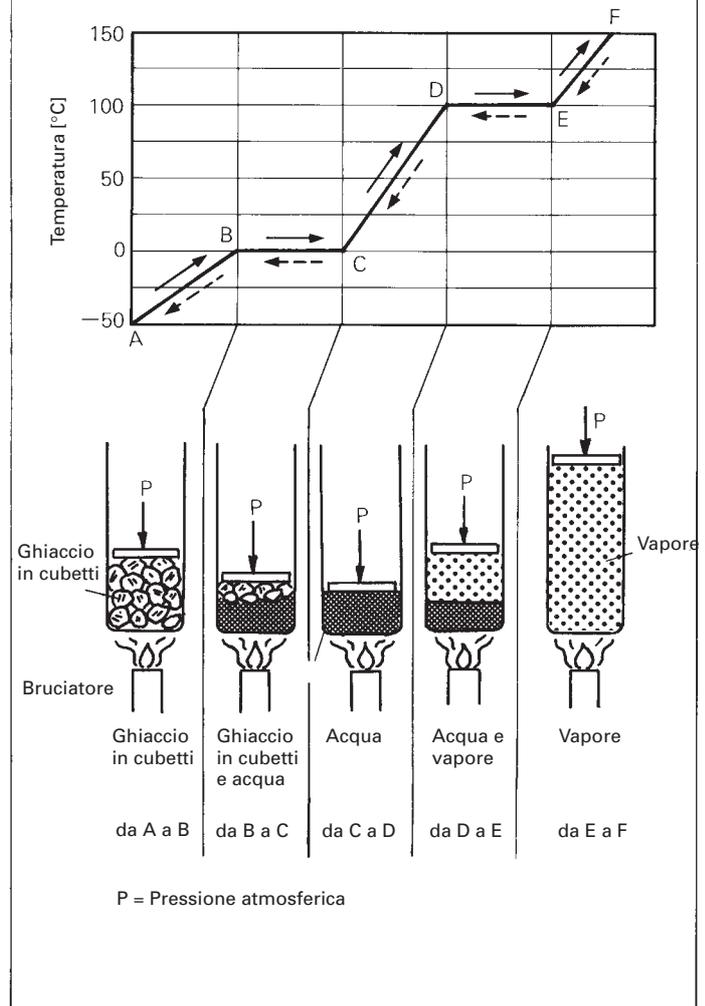
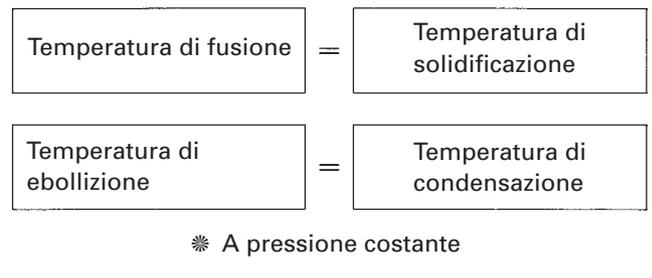


Fig. 1-29



### 1.3.3 Saturazione, surriscaldamento e sottoraffreddamento

**Liquido saturo...**Quando la temperatura di un liquido viene innalzata fino alla temperatura di saturazione, qualsiasi calore supplementare fornito al liquido provocherà la vaporizzazione di una parte del liquido, e il liquido viene detto saturo. Tale liquido viene chiamato "liquido saturo".

**Vapore saturo...**Quando la temperatura di un vapore viene diminuita fino alla temperatura di saturazione, qualsiasi ulteriore raffreddamento del vapore provocherà la condensazione di una parte del vapore stesso, e il vapore viene detto saturo. Tale vapore viene chiamato "vapore saturo".

Il vapore saturo può essere definito come un vapore derivante dal liquido che evapora purché la temperatura e la pressione del vapore siano le stesse di quelle del liquido saturo dal quale proviene.

**Vapore surriscaldato...**Quando la temperatura di un vapore viene innalzata notevolmente al di sopra della temperatura di saturazione, il vapore viene detto surriscaldato ed è chiamato "vapore surriscaldato". Per surriscaldare un vapore è necessario separare il vapore dal liquido che evapora. Finché il vapore resta in contatto con il liquido sarà saturo, poiché il calore aggiunto ad una miscela liquido-vapore farà semplicemente vaporizzare più liquido e non si avrà surriscaldamento.

**Liquido sottoraffreddato...**Se, dopo la condensazione, un liquido viene raffreddato in modo tale che la temperatura scende al di sotto della temperatura di saturazione, il liquido viene detto "sottoraffreddato". Un liquido a qualsiasi temperatura e al di sopra della temperatura di fusione è un liquido sottoraffreddato.

Le quantità di surriscaldamento e sottoraffreddamento vengono determinate applicando la seguente equazione:

Quantità di surriscaldamento (S.H.) = temperatura del vapore surriscaldato - temperatura di saturazione relativa alla pressione

Quantità di sottoraffreddamento (S.C.) = temperatura di saturazione relativa alla pressione - temperatura del liquido sottoraffreddato

**Esempio** : Determinare la quantità di surriscaldamento di un vapore (acqua) a 120°C e 1 atm.

**Soluzione** : Temperatura di saturazione = 100°C  
S.H. = 120°C - 100°C = 20°C

**Esempio** : Determinare la quantità di sottoraffreddamento dell'acqua a 60°C e 1 atm.

**Soluzione** : S.C. = 100°C - 60°C = 40°C

Fig. 1-30

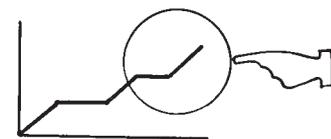
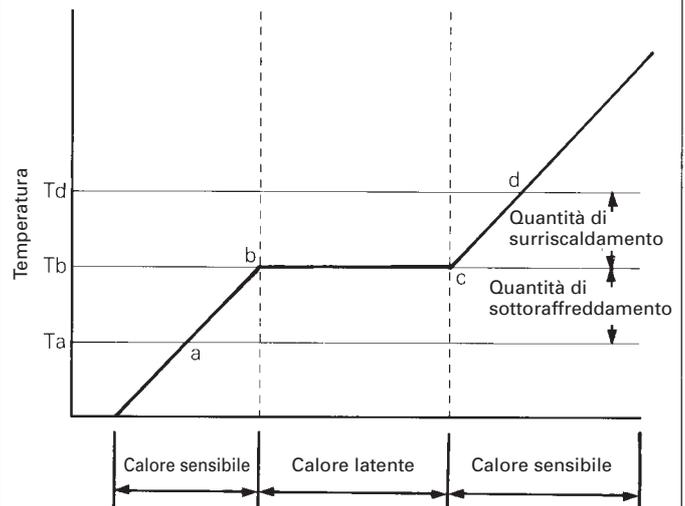
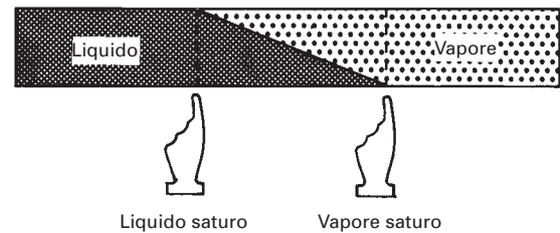
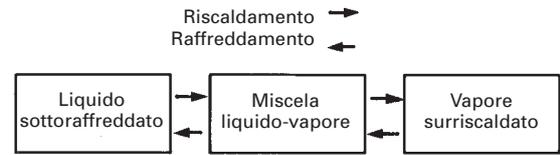


Fig. 1-28

### 1.3.4 Temperatura di saturazione

La temperatura di saturazione varia da sostanza a sostanza. L'acqua bolle a 100°C, l'alcol evapora a 78°C e l'R-22 a -40,8°C a pressione atmosferica.

La temperatura di saturazione di un liquido o di un vapore varia in funzione della pressione. Un aumento di pressione aumenta la temperatura di saturazione e una diminuzione di pressione abbassa la temperatura di saturazione.

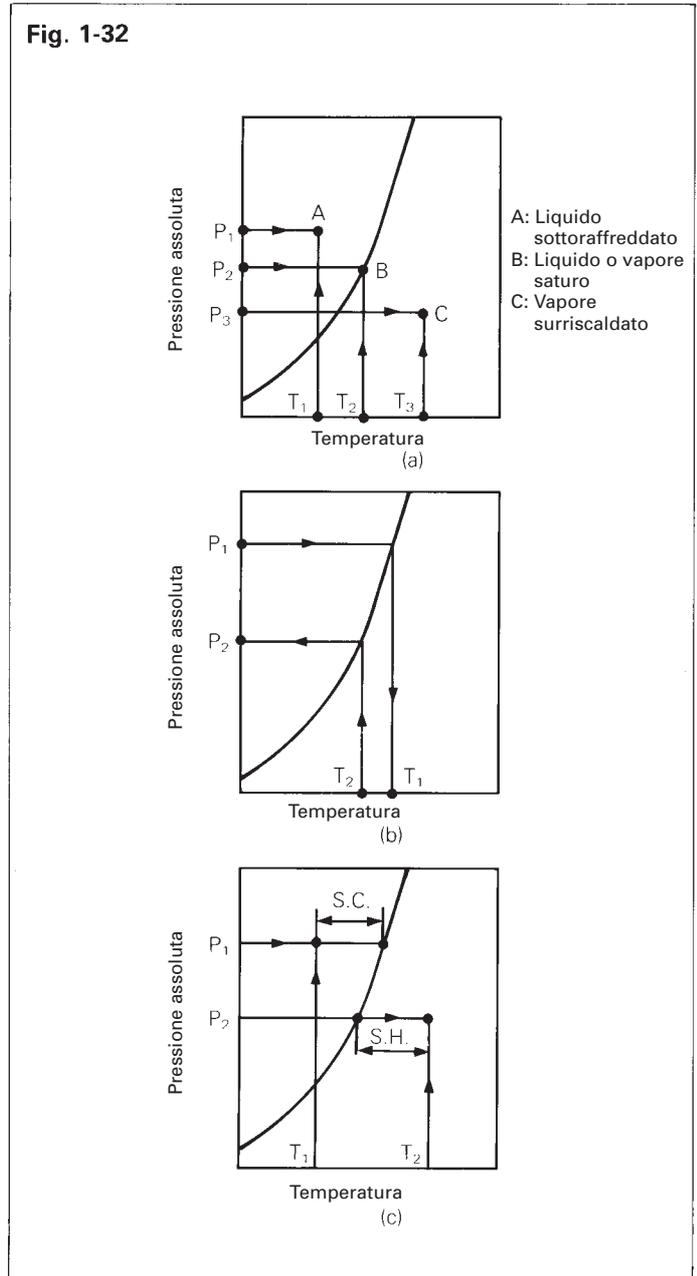
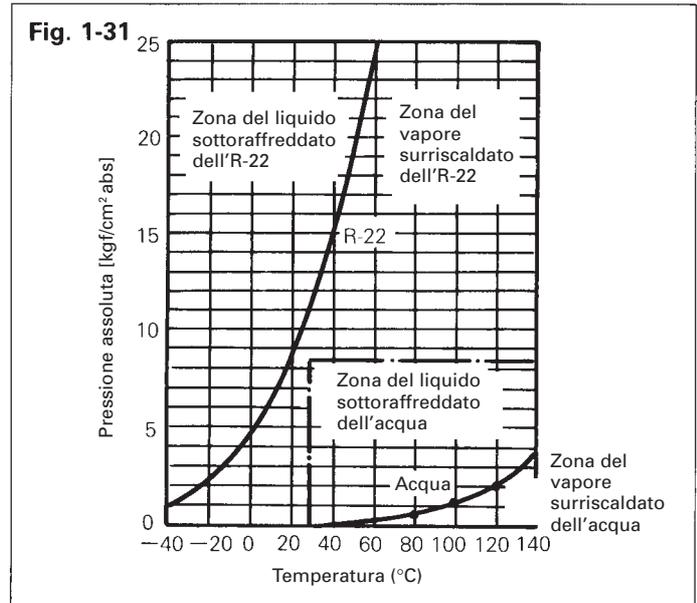
Per esempio, la temperatura di saturazione dell'acqua alla pressione atmosferica (1,03kgf/cm abs) è di 100°C. Se la pressione al di sopra dell'acqua viene aumentata da 1,03kgf/cm abs a 2,0kgf/cm abs, la temperatura di saturazione dell'acqua aumenta da 100°C a 119°C. D'altra parte, se la pressione al di sopra dell'acqua viene ridotta da 1,03kgf/cm abs a 0,5kgf/cm abs, la nuova temperatura di saturazione dell'acqua sarà pari a 81°C.

**Diagramma di saturazione...**La figura 1-31 indica la relazione tra la pressione e la temperatura dell'acqua e dell'R-22. Tale grafico viene chiamato "diagramma di saturazione". Questo tipo di diagramma è molto utile per ottenere le seguenti informazioni.

- (1) Conoscere lo stato fisico della sostanza
  - Se l'intersezione delle linee di temperatura e pressione di una sostanza si trova sulla sinistra della curva di saturazione, questa sostanza viene detta sottoraffreddata.
  - Se l'intersezione è sulla destra della curva, questa sostanza viene detta surriscaldata.
  - Se l'intersezione si trova esattamente sulla curva, questa sostanza viene detta saturo.

[Vedere la figura 1-32(a).]
- (2) Ottenere la temperatura di saturazione alla pressione corrispondente
  - La temperatura di saturazione è la temperatura alla quale la linea della pressione interseca la curva di saturazione. [Vedere la figura 1-32(b).]
- (3) Ottenere la pressione di saturazione alla temperatura corrispondente
  - La pressione di saturazione è la pressione alla quale la linea della temperatura interseca la curva di saturazione. [Vedere la figura 1-32(b).]
- (4) Trovare la quantità di surriscaldamento (S.H.) e sottoraffreddamento (S.C.)
  - La distanza tra il punto corrispondente allo stato e la curva di saturazione rappresenta la quantità di S.H. o S.C. [Vedere la figura 1-32(c).]

Utilizzare la tabella di saturazione 1-7 invece del diagramma di saturazione per migliorare la precisione di lettura, il che è molto conveniente per il servizio assistenza.



**Tabella 1-7 Tabella di saturazione (R-22)**

Pressione [kgf/cm <sup>2</sup> G]	Temperatura di saturazione [°C]										
0,0	-40,82	5,0	5,41	10,0	26,33	15,0	41,01	20,0	52,62	25,0	62,33
0,1	-38,83	5,1	5,94	10,1	26,67	15,1	41,27	20,1	52,83	25,1	62,51
0,2	-36,97	5,2	6,46	10,2	27,00	15,2	41,53	20,2	53,04	25,2	62,69
0,3	-35,23	5,3	6,98	10,3	27,34	15,3	41,78	20,3	53,25	25,3	62,87
0,4	-33,59	5,4	7,49	10,4	27,67	15,4	42,03	20,4	53,45	25,4	63,05
0,5	-32,03	5,5	7,99	10,5	28,00	15,5	42,29	20,5	53,66	25,5	63,22
0,6	-30,55	5,6	8,49	10,6	28,32	15,6	42,54	20,6	53,87	25,6	63,40
0,7	-29,14	5,7	8,98	10,7	28,65	15,7	42,79	20,7	54,07	25,7	63,58
0,8	-27,79	5,8	9,47	10,8	28,97	15,8	43,04	20,8	54,28	25,8	63,75
0,9	-26,50	5,9	9,95	10,9	29,29	15,9	43,28	20,9	54,48	25,9	63,93
1,0	-25,26	6,0	10,43	11,0	29,61	16,0	43,53	21,0	54,69	26,0	64,10
1,1	-24,06	6,1	10,90	11,1	29,93	16,1	43,78	21,1	54,89	26,1	64,28
1,2	-22,91	6,2	11,36	11,2	30,24	16,2	44,02	21,2	55,09	26,2	64,45
1,3	-21,79	6,3	11,83	11,3	30,56	16,3	44,26	21,3	55,29	26,3	64,63
1,4	-20,71	6,4	12,28	11,4	30,87	16,4	44,51	21,4	55,50	26,4	64,80
1,5	-19,67	6,5	12,73	11,5	31,18	16,5	44,75	21,5	55,70	26,5	64,97
1,6	-18,66	6,6	13,18	11,6	31,49	16,6	44,99	21,6	55,90	26,6	65,14
1,7	-17,67	6,7	13,63	11,7	31,79	16,7	45,23	21,7	56,10	26,7	65,32
1,8	-16,72	6,8	14,07	11,8	32,09	16,8	45,47	21,8	56,29	26,8	65,49
1,9	-15,79	6,9	14,50	11,9	32,40	16,9	45,70	21,9	56,49	26,9	65,66
2,0	-14,88	7,0	14,93	12,0	32,70	17,0	45,94	22,0	56,69	27,0	65,83
2,1	-14,00	7,1	15,36	12,1	33,00	17,1	46,17	22,1	56,89	27,1	66,00
2,2	-13,13	7,2	15,78	12,2	33,29	17,2	46,41	22,2	57,08	27,2	66,17
2,3	-12,29	7,3	16,20	12,3	33,59	17,3	46,64	22,3	57,28	27,3	66,34
2,4	-11,47	7,4	16,62	12,4	33,88	17,4	46,87	22,4	57,47	27,4	66,51
2,5	-10,66	7,5	17,03	12,5	34,18	17,5	47,11	22,5	57,67	27,5	66,67
2,6	-9,87	7,6	17,44	12,6	34,47	17,6	47,34	22,6	57,86	27,6	66,84
2,7	-9,10	7,7	17,84	12,7	34,76	17,7	47,57	22,7	58,05	27,7	67,01
2,8	-8,35	7,8	18,24	12,8	35,04	17,8	47,80	22,8	58,24	27,8	67,18
2,9	-7,61	7,9	18,64	12,9	35,33	17,9	48,02	22,9	58,44	27,9	67,34
3,0	-6,88	8,0	19,04	13,0	35,61	18,0	48,25	23,0	58,63	28,0	67,51
3,1	-6,16	8,1	19,43	13,1	35,90	18,1	48,48	23,1	58,82	28,1	67,67
3,2	-5,46	8,2	19,82	13,2	36,18	18,2	48,70	23,2	59,01	28,2	67,84
3,3	-4,78	8,3	20,20	13,3	36,46	18,3	48,93	23,3	59,20	28,3	68,00
3,4	-4,10	8,4	20,59	13,4	36,74	18,4	49,15	23,4	59,39	28,4	68,17
3,5	-3,44	8,5	20,96	13,5	37,02	18,5	49,37	23,5	59,57	28,5	68,33
3,6	-2,78	8,6	21,34	13,6	37,29	18,6	49,60	23,6	59,76	28,6	68,50
3,7	-2,14	8,7	21,71	13,7	37,57	18,7	49,82	23,7	59,95	28,7	68,66
3,8	-1,51	8,8	22,09	13,8	37,84	18,8	50,04	23,8	60,13	28,8	68,82
3,9	-0,88	8,9	22,45	13,9	38,11	18,9	50,26	23,9	60,32	28,9	68,99
4,0	-0,27	9,0	22,82	14,0	38,38	19,0	50,47	24,0	60,51	29,0	69,15
4,1	0,34	9,1	23,18	14,1	38,65	19,1	50,69	24,1	60,69	29,1	69,31
4,2	0,93	9,2	23,54	14,2	38,92	19,2	50,91	24,2	60,87	29,2	69,47
4,3	1,52	9,3	23,90	14,3	39,18	19,3	51,13	24,3	61,06	29,3	69,63
4,4	2,10	9,4	24,25	14,4	39,45	19,4	51,34	24,4	61,24	29,4	69,79
4,5	2,67	9,5	24,60	14,5	39,71	19,5	51,56	24,5	61,42	29,5	69,95
4,6	3,23	9,6	24,95	14,6	39,98	19,6	51,77	24,6	61,61	29,6	70,11
4,7	3,79	9,7	25,30	14,7	40,24	19,7	51,98	24,7	61,79	29,7	70,27
4,8	4,34	9,8	25,65	14,8	40,50	19,8	52,20	24,8	61,97	29,8	70,43
4,9	4,88	9,9	25,99	14,9	40,76	19,9	52,41	24,9	62,15	29,9	70,59

**Esempio** : Qual è la temperatura di saturazione corrispondente alla pressione di 18kgf/cm<sup>2</sup>G?

**Soluzione** : Dalla tabella 1-7, la temperatura di saturazione è pari a 48,25°C.

### 1.3.5 Calore sensibile e calore latente

La figura 1-33 mostra il "grafico temperatura-contenuto di calore" per 1 kg di acqua riscaldata da  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$  alla pressione atmosferica.

- (1) Da A a B, sono state aggiunte 25,2 kcal di calore per aumentare la temperatura del ghiaccio da  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $0^{\circ}\text{C}$ .
- (2) Da B a C, sono state aggiunte 79,6 kcal per fondere il ghiaccio senza modificarne la temperatura.
- (3) Da C a D, sono state aggiunte 100 kcal per riscaldare l'acqua al punto di ebollizione, da  $0^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$ .
- (4) Da D a E, sono state aggiunte 539 kcal per trasformare l'acqua in vapore senza modificarne la temperatura.
- (5) Da E a F, sono state aggiunte 22,1 kcal per aumentare la temperatura del vapore da  $100^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$ .

In questo esempio:

- Il calore necessario per aumentare la temperatura del ghiaccio viene chiamato "calore sensibile". (da A a B)
- Il calore necessario per trasformare il ghiaccio in acqua viene chiamato "calore latente di fusione". (da B a C)
- Il calore necessario per aumentare la temperatura dell'acqua viene chiamato "calore sensibile". (da C a D)
- Il calore necessario per trasformare l'acqua in vapore viene chiamato "calore latente di vaporizzazione". (da D a E)

Se il processo viene invertito:

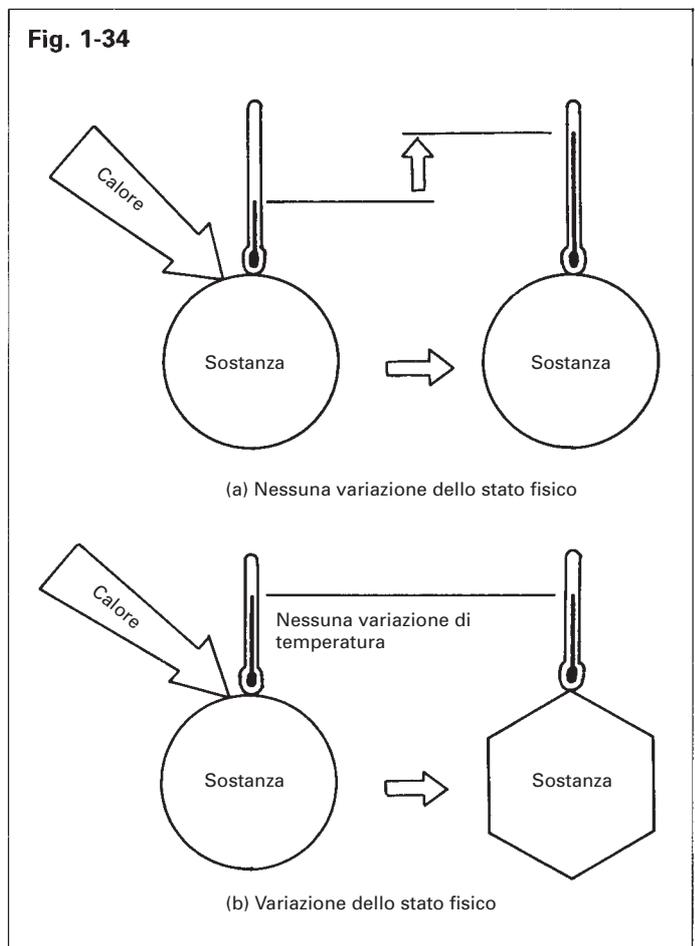
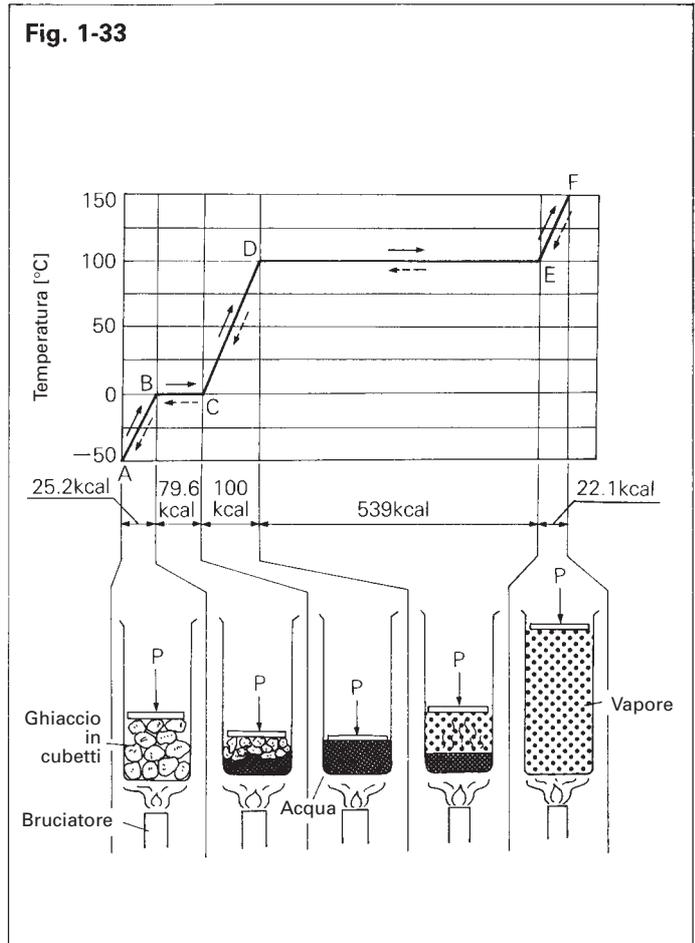
- Il calore che deve essere sottratto per trasformare il vapore in acqua viene chiamato "calore latente di condensazione". (da E a D)
- Il calore che deve essere sottratto per abbassare la temperatura dell'acqua viene chiamato "calore sensibile". (da D a C)
- Il calore che deve essere sottratto per trasformare l'acqua in ghiaccio viene chiamato calore latente di solidificazione. (da C a B)
- Il calore che deve essere sottratto per abbassare la temperatura del ghiaccio viene chiamato "calore sensibile". (da B a A)

**Calore sensibile**...Se una sostanza viene riscaldata con conseguente aumento della temperatura, l'aumento di calore viene chiamato calore sensibile. Allo stesso modo, il calore può essere sottratto da una sostanza. Se la temperatura diminuisce, il calore sottratto viene chiamato calore sensibile. [Vedere la figura 1-34(a).]

Il calore che dà luogo ad una variazione di temperatura in una sostanza viene chiamato calore sensibile.

**Calore latente**...Si è già detto che tutte le sostanze in forma pura sono in grado di modificare il loro stato. I solidi diventano liquidi, i liquidi diventano gas, ecc. L'aggiunta o la sottrazione di calore dà luogo a queste variazioni. Il calore che provoca questi cambiamenti viene chiamato calore latente. [Vedere la figura 1-34(b).]

Il calore che determina un cambiamento di stato senza variazione di temperatura viene chiamato calore latente.



### 1.3.6 Calcolo della quantità di calore

**Calore specifico...** Il calore specifico di una sostanza è la quantità di calore che deve essere aggiunta o tolta per modificare di 1 grado Celsius la temperatura di 1 kilogrammo di sostanza.

Osservare che secondo la definizione di kcal, il calore specifico dell'acqua è 1 kcal per kilogrammo per grado Celsius. Il calore necessario per provocare una variazione di temperatura in una sostanza varia in funzione della natura e della quantità di sostanza. La tabella 1-8 elenca il calore specifico di diverse sostanze comuni.

**Tabella 1-8**

Sostanza	Calore specifico	
	Sistema metrico convenzionale e sistema iarda-libbra	Sistema metrico S.I. Calore latente di vaporizzazione (condensazione)
	kcal/kg°C, Btu/lb°F	kJ/kg·K
Acqua	1,0	4,187
Ghiaccio	0,504	2,110
Legno	0,327	1,369
Acciaio	0,129	0,540
Mercurio	0,0333	0,139
Alcole	0,615	2,575
Rame	0,095	0,398

Nota) I valori sopraindicati possono essere utilizzati per i calcoli che non implicano cambiamenti di stato.

☼ Il calore specifico di un materiale qualsiasi varia leggermente attraverso la scala delle temperature. La variazione è praticamente trascurabile e si può considerare il calore specifico come una quantità costante per la maggior parte dei calcoli.

La quantità di calore che deve essere aggiunta o sottratta da una data massa di materiale per variarne la temperatura può essere calcolata mediante la seguente equazione:

$$Q_s = M \cdot C(t_2 - t_1)$$

Dove  $Q_s$  = Quantità di calore assorbita o sottratta dalla sostanza

$M$  = Massa della sostanza

$C$  = Calore specifico della sostanza

$t_2$  = temperatura finale

$t_1$  = temperatura iniziale

**Esempio** : Calcolare la quantità di calore, in kcal, che deve essere aggiunta per riscaldare 20 kg di un blocco di rame da 30°C a 250°C.

**Soluzione** : Calore specifico del rame  
 = 0,095 kcal/kg°C  
 $Q_s = 20 \text{ kg} \times 0,095 \text{ kcal/kg°C} \times (250-30)^\circ\text{C}$   
 = 418 kcal

Il calore latente necessario per provocare un cambiamento di fase in una sostanza varia in funzione del materiale. La tabella 1-9 elenca il calore latente di vaporizzazione (condensazione) di diverse sostanze.

**Tabella 1-9**

Sostanza	Sistema metrico tradizionale	Sistema metrico S.I.	Sistema iarda-libbra
	kcal/kg	kJ/kg	Btu/lb
	Acqua	539 su 100°C	2257 su 100°C
R-502	38 su -15°C	160 su -15°C	68,96 su 5°F
R-12	38 su -15°C	159 su -15°C	68,2 su 5°F
R-22	52 su -15°C	217 su -15°C	93,2 su 5°F

Il valore del calore latente di un liquido particolare varia in funzione della pressione al di sopra del liquido. Quando la pressione aumenta, il calore latente diminuisce.

La quantità di calore che deve essere aggiunta o sottratta da una data massa di materiale per provocare un cambiamento specifico di stato può essere calcolata mediante la seguente equazione:

$$Q_L = M \cdot h$$

Dove  $Q_L$  = Quantità di calore assorbita o sottratta dalla sostanza

$M$  = Massa della sostanza

$h$  = Calore latente della sostanza

**Esempio** : Calcolare la quantità di calore, in kcal, che deve essere aggiunta per vaporizzare 10 kg di acqua a 100°C.

**Soluzione** : Calore latente di vaporizzazione dell'acqua  
 = 539 kcal/kg  
 $Q_L = 10 \text{ kg} \times 539 \text{ kcal/kg} = 5390 \text{ kcal}$

## 1.4 Refrigerazione

### 1.4.1 Che cosa sono la "refrigerazione" e il "condizionamento dell'aria"?

**Refrigerazione...** Si definisce refrigerazione il processo di diminuire o mantenere la temperatura di un locale o di un materiale ad un valore inferiore a quello dell'ambiente circostante.

**Condizionamento dell'aria...** Si definisce condizionamento dell'aria il processo di trattamento dell'aria in modo da controllarne simultaneamente l'umidità, la purezza, la distribuzione e la temperatura allo scopo di soddisfare i requisiti dei locali climatizzati. In senso lato il condizionamento dell'aria fa parte della refrigerazione.

### 1.4.2 Isolamento termico

Dato che il calore si sposta da una zona ad alta temperatura ad una zona a temperatura più bassa, vi è sempre un flusso continuo di calore verso la zona refrigerata proveniente dall'ambiente circostante più caldo.

Allo scopo di limitare il flusso di calore verso il locale refrigerato ad un minimo pratico, è necessario isolare il locale dall'ambiente circostante con un buon materiale isolante.

### 1.4.3 Carico termico

**Carico termico...** La velocità alla quale il calore deve essere sottratto da un locale refrigerato o da un materiale allo scopo di produrre e mantenere le condizioni di temperatura desiderate viene chiamato carico termico.

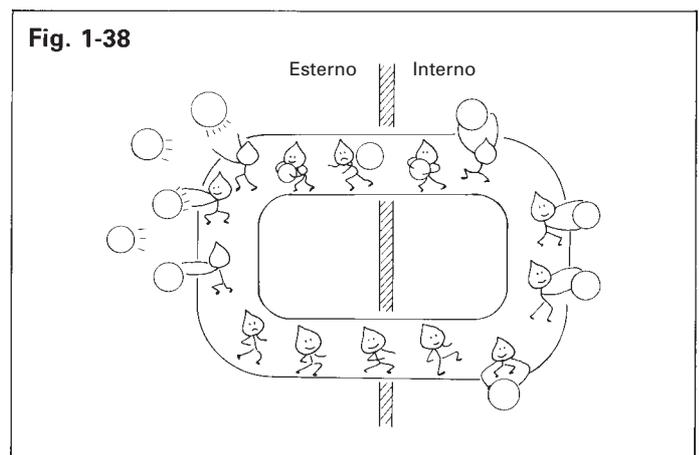
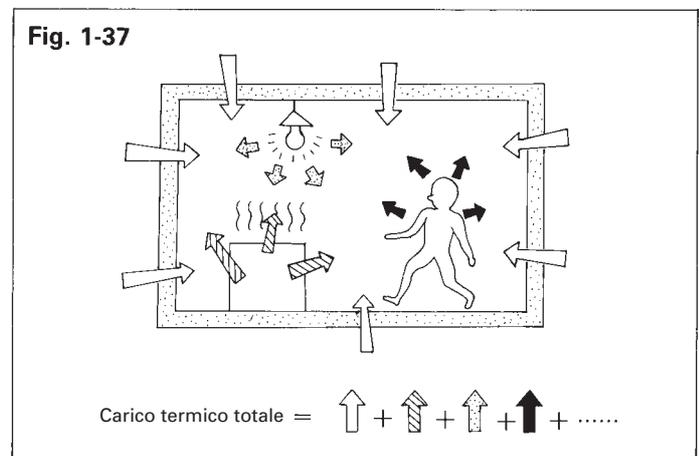
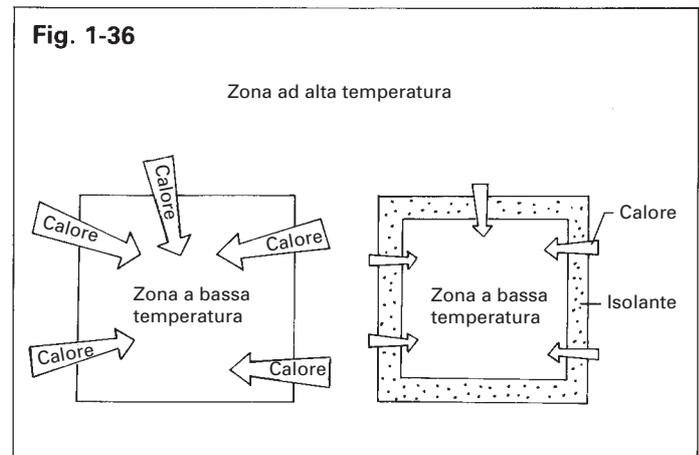
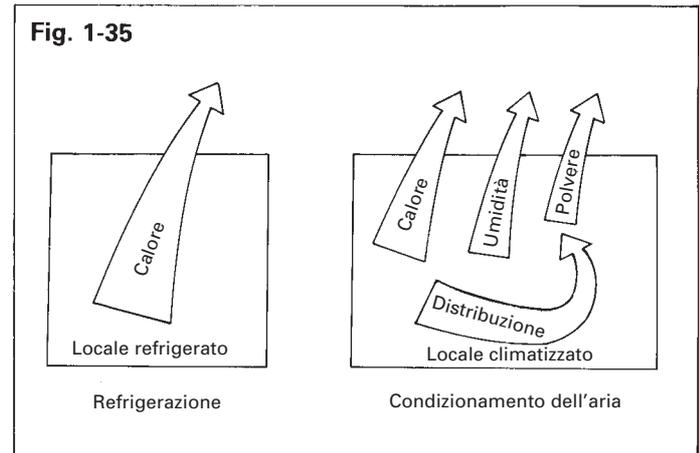
Nella maggior parte delle applicazioni di refrigerazione, il carico termico totale sull'attrezzatura refrigerante è dato dalla somma del calore che fuoriesce dal locale refrigerato attraverso le pareti isolanti, il calore che entra nel locale attraverso le aperture nella porta e il calore che deve essere sottratto dal prodotto refrigerato allo scopo di diminuirne la temperatura limitatamente alle condizioni di spazio o di stoccaggio richieste. Anche il calore emesso dalle persone che lavorano nel locale refrigerato e dai motori, dall'illuminazione e da altre apparecchiature elettriche contribuisce al carico sull'apparecchiatura refrigerante.

### 1.4.4 Refrigerante

Per ridurre e mantenere la temperatura di un locale al di sotto della temperatura dell'ambiente circostante, si deve sottrarre calore dal locale e trasferirlo ad un altro corpo, la cui temperatura è inferiore a quella del locale refrigerato. Un dispositivo di questo tipo si chiama refrigerante.

**Refrigerante...** Un refrigerante è un trasportatore di calore che trasferisce calore da un locale da raffreddare verso l'esterno. Per quanto riguarda il ciclo frigorifero a compressione di vapore, il refrigerante è il fluido operativo del ciclo che alternativamente vaporizza e condensa a seconda che assorba o ceda calore.

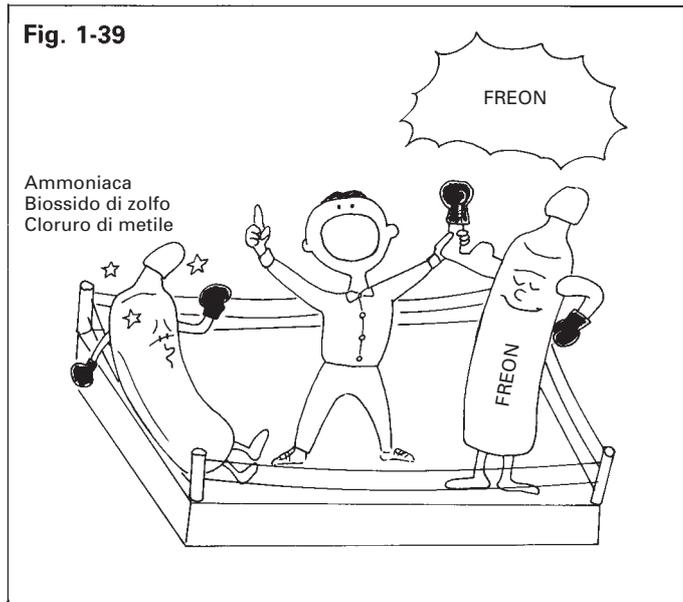
In generale, un fluido che ha le seguenti proprietà è adatto ad essere impiegato come refrigerante.



- (1) Economico
- (2) Non tossico
- (3) Non esplosivo
- (4) Non corrosivo
- (5) Non infiammabile
- (6) Stabile (inerte)
- (7) Alto calore latente di vaporizzazione
- (8) Facilità di vaporizzazione e condensazione
- (9) Facilità di individuazione di perdite

Molte sostanze sono state usate come refrigeranti. In passato, i refrigeranti più comuni sono stati l'aria, l'ammoniaca, il biossido di zolfo, il biossido di carbonio e il cloruro di metile.

Oggi si usano quasi esclusivamente gli idrocarburi fluorurati nei sistemi di condizionamento dell'aria. La tabella 1-10 elenca i vari refrigeranti a base di idrocarburi fluorurati che sono usati per i prodotti Daikin.



**Tabella 1-10**

Simbolo del refrigerante	Nome	Formola chimica	Tipo de compresor	Applicazioni
R-11	Tricloromonofluorometano	$\text{CCl}_3\text{F}$	Centrifugo	Grandi sistemi di condizionamento dell'aria
R-12	Diclorodifluorometano	$\text{CCl}_2\text{F}_2$	Alternativo Rotativo	Piccoli frigoriferi domestici Espositori di alimenti congelati Condizionamento d'aria residenziale e commerciale Climatizzazione automobilistica
R-22	Monoclorodifluorometano	$\text{CHClF}_2$	Alternativo Rotativo	Condizionamento d'aria residenziale e commerciale Impianti di congelamento di alimenti, immagazzinamento ed esposizione di alimenti congelati e molte altre applicazioni a media e bassa temperatura
R-502	Miscela azeotropica di 48,8% de R-22 y 51,2% de R-115	$\text{CHClF}_2$ + $\text{C}_2\text{ClF}_5$	Alternativo	Espositori di alimenti congelati e di gelati Impianti per magazzini e congelamento di alimenti Espositori a medie temperature
R-114	Diclorotetrafluoroetano	$\text{CClF}_2\text{-CClF}_2$	Rotativo	Sistemi a bassa temperatura
			Alternativo	Refrigeranti per cabine
			Centrifugo	Grandi sistemi di condizionamento dell'aria

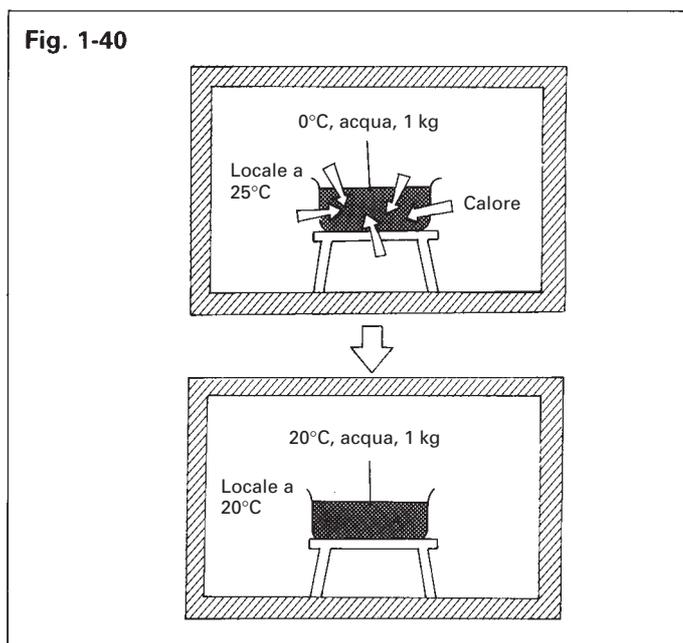
### 1.4.5 Principio della refrigerazione

#### (1) Refrigerazione mediante acqua refrigerata

Consideriamo che 1 kg di acqua a 0°C venga messo in un recipiente aperto all'interno di un locale isolato ad una temperatura iniziale di 25°C. Per un certo periodo di tempo, il calore passerà dal locale a 25°C nell'acqua a 0°C, in modo da far diminuire la temperatura del locale. Tuttavia, per ogni kilocaloria di calore che l'acqua assorbe dal locale, si avrà un aumento di 1°C della temperatura dell'acqua, e ad un abbassamento della temperatura del locale corrisponde un aumento della temperatura dell'acqua. Molto presto le temperature dell'acqua e del locale saranno esattamente le stesse e la trasmissione del calore non avrà più luogo. (Vedere la figura 1-40.)

#### Svantaggi

- Non è possibile ottenere temperature inferiori a quella dell'acqua refrigerata.
- La refrigerazione non è continua.
- È impossibile controllare la temperatura ambiente.



Per ottenere una refrigerazione continua, l'acqua deve essere continuamente refrigerata e ricircolata. (Vedere la figura 1-41.)

Alcuni tipi di condizionatori d'aria impiegano questo sistema.

(2) Refrigerazione mediante ghiaccio

Consideriamo adesso che 1 kg di ghiaccio a 0°C sostituisca l'acqua. Questa volta la temperatura del ghiaccio non cambia quando assorbe calore dal locale. Il ghiaccio passa semplicemente dallo stato solido a quello liquido alla temperatura costante di 0°C. Il calore assorbito dal ghiaccio provoca un drenaggio di acqua e l'effetto refrigerante sarà ininterrotto fino a quando il ghiaccio non sarà completamente fuso. (Vedere la figura 1-42.)

**Svantaggi**

- È impossibile ottenere basse temperature.
- È necessario un rifornimento frequente di ghiaccio.
- È difficile controllare la velocità di refrigerazione, che a sua volta rende difficile il mantenimento della temperatura desiderata.

(3) Sistemi di refrigerazione meccanica

① Refrigerazione mediante liquidi refrigeranti

Un locale isolato può essere refrigerato nel modo adatto lasciando semplicemente vaporizzare il liquido R-22 in un recipiente con sfogo verso l'esterno, come indicato nella figura 1-43. Dato che l'R-22 si trova a pressione atmosferica, la sua temperatura di saturazione è di -40,8°C. Vaporizzando a questa bassa temperatura, l'R-22 assorbe rapidamente calore dal locale a 25°C attraverso le pareti del recipiente. Il calore assorbito dal liquido che vaporizza lascia il locale pieno di vapore che esce dall'apertura di sfogo. Poiché la temperatura del liquido rimane costante durante il processo di vaporizzazione, la refrigerazione continua fino a quando tutto il liquido non è vaporizzato.

Un qualsiasi recipiente, come quello rappresentato nella figura 1-43, nel quale vaporizza un refrigerante viene chiamato "evaporatore".

② Controllo della temperatura di vaporizzazione

La temperatura alla quale il liquido vaporizza nell'evaporatore può essere controllata controllando la pressione del vapore sopra il liquido. Per esempio, se una valvola manuale viene installata nella linea di sfogo e lo sfogo viene chiuso parzialmente in modo che il vapore non possa uscire liberamente dall'evaporatore. Regolando attentamente la valvola di sfogo per regolare il flusso di vapore dall'evaporatore, è possibile controllare la pressione del vapore sopra il liquido e provocare la vaporizzazione dell'R-22 a qualsiasi temperatura tra -40,8°C e la temperatura del locale a 25°C.

③ Mantenimento di una vaporizzazione continua

La vaporizzazione continua del liquido nell'evaporatore richiede il rifornimento continuo di liquido se la quantità di liquido nell'evaporatore deve essere mantenuta costante. Un metodo per rifornire di liquido l'evaporatore è di usare una valvola a galleggiante come indicato nella figura 1-45.

Fig. 1-41

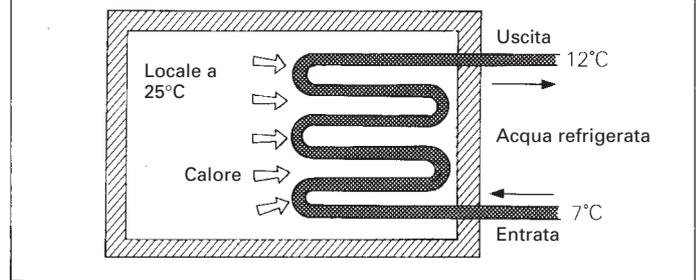


Fig. 1-42

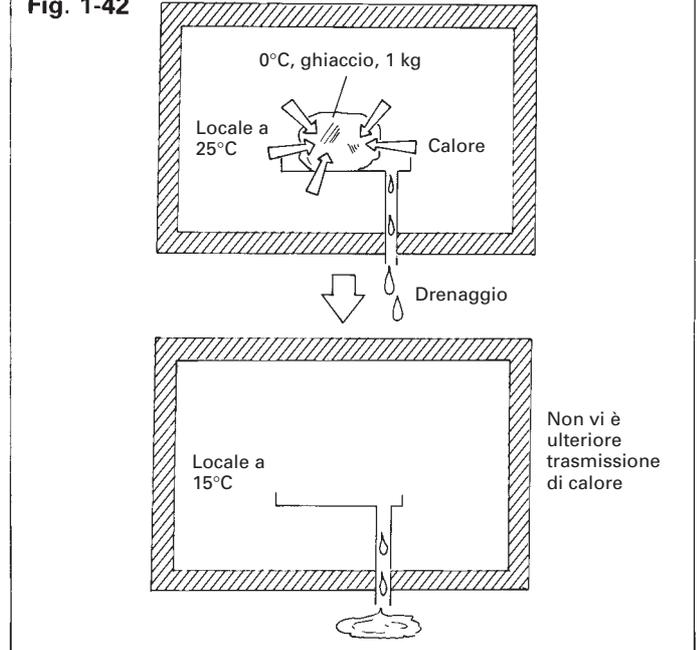


Fig. 1-43

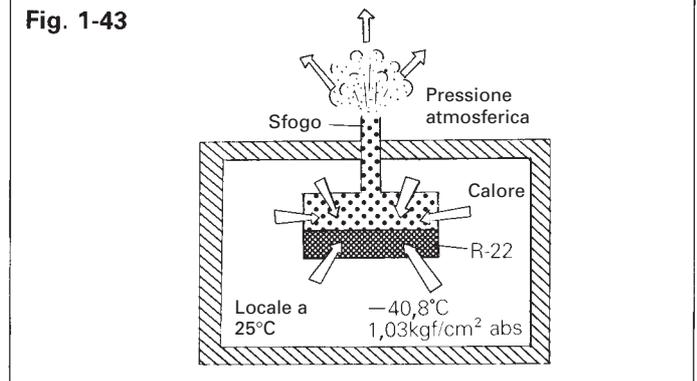
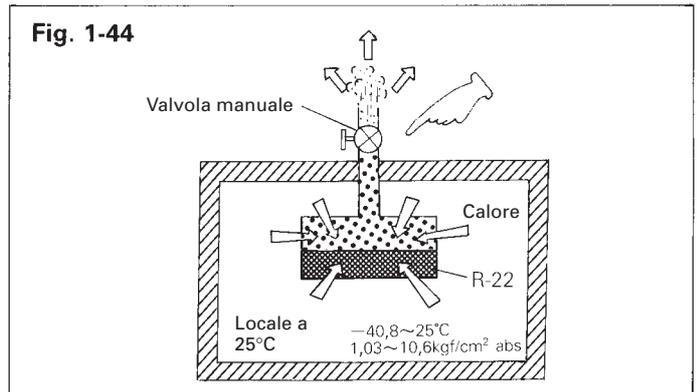


Fig. 1-44



L'azione della valvola a galleggiante è di mantenere un livello costante di liquido nell'evaporatore permettendo al liquido di passare dal serbatoio cilindrico nell'evaporatore esattamente alla stessa velocità alla quale il rifornimento di liquido nell'evaporatore si esaurisce mediante vaporizzazione.

Un qualsiasi dispositivo, come una valvola a galleggiante, impiegato per regolare il flusso di liquido refrigerante nell'evaporatore viene chiamato "controllo della portata del refrigerante".

#### √ Ricupero del refrigerante

Per quanto riguarda la convenienza economica, non è interessante lasciare che il vapore del refrigerante si liberi nell'atmosfera. Il vapore deve essere raccolto continuamente ed impiegato nuovamente. Per riutilizzare il refrigerante, esso va alimentato all'evaporatore allo stato liquido poiché può assorbire calore unicamente mediante vaporizzazione. Dal momento che il refrigerante lascia l'evaporatore nella forma di vapore, deve essere trasformato in liquido prima di poter essere riutilizzato. Il modo più semplice per realizzare ciò consiste nel condensare il refrigerante vaporizzato quando lascia l'evaporatore. Per condensare il refrigerante, il calore latente ceduto dal vapore durante la condensazione deve essere trasmesso ad un altro mezzo. A questo scopo, si utilizza aria o acqua. L'aria o l'acqua si deve trovare ad una temperatura inferiore a quella della temperatura di condensazione del refrigerante. Ad una data pressione le temperature di condensazione e vaporizzazione di un fluido sono le stesse. Se un refrigerante che è vaporizzato a 10°C deve essere condensato alla stessa temperatura, occorre adoperare aria o acqua ad una temperatura inferiore.

Ovviamente, se l'aria o l'acqua fossero disponibili a questa temperatura più bassa, non sarebbe necessaria la refrigerazione meccanica. Dato che la temperatura dell'aria o dell'acqua disponibile è sempre più alta della temperatura del refrigerante al punto di ebollizione, esso non può essere condensato quando lascia l'evaporatore. Allo scopo di condensare il vapore, si deve aumentarne la pressione fino ad un valore tale che la sua temperatura di condensazione sia superiore alla temperatura dell'aria o dell'acqua disponibile. Per esempio, se la pressione del vapore è 17kgf/cm abs, esso condenserà alla temperatura di 43,5°C. Quindi il vapore a 43,5°C può essere raffreddato per mezzo dell'aria o dell'acqua disponibile. Per questo scopo è necessario un compressore.

Una pompa usata per pressurizzare il refrigerante vaporizzato e far circolare il refrigerante viene chiamata "compressore".

Qualsiasi recipiente, come quello rappresentato nella figura 1-48, nel quale è condensato un refrigerante, viene chiamato "condensatore".

Se si dispone di un compressore, la valvola manuale rappresentata nella figura 1-45 non sarà più necessaria. La pressione nell'evaporatore può essere controllata dal compressore e dalla valvola a galleggiante.

Fig. 1-45

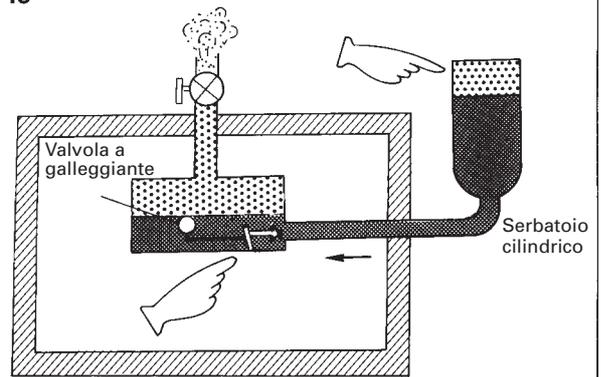


Fig. 1-46

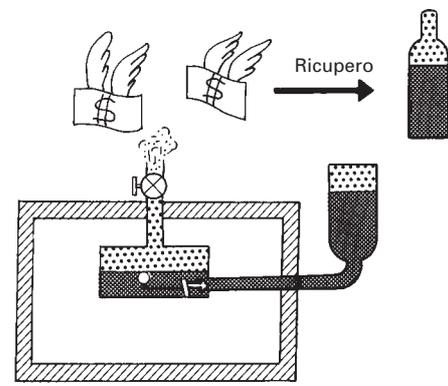


Fig. 1-47

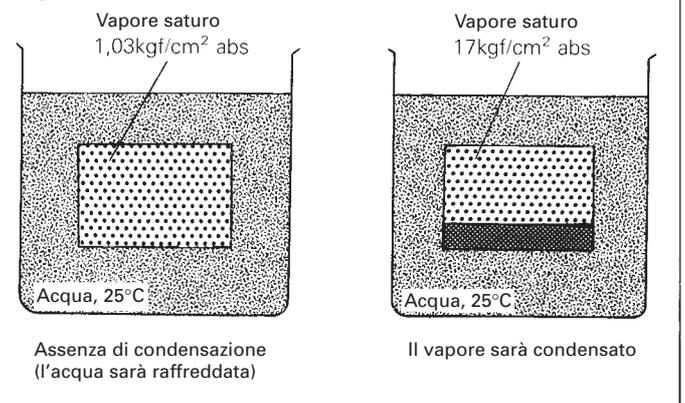
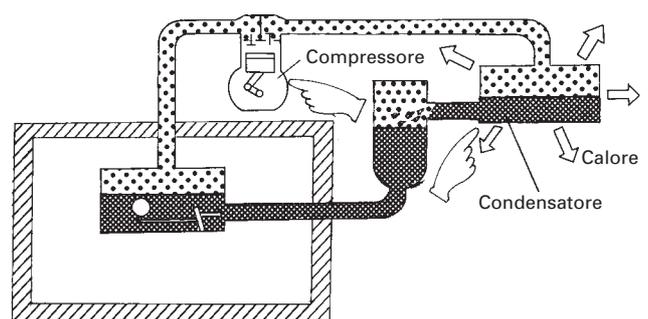


Fig. 1-48



⑤ Miglioramento dello scambio termico

L'efficienza dello scambio termico dipende dall'area superficiale dell'evaporatore e del condensatore sulla quale avviene lo scambio termico. Se si sostituisce il recipiente semplice con una serpentina, l'efficienza dello scambio termico verrà migliorata a causa della maggiore area superficiale. [Vedere la figura 1-49(b).] Inoltre, se la serpentina viene munita di alette, si otterrà una migliore efficienza dello scambio termico. [Vedere la figura 1-49(c).]

Il volume dell'aria è uno dei principali elementi dello scambio termico. Se si dispone di un ventilatore elettrico, la trasmissione del calore sarà ancora più efficiente. [Vedere la figura 1-49(d).]

Durante la compressione, viene svolto del lavoro meccanico per comprimere il vapore ad una pressione più elevata. Perciò, il vapore da inviare al mezzo condensante nel condensatore è dato dalla somma del calore assorbito nell'evaporatore e dal calore di compressione corrispondente al lavoro meccanico nel compressore. Per questa ragione, la dimensione di un condensatore è di solito più grande di quella di un evaporatore. (Vedere la figura 1-50.)

≈ Adesso, il refrigerante che scorre fuori dal condensatore nel serbatoio cilindrico è completamente liquefatto (condensato) ed è pronto a ricircolare nell'evaporatore.

Qualsiasi recipiente, come quello rappresentato nella figura 1-51, nella quale è accumulato un refrigerante condensato, viene chiamato "ricevitore".

Δ La valvola di espansione, come quella rappresentata nella figura 1-51, è impiegata di solito al posto della valvola a galleggiante. A questo punto, il sistema di refrigerazione è completo.

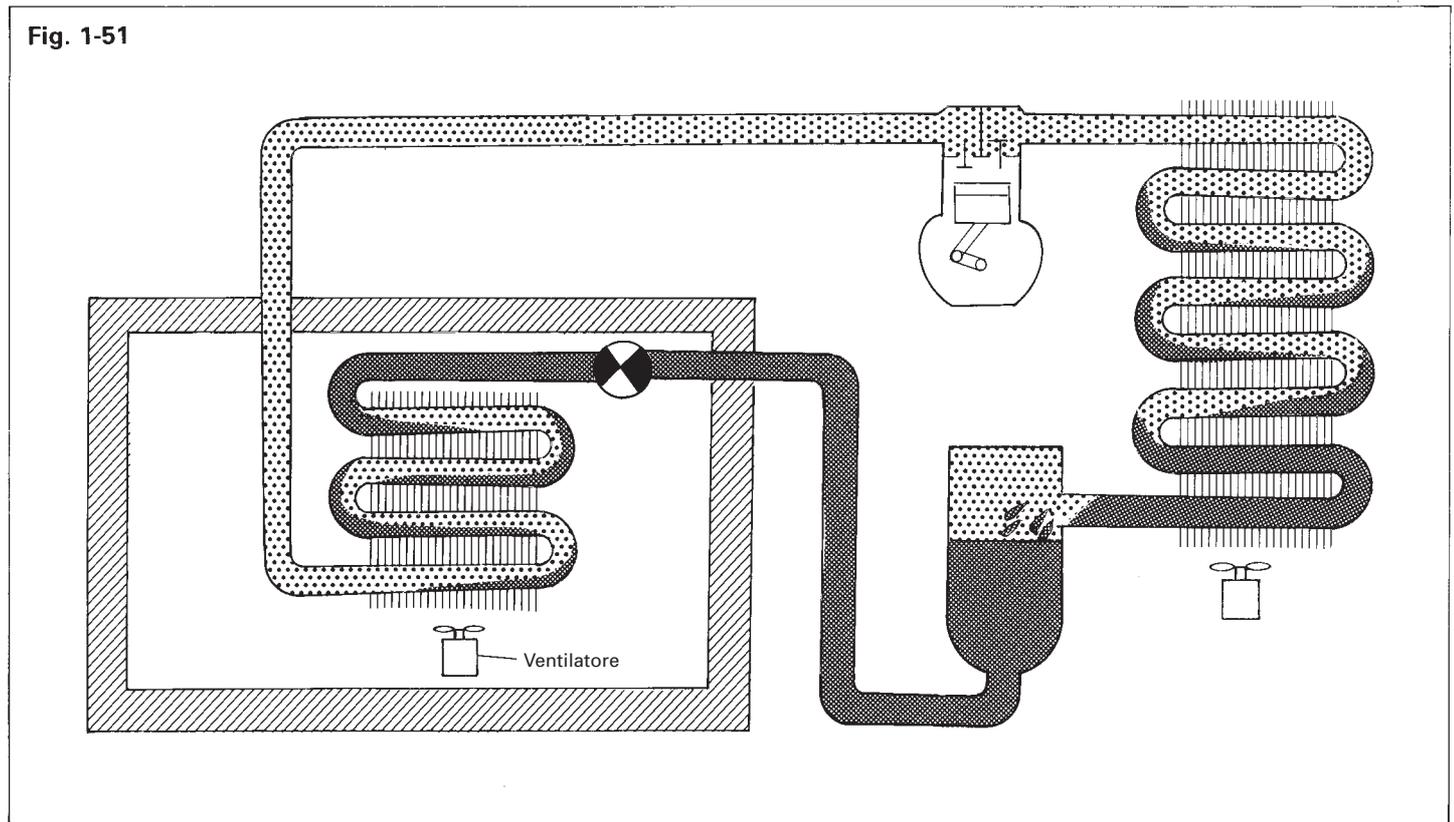
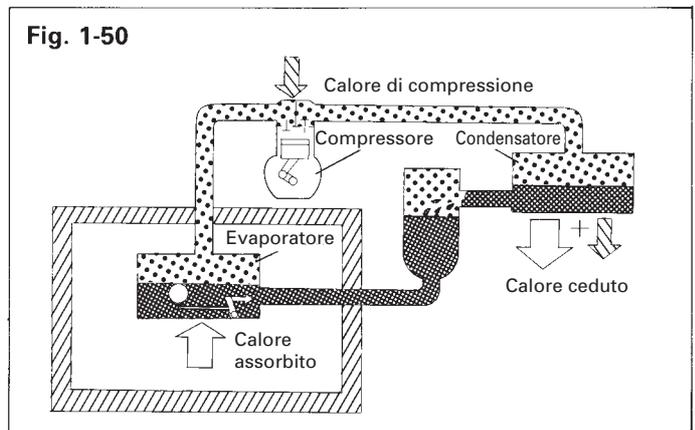
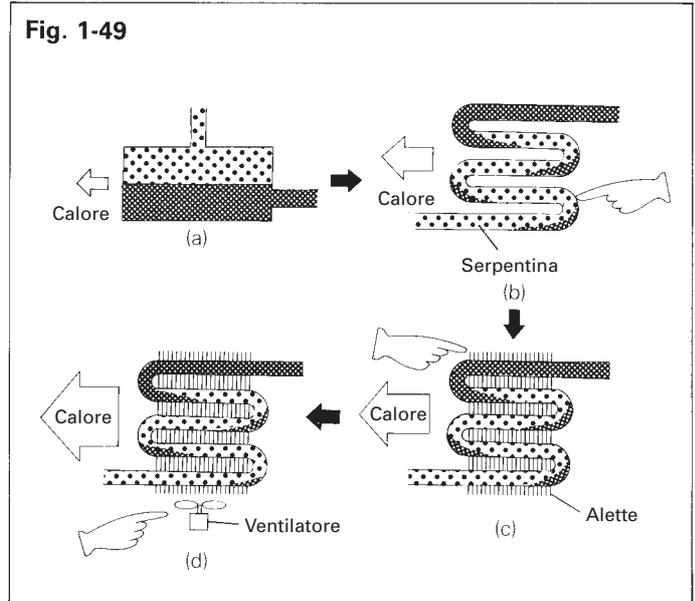
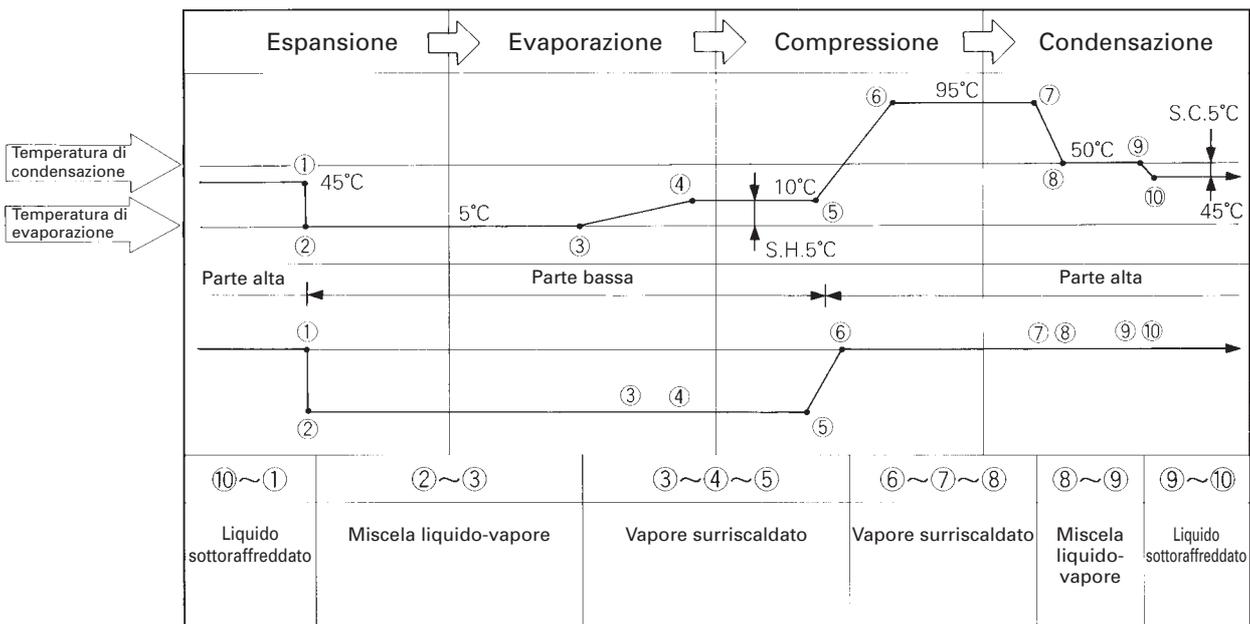
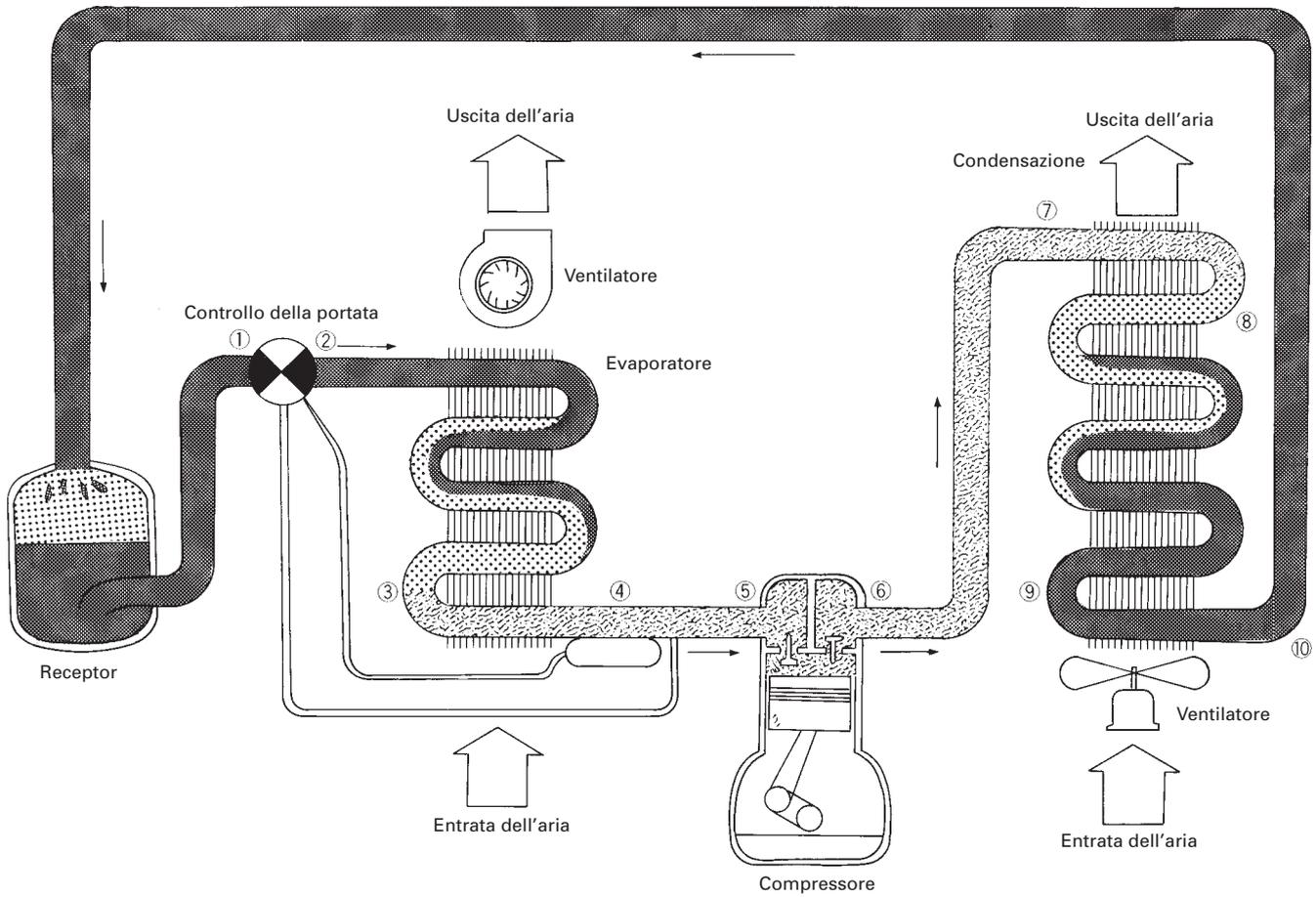


Fig. 1-52 Ciclo frigorifero



#### 1.4.6 Ciclo frigorifero

**Ciclo frigorifero...** Quando il refrigerante circola nel sistema, passa attraverso un certo numero di cambiamenti di stato o condizione, ciascuno dei quali viene chiamato un processo. Il refrigerante inizia ad un certo stato o condizione iniziale, passa attraverso una serie di processi in una sequenza definita e ritorna nella condizione iniziale. Questa serie di processi viene chiamata "ciclo frigorifero". Un semplice ciclo frigorifero è costituito da quattro processi fondamentali.

- (1) Espansione
- (2) Vaporizzazione
- (3) Compressione
- (4) Condensazione

##### (1) Espansione

Iniziando dal ricevitore, il refrigerante liquido ad alta temperatura e ad alta pressione (HP) passa dal ricevitore attraverso la linea del liquido al controllo della portata del refrigerante.

La pressione del liquido viene ridotta alla pressione dell'evaporatore quando il liquido passa attraverso il controllo della portata del refrigerante, in modo che la temperatura di saturazione del refrigerante che entra nell'evaporatore sia al di sotto della temperatura del locale refrigerato.

Una parte del liquido vaporizza quando passa attraverso il controllo del refrigerante allo scopo di ridurre la temperatura del liquido alla temperatura di evaporazione.

##### (2) Vaporizzazione

Nell'evaporatore, il liquido vaporizza a temperatura e pressione costanti quando il calore necessario ad ottenere il calore latente di vaporizzazione passa dal locale refrigerato attraverso le pareti dell'evaporatore al liquido che vaporizza.

Tutto il refrigerante viene completamente vaporizzato nell'evaporatore e surriscaldato nella parte terminale dell'evaporatore.

Sebbene la temperatura del vapore aumenti un po' verso la parte terminale dell'evaporatore, come conseguenza del surriscaldamento, la pressione del vapore non cambia.

Sebbene il vapore assorba calore dall'aria circostante la linea di aspirazione, aumentandone la temperatura si ha una leggera diminuzione della pressione a causa delle perdite per attrito nella linea di aspirazione; questi cambiamenti vengono trascurati nella spiegazione di un semplice ciclo frigorifero.

##### (3) Compressione

Per mezzo del compressore, il vapore derivante dalla vaporizzazione viene estratto dall'evaporatore attraverso la linea di aspirazione nell'entrata di aspirazione del compressore.

Nel compressore, la temperatura e la pressione del vapore vengono aumentate dalla compressione ed il vapore ad alta pressione e alta temperatura viene scaricato dal compressore nella linea di mandata.

##### (4) Condensazione

Il vapore passa attraverso la linea di mandata nel condensatore dove cede calore all'aria relativamente fredda estratta attraverso il condensatore per mezzo del ventilatore.

Quando il vapore caldo cede calore all'aria più fredda, la sua temperatura si abbassa fino a raggiungere la nuova temperatura di saturazione corrispondente alla nuova pressione, e il vapore condensa di nuovo nello stato liquido quando viene sottratto altro calore.

Quando il refrigerante raggiunge la parte inferiore del condensatore, tutto il vapore è condensato e ulteriormente sottoraffreddato.

Quindi il liquido sottoraffreddato passa nel ricevitore ed è pronto ad essere messo di nuovo in circolazione.

#### 1.4.7 Parti principali del sistema di refrigerazione

Le parti principali del sistema di refrigerazione sono indicate di seguito.

##### (1) Ricevitore

La sua funzione è di procurare l'accumulo del liquido nel condensatore in modo che sia disponibile un rifornimento costante di liquido all'evaporatore.

##### (2) Linea del liquido

La sua funzione è di trasportare il refrigerante liquido dal ricevitore al controllo della portata del refrigerante.

##### (3) Controllo della portata del refrigerante

La sua funzione è di controllare la quantità appropriata di refrigerante che va all'evaporatore e di ridurre la pressione del liquido che entra nell'evaporatore in modo che il liquido vaporizzi nell'evaporatore alla bassa temperatura desiderata.

##### (4) Evaporatore

La sua funzione è di fornire una superficie per la trasmissione del calore attraverso la quale il calore può passare dal locale refrigerato nel refrigerante che vaporizza.

##### (5) Linea di aspirazione

La sua funzione è di trasportare il vapore a bassa pressione (LP) dall'evaporatore all'entrata di aspirazione del compressore.

##### (6) Compressore

La sua funzione è di rimuovere il vapore dall'evaporatore e di aumentarne la temperatura e la pressione fino ad un valore tale da far condensare il vapore con i mezzi di condensazione normalmente disponibili.

##### (7) Linea di mandata

La sua funzione è di fornire il vapore ad alta pressione e temperatura dallo scarico del compressore al condensatore.

##### (8) Condensatore

La sua funzione è di fornire una superficie per la trasmissione del calore attraverso la quale il calore passa dal vapore refrigerante caldo al mezzo di condensazione.

#### 1.4.8 Parte bassa e parte alta

Un sistema di refrigerazione è diviso in due parti secondo la pressione esercitata dal refrigerante nelle due parti.

**Parte bassa...**La parte bassa del sistema è costituita dal controllo della portata del refrigerante, dall'evaporatore e dalla linea di aspirazione. La pressione esercitata dal refrigerante in queste parti corrisponde alla bassa pressione sotto la quale il refrigerante vaporizza nell'evaporatore. Questa pressione è nota come "bassa pressione", "pressione della parte bassa", "pressione di aspirazione" o "pressione di vaporizzazione".

**Parte alta...**La parte ad alta pressione è costituita dal compressore, la linea di mandata, il condensatore, il ricevitore e la linea del liquido. La pressione esercitata dal refrigerante in questa parte del sistema corrisponde all'alta pressione sotto la quale il refrigerante è condensato nel condensatore. Questa pressione è nota come "alta pressione", "pressione di mandata" o "pressione di condensazione".

I punti di divisione tra le parti ad alta e a bassa pressione del sistema sono il controllo della portata del refrigerante, dove la pressione del refrigerante viene ridotta dalla pressione di condensazione alla pressione di vaporizzazione, e le valvole di scarico nel compressore, attraverso le quali il vapore ad alta pressione viene scaricato dopo la compressione.

## Capitolo 2 Diagramma di Mollier

2.1	Diagramma di Mollier .....	32
2.2	Come interpretare il “diagramma di Mollier” .....	33
2.3	Ciclo frigorifero sul diagramma di Mollier .....	37
2.3.1	Come rappresentare il ciclo frigorifero sul diagramma di Mollier .....	37
2.3.2	Quali sono le condizioni essenziali per tracciare il ciclo frigorifero sul diagramma di Mollier? .....	38
2.4	Che cosa si può dedurre dal ciclo frigorifero sul diagramma di Mollier? .....	39
2.4.1	Stato operativo in ciascuna parte del ciclo frigorifero .....	39
2.4.2	Effetto di refrigerazione, equivalente termico del lavoro di compressione, carico di condensazione e coefficiente di rendimento .....	40
2.5	Capacità del sistema .....	41
2.6	Ricerca e riparazione di guasti sul diagramma di Mollier .....	43
2.6.1	Pressione di condensazione eccessiva .....	43
2.6.2	Circolazione del refrigerante insufficiente .....	44
2.6.3	Circolazione del refrigerante eccessiva .....	45
2.6.4	Scambio termico insufficiente attraverso l’evaporatore .....	46
2.6.5	Carico di raffreddamento eccessivo .....	46
2.6.6	Sistema di compressione anormale .....	47

## Capitolo 2 Diagramma di Mollier

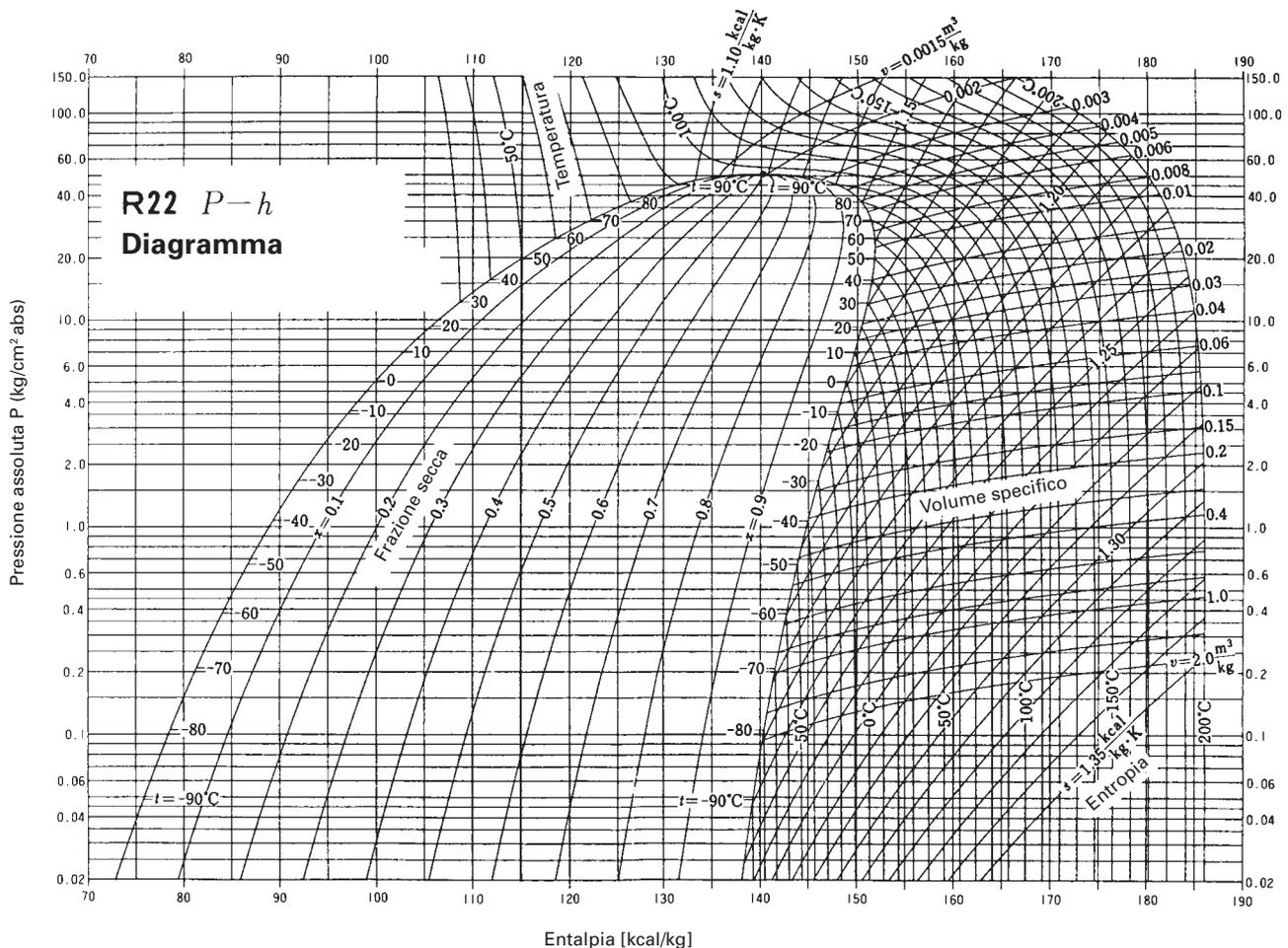
Per individuare un guasto, un tecnico dell'assistenza deve determinare con precisione che cosa si verifica all'interno di un sistema di refrigerazione. Poiché il sistema è sigillato, il tecnico adopera dei manometri per controllare la pressione e dei termometri per misurare la temperatura. Egli utilizza anche un sistema a spia di livello per controllare la quantità caricata di refrigerante e la sua secchezza. La maggior parte di questa investigazione deve essere logica. Il tecnico deve sapere che cosa succede all'interno del sistema e deve visualizzare il comportamento del refrigerante e qual è la parte del sistema che funziona.

Il diagramma di Mollier fornisce ai tecnici dell'assistenza un aiuto considerevole per eseguire tale lavoro. Il diagramma di Mollier è anche usato per calcolare le capacità dei sistemi di refrigerazione. In questo capitolo sono spiegati i principi essenziali del diagramma di Mollier, che sarà di aiuto ai tecnici dell'assistenza per analizzare le condizioni del sistema di refrigerazione.

### 2.1 Diagramma di Mollier

Diagramma di Mollier... Il diagramma sul quale le condizioni di un refrigerante in qualsiasi stato termodinamico in qualsiasi parte del ciclo sono rappresentate nella forma di un punto, viene chiamato diagramma di Mollier, o anche "diagramma P-h" o "diagramma "pressione-entalpia".

Fig.2-1 Diagramma di Mollier



## 2.2 Come interpretare il "diagramma di Mollier"

- (1) Linee di pressione costante e linee di entalpia costante. Le linee orizzontali nella figura 2-2 sono linee di pressione costante e le linee verticali sono linee di "entalpia" costante, vale a dire la quantità di calore presente in 1 kg di refrigerante. Osservare che le pressioni sono pressioni assolute e la scala è logaritmica.

**Entalpia...** Sebbene l'entalpia venga talvolta definita come "calore totale", viene definita più correttamente e in modo più specifico come la somma di tutta l'energia fornita da una data massa di materiale in una qualsiasi condizione termodinamica. La formula per il calcolo dell'entalpia è indicata qui sotto.

$$h = u + p \cdot v / j$$

dove

h : Entalpia [kcal/kg]

u : Energia interna [kcal/kg]

p : Pressione assoluta [kgf/cm<sup>2</sup>]

v : Volume specifico [m<sup>3</sup>/kg]

j : Equivalente dell'energia meccanica

- (2) Linea del liquido saturo e linea del vapore saturo. Come indicato nella figura 2-3, il diagramma è suddiviso in tre aree principali che sono separate l'una dall'altra dalla linea del liquido saturo e dalla linea del vapore saturo. (Il liquido saturo e il vapore saturo sono spiegati nel paragrafo 1.3.3.)

L'area sul lato sinistro della linea del liquido saturo corrisponde alla "zona sottoraffreddata". In qualsiasi punto della zona sottoraffreddata, il refrigerante si trova nello stato liquido e la sua temperatura è inferiore alla temperatura di saturazione corrispondente alla sua pressione.

L'area sul lato destro della linea del vapore saturo è la "zona surriscaldata" e il refrigerante in questa zona si trova nella forma di vapore surriscaldato.

La sezione centrale del diagramma, tra le linee del liquido saturo e del vapore saturo, viene chiamata la "zona del cambiamento di fase", che rappresenta il cambiamento nella fase del refrigerante tra gli stati liquido e vapore. In qualsiasi punto tra le due linee, il refrigerante si trova nella forma di miscela liquido-vapore.

- ☛ Come indicato nella figura 2-3, il punto di unione della linea del liquido saturo e della linea del vapore saturo viene chiamato il "punto critico". La temperatura e la pressione in questo punto vengono chiamate rispettivamente la "temperatura critica" e la "pressione critica".

**Temperatura critica...** La temperatura critica di qualsiasi gas è la più alta temperatura alla quale un gas è condensabile mediante applicazione di una pressione. La temperatura critica varia a seconda del tipo di gas. (Vedere la tabella 2-1.)

**Pressione critica...** La pressione critica è la pressione di saturazione alla temperatura critica.

Fig.2-2

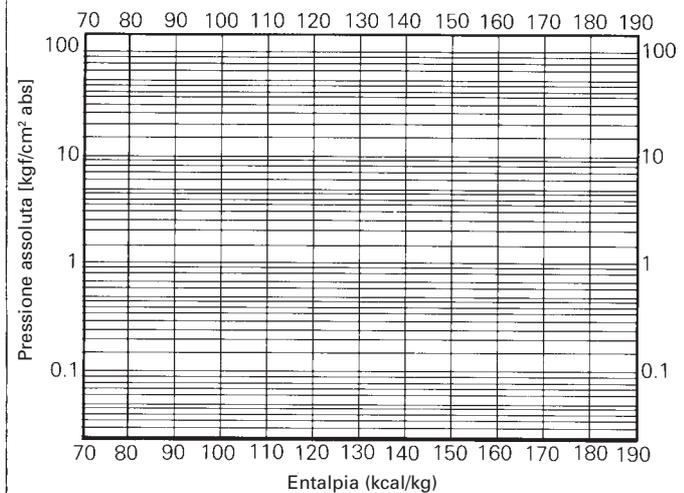


Fig.2-3

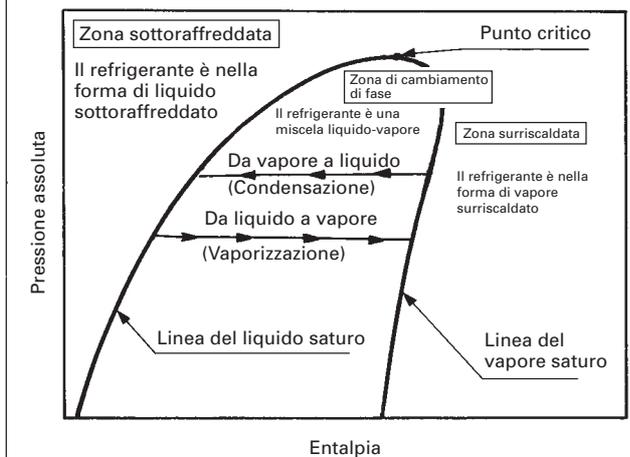


Tabella 2-1

Sostanza	Temperatura critica (°C)	Pressione critica [kgf/cm <sup>2</sup> abs]
Acqua	374,0	225,5
Biossido di carbonio	31,0	75,2
Ammoniaca	132,4	115,2
R-22	96,2	50,9
Aria	-140,7	38,4
Idrogeno	-239,9	13,2
Elio	-267,9	2,33

(3) Linee di secchezza costante

Il cambiamento di fase da liquido a vapore ha luogo progressivamente da sinistra a destra, mentre il cambiamento di fase da vapore a liquido ha luogo da destra a sinistra.

La miscela liquido-vapore vicina alla linea del liquido saturo è quasi completamente nello stato liquido. Al contrario, la miscela liquido-vapore vicina alla linea del vapore saturo è quasi completamente nello stato vapore.

Le linee di "secchezza" che si estendono dal punto critico alla parte inferiore attraverso la sezione centrale del diagramma e approssimativamente parallele alle linee del liquido e del vapore saturo, indicano la percentuale di vapore nella miscela per incrementi del 10%.

Per esempio, in qualsiasi punto della linea di secchezza più vicina alla linea del liquido saturo, la secchezza della miscela liquido-vapore ( $x$ ) è 0,1, il che significa che il 10% (in peso) della miscela è costituito dal vapore e il 90% della miscela è costituito dal liquido.

(4) Linee di temperatura costante

La temperatura del refrigerante può essere ottenuta dalla lettura delle linee di temperatura costante.

Le linee di temperatura costante nella zona sottoraffreddata sono quasi verticali e sono parallele alle linee di entalpia costante. Nella sezione centrale, dato che il refrigerante cambia di stato a temperatura e pressione costante, le linee di temperatura costante corrono orizzontalmente attraverso il diagramma e sono parallele alle linee di pressione costante. Sulla linea del vapore saturo, le linee di temperatura costante cambiano nuovamente direzione e scendono bruscamente verso la parte inferiore del diagramma nella zona del vapore surriscaldato.

(5) Linee di volume specifico costante

Il "volume specifico" del refrigerante può essere ottenuto dalla lettura delle linee di volume specifico costante. Le linee curve, quasi orizzontali, che attraversano la zona del vapore surriscaldato sono linee di volume specifico costante.

**Volume specifico...**Il volume specifico di un materiale è il volume occupato da 1 kg di materiale ed è espresso in metri cubi al kilogrammo [ $m^3/kg$ ].

(6) Linee di entropia costante

L'entropia del refrigerante può essere ottenuta dalla lettura delle linee di entropia costante.

Le linee curve che attraversano diagonalmente la zona del vapore surriscaldato sono linee di entropia costante.

**Entropia...**L'entropia di una data massa di materiale in un qualsiasi stato determinato rappresenta l'espressione del calore totale trasmesso al materiale per ogni grado di temperatura assoluta, per portarlo in quello stato a partire da un certo stato iniziale considerato come valore zero di entropia.

Fig.2-4

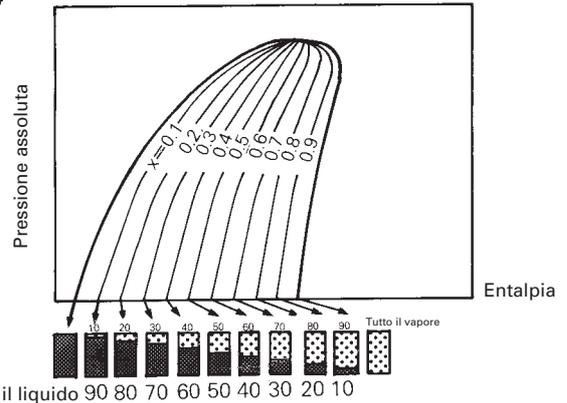


Fig.2-5

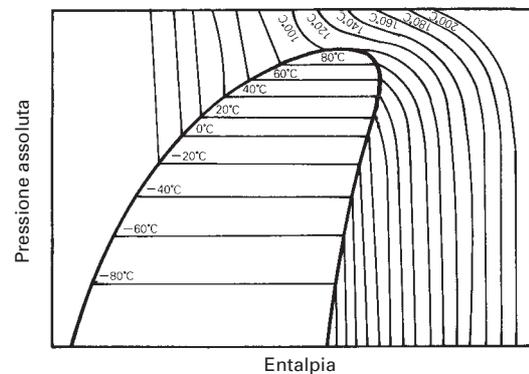


Fig.2-6

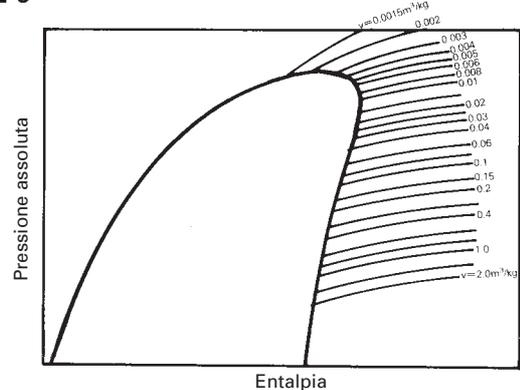
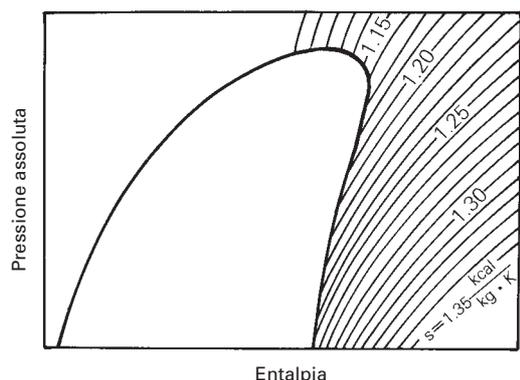


Fig.2-7



\* Il punto sul diagramma di Mollier che rappresenta le condizioni del refrigerante in un qualsiasi stato termodinamico particolare può essere individuato se sono note due qualsiasi proprietà del refrigerante in quello stato. Quando questo punto è stato individuato sul diagramma, si possono determinare tutte le altre proprietà del refrigerante relative a quello stato direttamente dal diagramma.

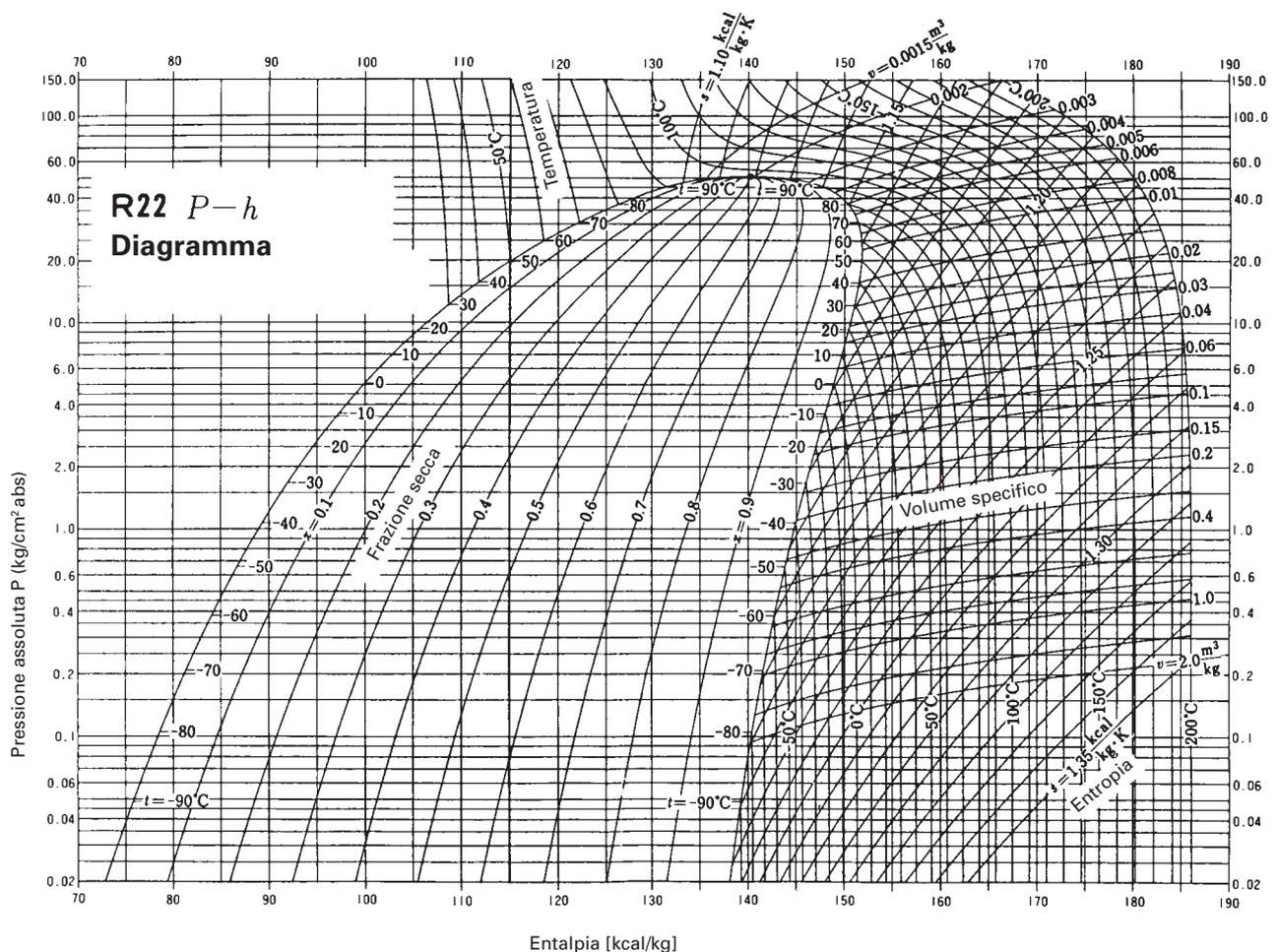
**Esempio :**

Tracciare sul diagramma di Mollier i punti da A ad E indicati nella seguente tabella relativa all'R-22 e riempire gli spazi bianchi nella tabella con le cifre ottenute dal diagramma usando tali punti. [Se una colonna non può essere compilata a partire dal diagramma, inserire una linea obliqua (/).]



	Pressione assoluta kgf/cm <sup>2</sup> abs	Temperatura °C	Entalpia kcal/kg	Entropia kcal/kgK	Volume specifico m <sup>3</sup> /kg	Secchezza	Stato fisico
Punto A	6,0	80	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Punto B	25,0	(6)	115,0	(7)	(8)	(9)	(10)
Punto C	2,0	(11)	125,0	(12)	(13)	(14)	(15)
Punto D	12,5	(16)	151,0	(17)	(18)	(19)	(20)
Punto E	(21)	0	(22)	(23)	0,08	(24)	(25)

Fig.2-8

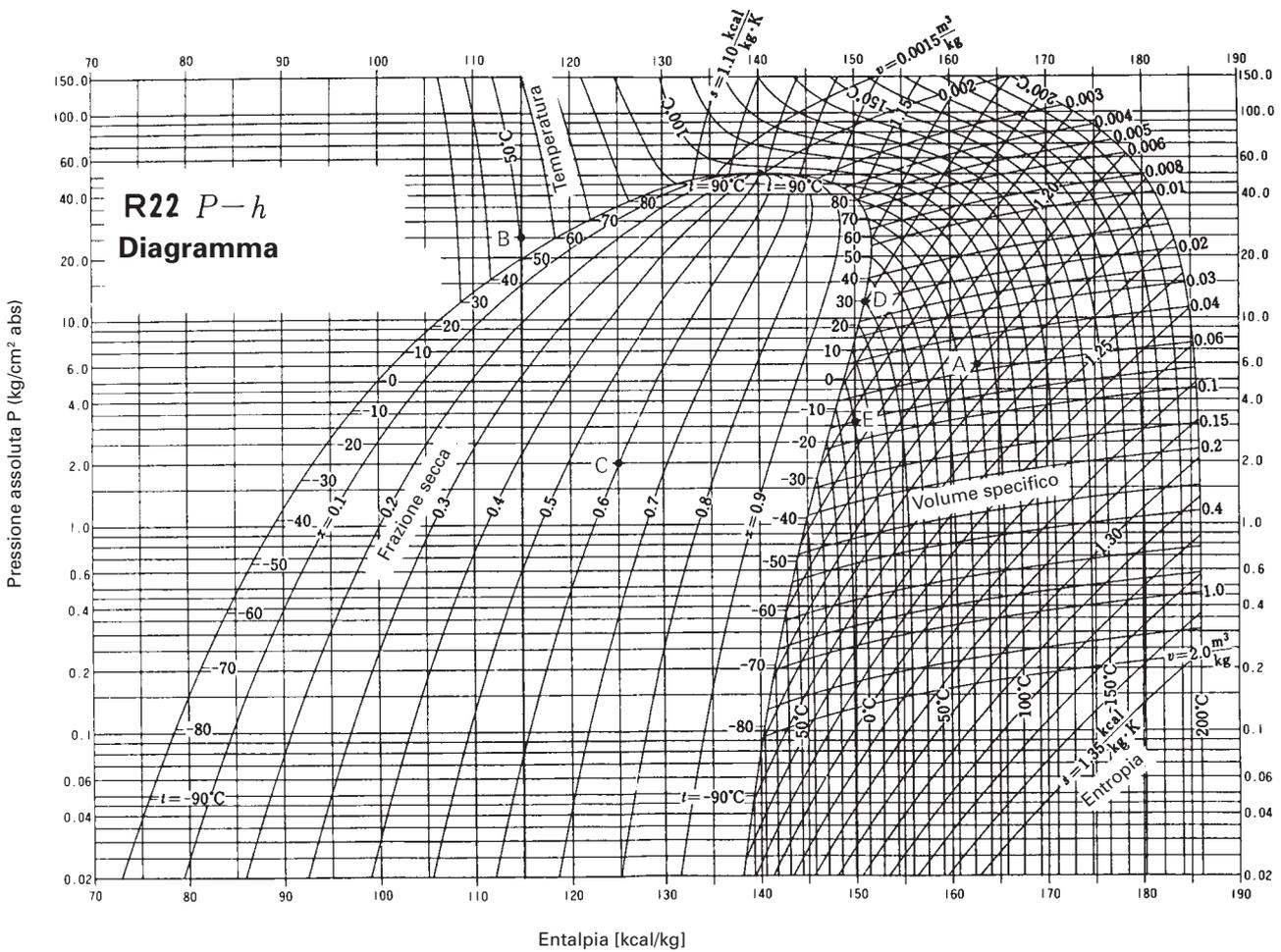


Soluzione :

Tabella 2-3

	Presión absoluta kgf/cm <sup>2</sup> abs	Temperatura °C	Entalpia kcal/kg	Entropia kcal/kgK	Volumen específico m <sup>3</sup> /kg	Vapor secco	Stato fisico
Punto A	6,0	80	(1) 162,8	(2) 1,22	(3) 0,55	(4) /	(5) Vapore surriscaldato
Punto B	25,0	(6) 50	115,0	(7) /	(8) /	(9) /	(10) Liquido sottoraffreddato
Punto C	2,0	(11) -26	125,0	(12) /	(13) /	(14) 0,6	(15) Miscela liquido-vapore
Punto D	12,5	(16) 30	151,0	(17) 1,170	(18) 0,02	(19) 1,0	(20) Vapore saturo
Punto E	(21) 3,2	0	(22) 150,0	(23) 1,193	0,08	(24) /	(25) Vapore surriscaldato

Fig.2-9



### 2.3 Ciclo frigorifero sul diagramma di Mollier

Il semplice ciclo frigorifero di compressione del vapore è costituito da quattro processi principali come la vaporizzazione, la compressione, la condensazione e l'espansione. (Fare riferimento al paragrafo 1.4.)

La figura 2-10 mostra il ciclo frigorifero che può essere rappresentato sul diagramma di Mollier, come indicato qui sotto.

#### 2.3.1 Come rappresentare il ciclo frigorifero sul diagramma di Mollier.

##### (1) Vaporizzazione

Quando il refrigerante vaporizza alla pressione costante inferiore, passa orizzontalmente da A a B. Questa linea indica la vaporizzazione del refrigerante dallo stato liquido a quello di vapore nell'evaporatore. La distanza da B a C rappresenta il processo di riscaldamento di questo vapore in uno stato surriscaldato mentre passa attraverso l'estremità dell'evaporatore e della linea di aspirazione.

(Per semplificare la discussione, si trascura la perdita di carico tra i punti B e C.)

##### (2) Compressione

Il punto C rappresenta lo stato del vapore quando si sposta nel compressore e viene compresso. Quando viene compresso fino al punto D, osservare come la sua pressione aumenta rapidamente e come vengono aggiunte alcune kcal di calore al vapore comprimendolo da C a D. Il vapore che lascia il compressore è considerevolmente surriscaldato, e D rappresenta lo stato del vapore che lascia la valvola di scarico del compressore.

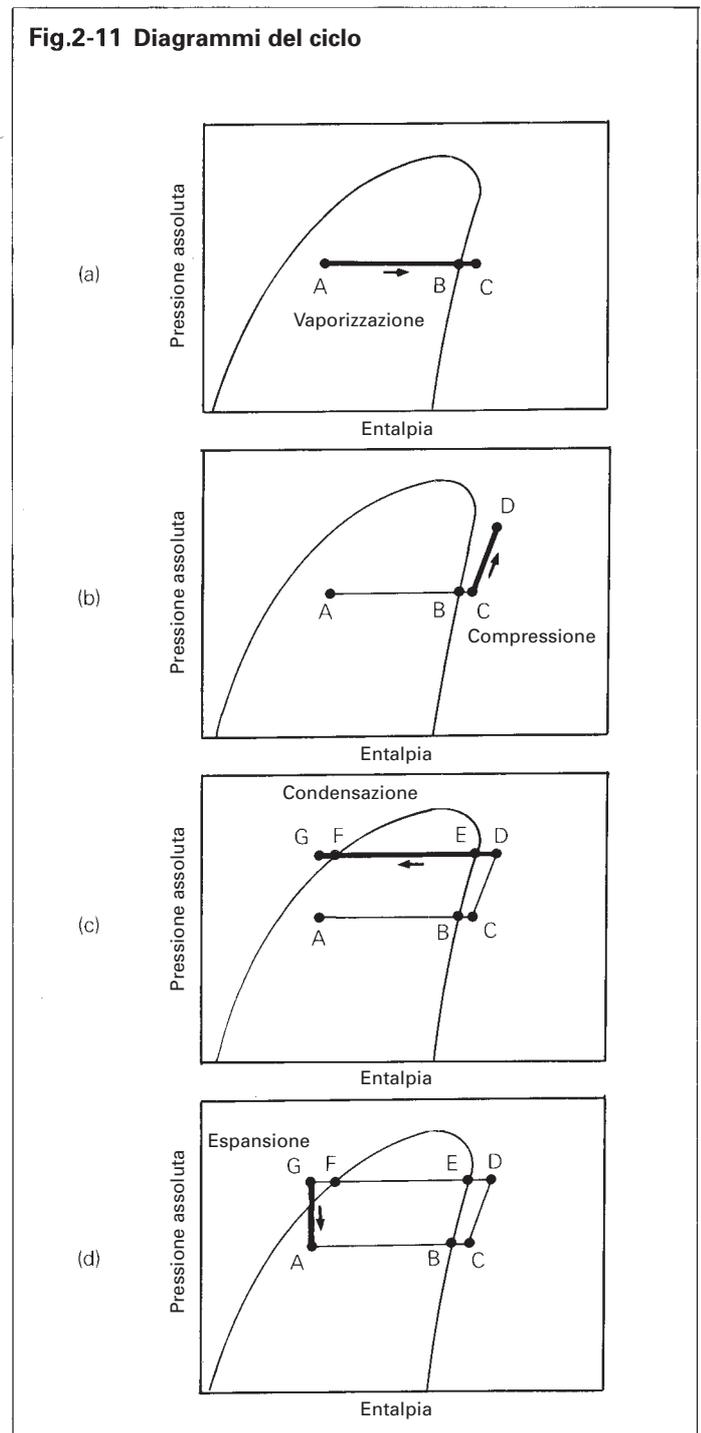
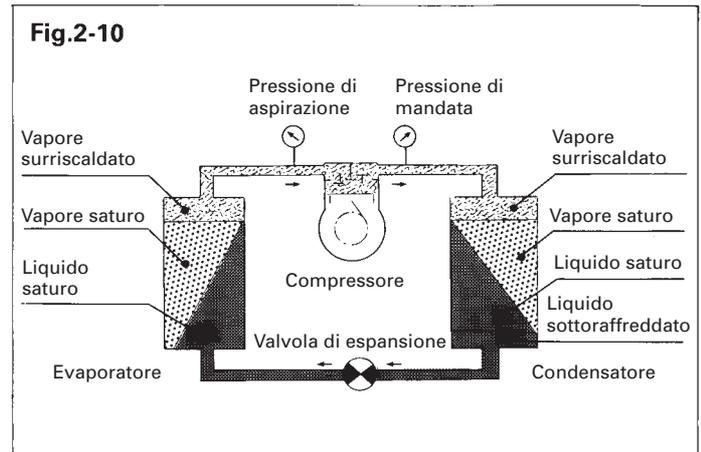
##### (3) Condensazione

La distanza tra D ed E rappresenta il processo di raffreddamento del vapore surriscaldato fino al punto in cui inizia a condensare. Nel punto E, il vapore non è surriscaldato ed è costituito da 100% di vapore saturo. La linea da E a F rappresenta il processo di condensazione del refrigerante nel condensatore dallo stato vapore a quello liquido. Il punto F rappresenta la quantità di calore nel liquido e la pressione esercitata sul liquido man mano che si forma nel condensatore. Da F a G, viene tolto calore al liquido mentre passa lungo la linea verso il controllo del refrigerante.

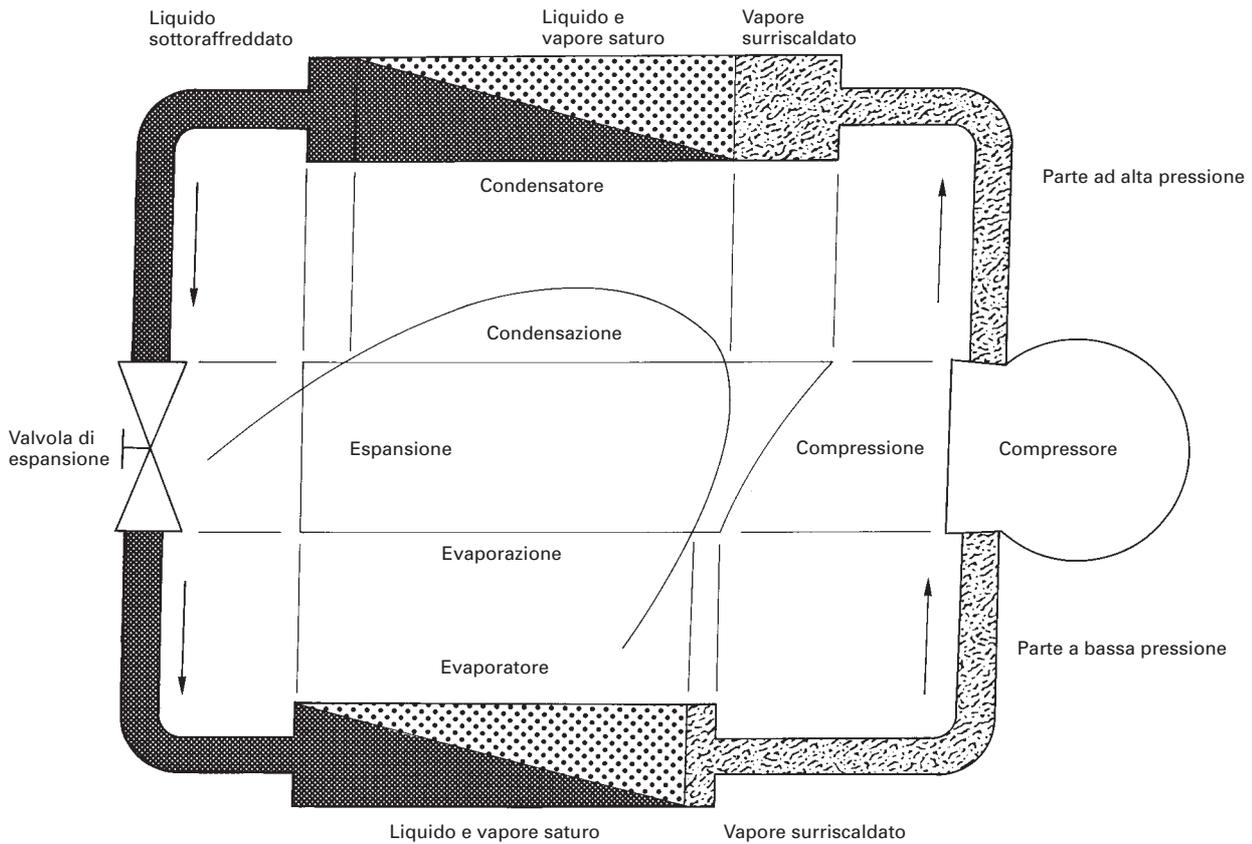
##### (4) Espansione

La linea da G ad A rappresenta lo strozzamento del liquido mentre passa attraverso l'orifizio del controllo del refrigerante. Questo ciclo può quindi essere ripetuto.

La figura 2-12 illustra la relazione del ciclo frigorifero, con gli stati del refrigerante indicati nella figura 2-10 e il ciclo frigorifero sul diagramma di Mollier indicato nella figura 2-11 (che si chiama diagramma del ciclo).



**Fig. 2-12 Ciclo frigorifero**



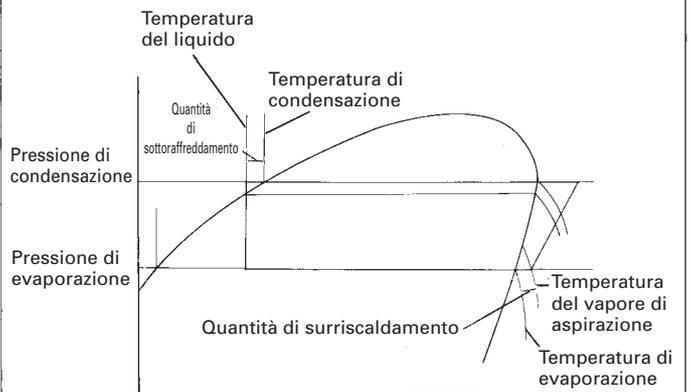
**2.3.2 Quali sono le condizioni essenziali per tracciare il ciclo frigorifero sul diagramma di Mollier?**

Nel caso di tracciamento di un ciclo frigorifero sul diagramma di Mollier, sono necessarie le quattro condizioni operative che seguono. In altre parole, se si comprendono queste quattro condizioni, si può tracciare il ciclo frigorifero sul diagramma di Mollier.

Condizioni:

1. Temperatura di evaporazione o pressione di evaporazione
2. Temperatura del vapore di aspirazione o quantità di surriscaldamento del vapore di aspirazione.
3. Temperatura di condensazione o pressione di condensazione.
4. Temperatura del liquido che entra nel dispositivo di regolazione o quantità di sottoraffreddamento del liquido refrigerante.

**Fig.2-13**



**Esempio :**

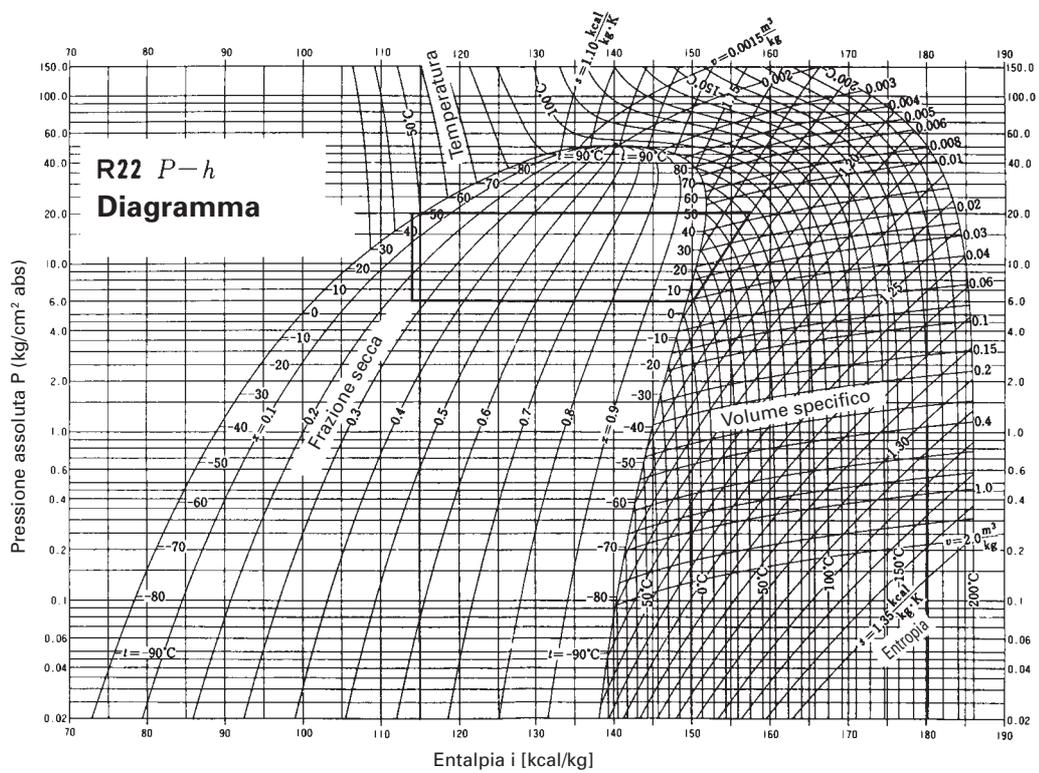
Tracciare il ciclo frigorifero sul diagramma di Mollier relativo all'R-22, sulla base delle seguenti condizioni operative.

Condizioni:

- Temperatura di evaporazione = 5°C
- Temperatura di condensazione = 50°C
- Quantità di surriscaldamento = 5°C
- Temperatura del liquido = 45°C

Soluzione : Come indicato di seguito.

Fig.2-14

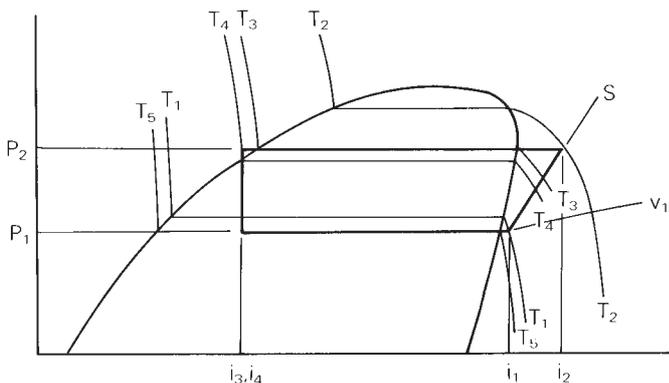


## 2.4 Che cosa si può dedurre dal ciclo frigorifero sul diagramma di Mollier?

### 2.4.1 Stato operativo in ciascuna parte del ciclo frigorifero

Come indicato nella figura 2-15, si può comprendere lo stato di ciascuna parte.

Fig.2-15



Pressione:

P<sub>1</sub> = Pressione di evaporazione

P<sub>2</sub> = Pressione di condensazione

Temperatura:

T<sub>1</sub> = Temperatura di aspirazione

T<sub>2</sub> = Temperatura di mandata

T<sub>3</sub> = Temperatura di condensazione

T<sub>4</sub> = Temperatura del liquido che entra nel dispositivo di regolazione

T<sub>5</sub> = Temperatura di evaporazione

Entalpia:

i<sub>1</sub> = Entalpia del vapore di aspirazione

i<sub>2</sub> = Entalpia del vapore di mandata

i<sub>3</sub> = Entalpia del liquido che entra nel dispositivo di regolazione

i<sub>4</sub> = Entalpia della miscela liquido-vapore che entra nell'evaporatore

Volume specifico:

v<sub>1</sub> = Volume specifico del vapore di aspirazione

## 2.4.2 Effetto di refrigerazione, equivalente termico del lavoro di compressione, carico di condensazione e coefficiente di rendimento

### (1) Effetto di refrigerazione (q)

Il refrigerante liquido che entra nel dispositivo di regolazione davanti alla serpentina dell'evaporatore possiede un certo contenuto di calore (entalpia), che dipende dalla sua temperatura di entrata nella serpentina. Anche il vapore che lascia l'evaporatore possiede una certa quantità di calore (entalpia) in funzione della sua temperatura. La differenza tra queste due quantità di contenuto di calore rappresenta la quantità di lavoro svolto da ogni kilogrammo di refrigerante quando passa attraverso l'evaporatore e assorbe calore. La quantità di calore assorbita da ogni kilogrammo di refrigerante è nota come "effetto di refrigerazione" del sistema.

Quindi, se  $i_1$ ,  $i_3$  e  $i_4$  rappresentano rispettivamente l'entalpia del refrigerante nella forma di vapore che lascia l'evaporatore, l'entalpia del liquido che si avvicina al dispositivo di regolazione e l'entalpia della miscela liquido-vapore che entra nell'evaporatore, l'effetto di refrigerazione è il seguente:

$$q = i_1 - i_3 = i_1 - i_4$$

Si può dire che le operazioni di refrigerazione che hanno un maggior effetto di refrigerazione sono migliori purché venga utilizzato lo stesso compressore. (Per i dettagli, fare riferimento al paragrafo 2.5.)

### (2) Equivalente termico del lavoro di compressione (Aw)

Il cambiamento di stato del refrigerante durante il processo di compressione, p.e. l'aumento di entalpia viene realizzato aggiungendo il lavoro di compressione di un motore elettrico come capacità calorifica a causa della compressione adiabatica, in altre parole, non vi è calore che entra o che viene estratto dal refrigerante durante il processo di compressione. Se il volume di lavoro [kgf · m/h] richiesto per la compressione nell'unità di tempo viene convertito nella capacità calorifica, moltiplicarlo per il fattore chiamato equivalente termico del lavoro,  $A = 1/427$  [kcal/kgf · m]. Viene anche ottenuto dalla differenza di entalpia quando il volume di lavoro viene convertito nella capacità calorifica mediante tracciamento di un ciclo frigorifero sul diagramma di Mollier. La capacità calorifica ottenuta rappresenta il volume di lavoro di un motore richiesto per comprimere 1 kg di refrigerante come energia termica.

$$Aw = i_2 - i_1$$

### (3) Carico di condensazione (qc)

La capacità calorifica estratta durante il processo di condensazione viene chiamata carico di condensazione, che si ottiene dalla differenza tra l'entalpia del refrigerante scaricato dal compressore e quella del refrigerante che entra nella valvola di espansione.

$$qc = i_2 - i_3$$

Inoltre, è anche ottenuto dalla somma dell'effetto di refrigerazione (q) e dell'equivalente termico (Aw) del lavoro di compressione. A questo proposito, viene equilibrata la trasmissione del calore del refrigerante.

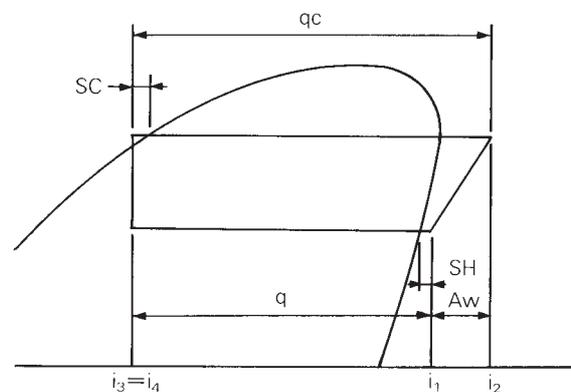
$$qc = q + Aw$$

### (4) Coefficiente di rendimento (C.O.P.)

Il coefficiente di rendimento indica quanta capacità di raffreddamento viene ottenuta dalla potenza di un motore (equivalente termico del lavoro). Confrontando il calore di evaporazione (q) assorbito durante il processo di evaporazione con la capacità calorifica (Aw) richiesta per il lavoro di compressione, risulta chiaro che la capacità calorifica assorbita durante il raffreddamento è molte volte l'equivalente termico del lavoro, che viene chiamato coefficiente di rendimento. Quanto più grande è il coefficiente di rendimento tanto più elevata sarà l'efficacia di funzionamento. Ciò significa che è possibile un risparmio di energia.

$$C.O.P. = \frac{q}{Aw} = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1}$$

Fig.2-16



## 2.5 Capacità del sistema

La capacità di qualsiasi sistema di refrigerazione rappresenta la velocità alla quale si può sottrarre calore da un locale refrigerato e viene di solito espressa in kilocalorie orarie.

La capacità di un sistema di refrigerazione meccanica dipende dalle condizioni operative ed è determinata dal peso di refrigerante che circola nell'unità di tempo e dall'effetto di refrigerazione di ciascun kilogrammo in circolazione.

Questa capacità del sistema viene calcolata come segue.

$$Q = G \cdot q$$

Dove

Q = Capacità oraria del sistema [kcal/h]

G = Peso del refrigerante in circolazione all'ora [kg/h]

q = Effetto di refrigerazione per kilogrammo di refrigerante [kcal/kg]

### Peso del refrigerante in circolazione

Poiché il compressore fa circolare il refrigerante attraverso il sistema, si deve conoscere il peso di refrigerante che è fatto circolare dal compressore.

Il peso del refrigerante in circolazione all'ora per mezzo del compressore è uguale al peso del vapore di aspirazione che il compressore comprime all'ora. Se si assume che l'efficienza del compressore sia del 100% e che il cilindro del compressore sia completamente riempito di vapore di aspirazione durante ciascuna corsa verso il basso del pistone, il volume del vapore di aspirazione trascinato nel cilindro del compressore e compresso in un'ora è esattamente uguale allo spostamento del pistone del compressore.

#### (1) Spostamento del pistone

Lo spostamento del pistone di un compressore alternativo è dato dal volume totale del cilindro percorso dal pistone in un determinato intervallo di tempo, ed è di solito espresso in metri cubi all'ora. Per un compressore alternativo a effetto semplice, lo spostamento del pistone viene calcolato come segue:

$$V_p = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L \cdot N \cdot Z \times 60$$

Dove:

$V_p$  = Spostamento del pistone in metri cubi all'ora [m<sup>3</sup>/h]

D = Diametro del cilindro [m]

L = Lunghezza di una corsa [m]

N = Giri dell'albero a gomiti al minuto [giri/min]

Z = Numero di cilindri

**Esempio** :

Calcolare lo spostamento del pistone di un compressore a due cilindri che gira a 2900giri/min, se il diametro del cilindro è di 55mm e la lunghezza della corsa è di 25mm.

**Soluzione** :

$$V_p = \frac{\pi}{4} \times (0.055)^2 \times 0.025 \times 2900 \times 2 \times 60 \approx 20.7 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

#### (2) Spostamento effettivo

Nella precedente spiegazione, si è presupposto che il compressore sia efficiente al 100%. In pratica questo non è vero.

A causa della compressibilità del vapore refrigerante e il gioco superiore tra il pistone e la piastra della valvola del compressore, il volume del vapore di aspirazione di cui è riempito il cilindro durante una corsa di aspirazione è sempre inferiore al volume del cilindro percorso dal pistone. Il volume specifico del vapore di cui è riempito il cilindro è maggiore di quello del vapore nella linea di aspirazione. Per tale ragione, il volume effettivo del vapore di aspirazione trascinato nel cilindro del compressore nelle condizioni della linea di aspirazione è sempre inferiore allo spostamento del pistone del compressore. Perciò la capacità di refrigerazione effettiva del compressore è sempre inferiore alla capacità teorica.

Il volume effettivo del vapore di aspirazione compresso in un'ora è dato dallo spostamento effettivo del compressore. Il rapporto dello spostamento effettivo di un compressore allo spostamento del pistone è noto come "efficienza volumetrica totale" del compressore. Quindi:

$$\eta_v = \frac{V_a}{V_p}$$

Dove:

$\eta_v$  = Efficienza volumetrica totale

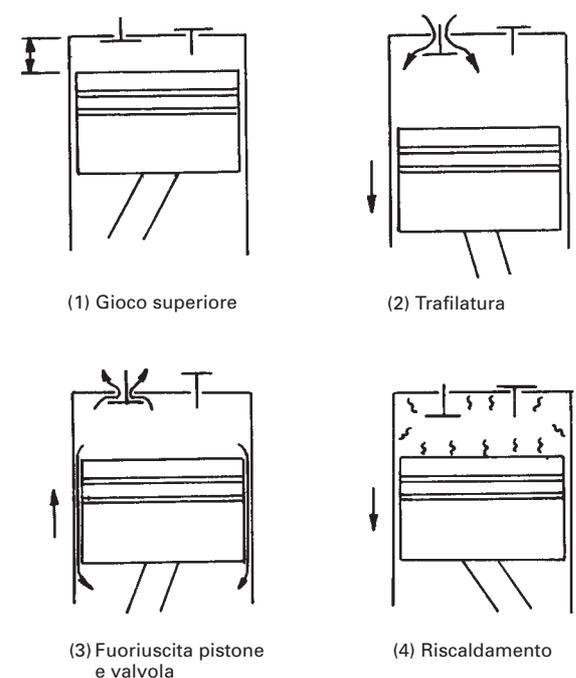
$V_a$  = Volume effettivo del vapore di aspirazione compresso in un'ora

$V_p$  = Spostamento del pistone del compressore

Quando è nota l'efficienza volumetrica di un compressore, lo spostamento effettivo può essere ottenuto come segue.

$$V_a = V_p \cdot \eta_v$$

Fig. 2-17 Fattori che influenzano l'efficienza volumetrica



### (3) Efficienza volumetrica

L'efficienza volumetrica non è una quantità costante; varia in funzione delle condizioni operative di un sistema. L'efficienza volumetrica di un compressore qualsiasi è principalmente una funzione del "rapporto di compressione".

**Rapporto di compressione...**Il rapporto della pressione di mandata assoluta alla pressione di aspirazione assoluta viene chiamato rapporto di compressione. Quindi,

$$R = \frac{\text{Pressione di mandata assoluta}}{\text{Pressione di aspirazione assoluta}}$$

Dove

R = Rapporto di compressione

**Esempio**:

Calcolare il rapporto di compressione di un compressore a R-22 quando la temperatura di evaporazione è di 5°C e la temperatura di condensazione è di 50°C.

**Soluzione**:

Dalla tabella di saturazione:

Pressione di aspirazione = 4,9kgf/cm<sup>2</sup>G  
= 5,9kgf/cm<sup>2</sup>abs

Pressione di mandata = 18,8kgf/cm<sup>2</sup>G  
= 19,8kgf/cm<sup>2</sup>abs

$$R = \frac{19,8}{5,9} \doteq 3,4$$

La relazione del rapporto di compressione con l'efficienza volumetrica di un compressore a R-22 tipico è illustrata nella curva della figura 2-18.

Le pressioni di aspirazione e di mandata variano in una direzione tale che il rapporto di compressione aumenta e l'efficienza volumetrica del compressore diminuisce. In altre parole, una diminuzione del rapporto di compressione aumenterà l'efficienza volumetrica.

### (4) Peso del refrigerante in circolazione

Il peso del refrigerante in circolazione all'ora può essere calcolato moltiplicando lo spostamento effettivo del compressore per la densità del vapore di aspirazione all'entrata del compressore. Poiché il volume specifico è il reciproco della densità, un metodo alternativo di determinare il peso del refrigerante in circolazione all'ora per mezzo del compressore è quello di dividere lo spostamento effettivo del compressore per il volume specifico del vapore di aspirazione all'entrata del compressore.

$$G = V_a \cdot \frac{1}{v}$$

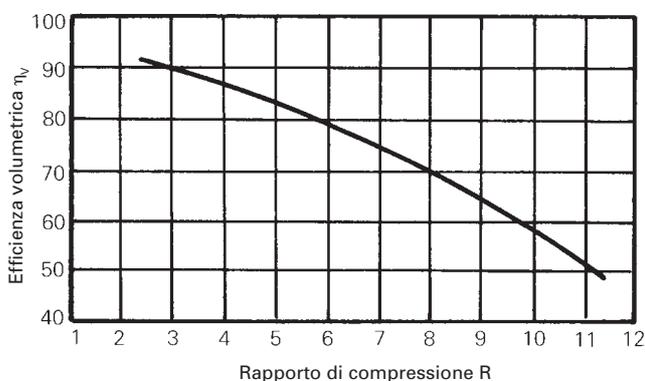
Dove:

G = Peso del refrigerante in circolazione [kg/h]

V<sub>a</sub> = Spostamento effettivo all'ora [m<sup>3</sup>/h]

v = Volume specifico del vapore di aspirazione [m<sup>3</sup>/kg]

Fig.2-18



## 2.6 Ricerca e riparazione di guasti sul diagramma di Mollier

### 2.6.1 Pressione di condensazione eccessiva

La figura 2-19 mostra un diagramma del ciclo nel quale la pressione di condensazione è superiore al valore normale.

Ciò può essere causato da:

(Nel caso di modello raffreddato ad aria)

- Corto circuito della portata d'aria
- Temperatura elevata dell'aria ambiente
- Portata d'aria insufficiente

(Nel caso di modello raffreddato ad acqua)

- Acqua di raffreddamento insufficiente
  - Acqua di raffreddamento ad elevata temperatura
- (Comune)

- Condensatore sporco o parzialmente bloccato
- Aria o gas non condensabili nel sistema

La tabella 2-4 illustra i fenomeni e i guasti quando la pressione di condensazione è superiore al valore normale.

Se un sistema che utilizza la valvola di espansione è sovraccaricato di refrigerante, si possono verificare fenomeni simili. Tuttavia, in questo caso, la quantità di sottoraffreddamento aumenta, come indicato nella figura 2-20.

La tabella 2-5 illustra i fenomeni e i guasti quando il refrigerante è sovraccaricato.

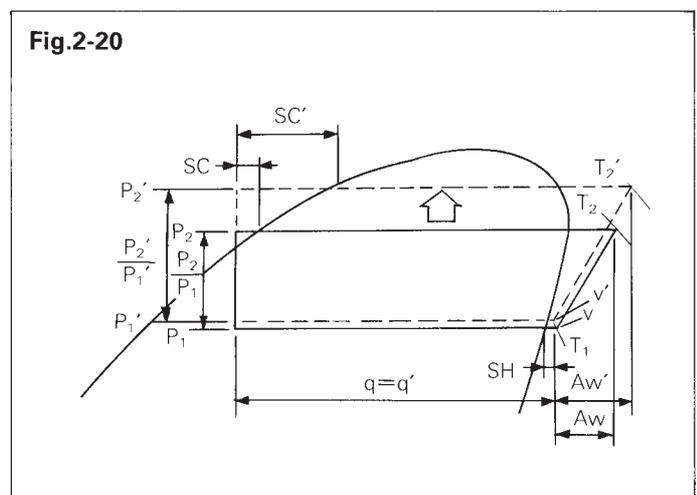
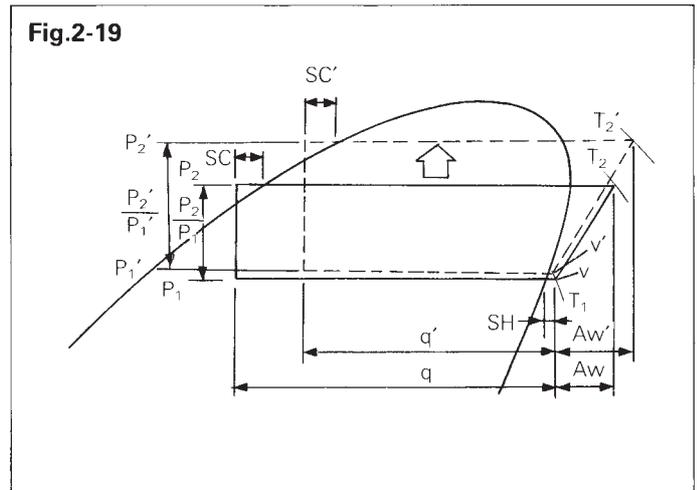


Tabella 2-4

Fenomeni		Guasti	
Pressione di condensazione	: $P_2$ ↗ aumenta	Funzioni HPS	L'unità si ferma
Pressione di evaporazione	: $P_1$ ↗ aumenta leggermente *1	Deterioramento dell'olio	Guasto al compressore
Temperatura di mandata	: $T_2$ ↗ aumenta	Il peso di refrigerante in circolazione diminuisce	La capacità di raffreddamento diminuisce
Temperatura di aspirazione	: $T_1$ ↗ aumenta leggermente		
Quantità di surriscaldamento	: SH rimane costante *1	La corrente di funzionamento aumenta	
Quantità di sottoraffreddamento	: SC rimane costante		
Rapporto di compressione	: $P_2/P_1$ ↗ aumenta		
Volumen específico del vapor de aspiración	: $v$ ↘ diminuisce leggermente		
Effetto di refrigerazione	: $q$ ↘ diminuisce		
Equivalentente termico del lavoro di compressione	: $Aw$ ↗ aumenta		

\*1: Nel caso di un sistema che utilizza un tubo capillare, la pressione di evaporazione aumenta fortemente mentre diminuisce la quantità di surriscaldamento.

Tabella 2-5

Fenomeni		Guasti	
Pressione di condensazione	: $P_2$ ↗ aumenta	Funzioni HPS	L'unità si ferma
Pressione di evaporazione	: $P_1$ ↗ aumenta leggermente	Deterioramento dell'olio	Guasto al compressor
Temperatura di mandata	: $T_2$ ↗ aumenta	Il peso di refrigerante in circolazione diminuisce	La capacità di raffreddamento diminuisce
Temperatura di aspirazione	: $T_1$ ↗ rimane costante		
Quantità di surriscaldamento	: SH rimane costante	La corrente di funzionamento aumenta	
Quantità di sottoraffreddamento	: SC ↗ aumenta		
Rapporto di compressione	: $P_2/P_1$ ↗ aumenta		
Volumen específico del vapor de aspiración	: $v$ ↘ diminuisce leggermente		
Effetto di refrigerazione	: $q$ rimane costante		
Equivalentente termico del lavoro di compressione	: $Aw$ ↗ aumenta		

## 22 Obiektivefragen

La portata del refrigerante insufficiente può essere classificata in due casi.

- 1) La quantità di refrigerante in un sistema è insufficiente.
- 2) La quantità di refrigerante che passa attraverso un dispositivo di regolazione è insufficiente.

- (1) La quantità di refrigerante in un sistema è insufficiente. La figura 2-21 indica un diagramma del ciclo nel quale la pressione di evaporazione è inferiore al valore normale a causa di una quantità insufficiente di refrigerante.

Ciò può essere causato da:

- Refrigerante sottocaricato
- Fuoriuscita di refrigerante

La tabella 2-6 illustra i fenomeni e i guasti quando la quantità di refrigerante in un sistema è insufficiente.

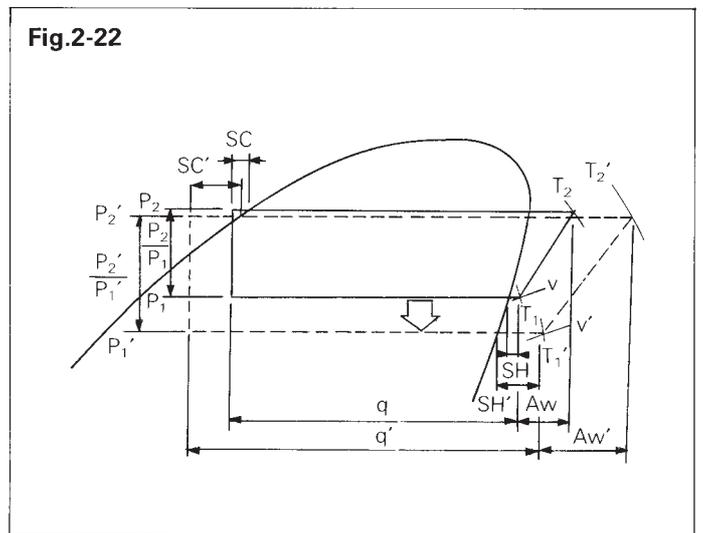
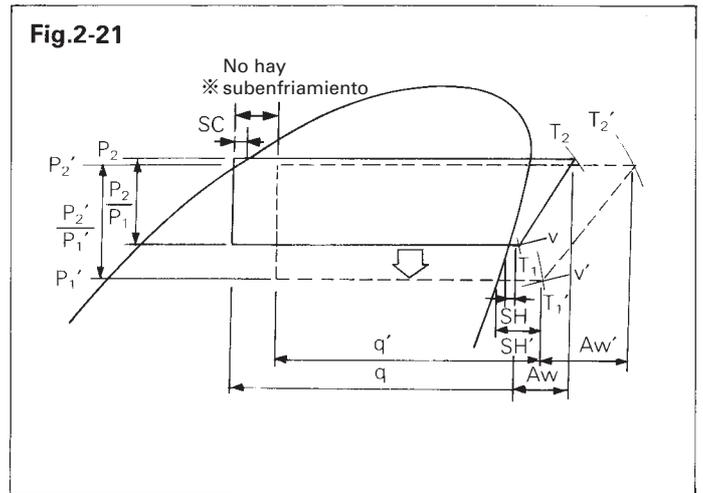
- (2) La quantità di refrigerante che passa attraverso un dispositivo di regolazione è insufficiente.

La figura 2-22 mostra un diagramma del ciclo nel quale la pressione di evaporazione è inferiore al valore normale a causa di una portata di refrigerante limitata.

Ciò può essere causato da:

- Filtro, essiccatore o dispositivo di regolazione strozzato
- Dispositivo di regolazione difettoso

La tabella 2-7 illustra i fenomeni e i guasti quando la quantità di refrigerante che passa attraverso un dispositivo di regolazione è insufficiente.



Tab. 6

Fenomeni			Guasti	
Pressione di condensazione	: $P_2$	↘ diminuisce leggermente		
Pressione di evaporazione	: $P_1$	↘ diminuisce	→	Funzioni LPS
Temperatura di mandata	: $T_2$	↗ aumenta	→	Deterioramento dell'olio
Temperatura di aspirazione	: $T_1$	↗ aumenta	→	Funzioni CTP
Quantità di surriscaldamento	: SH	↗ aumenta		
Quantità di sottoraffreddamento	: SC	↘ diminuisce		
Rapporto di compressione	: $P_2/P_1$	↗ aumenta		
Volumen específico del vapor de aspiración	: $v$	↗ aumenta	→	Il peso di refrigerante in circolazione diminuisce
Effetto di refrigerazione	: $q$	↘ diminuisce		
Equivalente termico del lavoro di compressione	: $Aw$	↗ aumenta leggermente	→	La corrente di funzionamento diminuisce
				→ L'unità si ferma
				→ Guasto al compressore
				→ La capacità di raffreddamento diminuisce

Tab. 7

Fenomeni			Guasti	
Pressione di condensazione	: $P_2$	↘ diminuisce leggermente		
Pressione di evaporazione	: $P_1$	↘ diminuisce	→	Funzioni LPS
Temperatura di mandata	: $T_2$	↗ aumenta	→	Deterioramento dell'olio
Temperatura di aspirazione	: $T_1$	↗ aumenta	→	Funzioni CTP
Quantità di surriscaldamento	: SH	↗ aumenta		
Quantità di sottoraffreddamento	: SC	↗ aumenta		
Rapporto di compressione	: $P_2/P_1$	↗ aumenta		
Volumen específico del vapor de aspiración	: $v$	↗ aumenta	→	Il peso di refrigerante in circolazione diminuisce
Effetto di refrigerazione	: $q$	↗ aumenta		
Equivalente termico del lavoro di compressione	: $Aw$	↗ aumenta	→	La corrente di funzionamento diminuisce
				→ L'unità si ferma
				→ Guasto al compressore
				→ La capacità di raffreddamento diminuisce

### 2.6.3 Circolazione del refrigerante eccessiva

La circolazione del refrigerante insufficiente può essere classificata in due casi.

- 1) Le unità che impiegano una valvola di espansione come dispositivo di regolazione.
- 2) Le unità che impiegano un tubo capillare come dispositivo di regolazione.

- (1) Unità che impiegano una valvola di espansione  
La figura 2-23 illustra un diagramma del ciclo nel quale la pressione di evaporazione è superiore al valore normale a causa di una portata eccessiva di refrigerante attraverso la valvola di espansione.

Ciò può essere causato da:

- Regolazione errata della valvola di espansione
- Installazione insufficiente del bulbo sonda

La tabella 2-8 illustra i fenomeni e i guasti quando la circolazione del refrigerante è eccessiva nel caso di un'unità che impiega una valvola di espansione.

- (2) Unità che impiegano un tubo capillare  
La figura 2-24 illustra un diagramma del ciclo nel quale la pressione di evaporazione è superiore al valore normale a causa di una portata eccessiva di refrigerante attraverso il tubo capillare. Ciò può essere causato dal refrigerante sovraccaricato.

La tabella 2-9 illustra i fenomeni e i guasti quando la circolazione di refrigerante è eccessiva, nel caso di un'unità che impiega un tubo capillare.

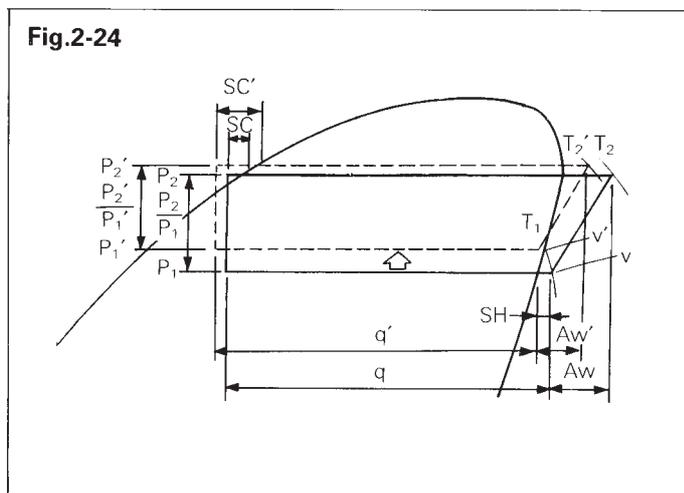
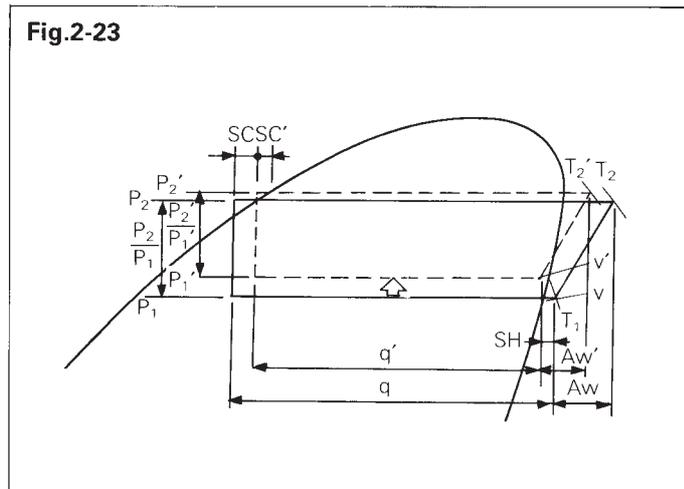


Tabella 2-8

Fenomeni			Guasti	
Pressione di condensazione	: $P_2$	↗ aumenta	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <span>↳ Ritorno del liquido</span> <span>↳ Funzioni OPS</span> <span>↳ L'unità di ferma</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <span>↳ Guasto al compressore</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <span>↳ Il peso di refrigerante in circolazione aumenta</span> <span>↳ La capacità di raffreddamento aumenta</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <span>↳ La corrente di funzionamento aumenta</span> </div> </div>	
Pressione di evaporazione	: $P_1$	↗ aumenta		
Temperatura di mandata	: $T_2$	↘ diminuisce		
Temperatura di aspirazione	: $T_1$	rimane costante		
Quantità di surriscaldamento	:SH	↘ diminuisce		
Quantità di sottoraffreddamento	:SC	↘ diminuisce		
Rapporto di compressione	: $P_2/P_1$	↘ diminuisce leggermente		
Volumen específico del vapor de aspiración	: $v$	↘ diminuisce		
Effetto di refrigerazione	: $q$	↘ diminuisce		
Equivalentente termico del lavoro di compressione	: $Aw$	↘ diminuisce leggermente		

Tabella 2-9

Fenomeni			Guasti	
Presión de condensación	: $P_2$	↗ aumenta	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <span>↳ Ritorno del liquido</span> <span>↳ Funzioni OPS</span> <span>↳ L'unità di ferma</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <span>↳ Guasto al compressore</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <span>↳ Il peso di refrigerante in circolazione aumenta</span> <span>↳ La capacità di raffreddamento aumenta</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <span>↳ La corrente di funzionamento aumenta</span> </div> </div>	
Presión de evaporación	: $P_1$	↗ aumenta		
Temperatura de descarga	: $T_2$	↘ disminuye		
Temperatura de aspiración	: $T_1$	permanece constante		
Cantidad de recalentamiento	:SH	↘ disminuye		
Cantidad de subenfriamiento	:SC	↗ aumenta		
Relación de compresión	: $P_2/P_1$	↗ aumenta ligeramente		
Volumen específico del vapor de aspiración	: $v$	↘ disminuye		
Efecto refrigerante	: $q$	permanece constante		
Equivalentente térmico del trabajo de compresión	: $Aw$	↗ aumenta ligeramente		

### 2.6.4 Scambio termico insufficiente attraverso l'evaporatore

La figura 2-25 illustra un diagramma del ciclo nel quale la pressione di evaporazione è inferiore al valore normale a causa di uno scambio termico insufficiente attraverso l'evaporatore.

Ciò può essere causato da:

- Portata d'aria insufficiente attraverso l'evaporatore
  - a. Filtro dell'aria ostruito
  - b. Slittamento della cinghia del ventilatore dell'evaporatore
  - c. Funzionamento inverso del ventilatore dell'evaporatore
  - d. Evaporatore ostruito
- Temperatura dell'aria in entrata bassa

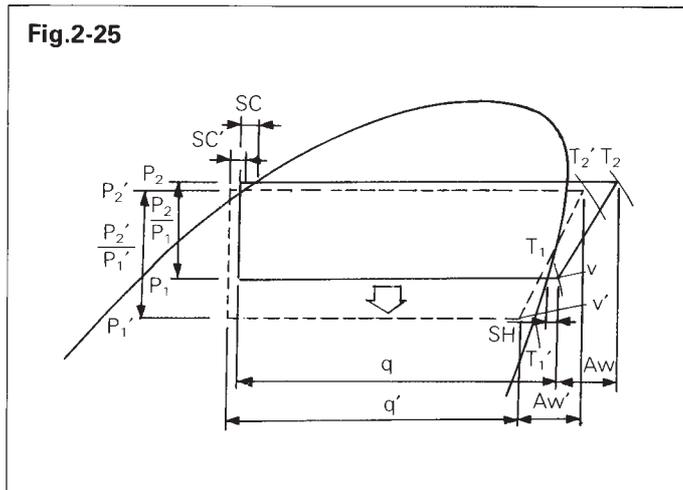


Tabella 2-10

Fenomeni			Guasti	
Pressione di condensazione	: $P_2$	↘ diminuisce leggermente	Funzioni LPS	L'unità si blocca
Pressione di evaporazione	: $P_1$	↘ diminuisce		
Temperatura di mandata	: $T_2$	↘ diminuisce	Ritorno del liquido	Funzioni OPS Guasto al compressore
Temperatura di aspirazione	: $T_1$	↘ diminuisce		
Quantità di surriscaldamento	: SH	↘ diminuisce	Il peso di refrigerante in circolazione diminuisce	La capacità di raffreddamento diminuisce
Quantità di sottoraffreddamento	: SC	rimane costante		
Rapporto di compressione	: $P_2/P_1$	↗ aumenta	La corrente di funzionamento diminuisce	
Volumen específico del vapor de aspiración	: $v$	↗ aumenta		
Effetto di refrigerazione	: $q$	↘ diminuisce		
Equivalentente termico del lavoro di compressione	: $Aw$	↗ aumenta leggermente		

### 2.6.5 Carico di raffreddamento eccessivo

La figura 2-26 illustra un diagramma del ciclo nel quale la pressione di evaporazione è superiore al valore normale a causa di un carico di raffreddamento eccessivo.

Ciò può essere causato da:

- Condizioni di carico gravose
- Selezione sbagliata dell'unità

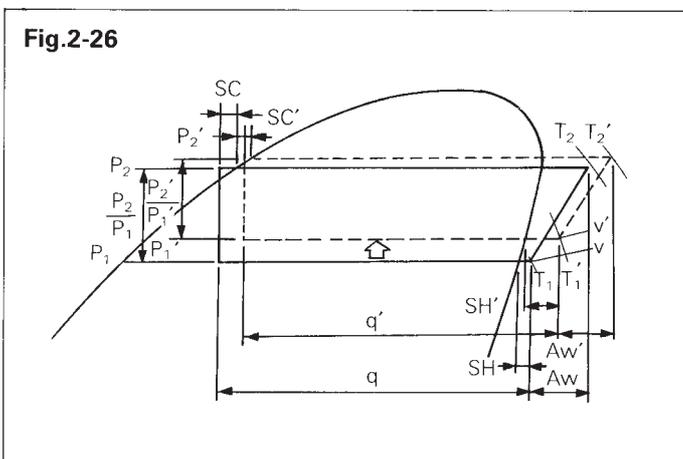


Tabella 2-11

Fenomeni			Guasti	
Pressione di condensazione	: $P_2$	↗ aumenta leggermente	Deterioramento dell'olio	Guasto al compressore
Pressione di evaporazione	: $P_1$	↗ aumenta		
Temperatura di mandata	: $T_2$	↗ aumenta	Funzioni CTP	L'unità si blocca
Temperatura di aspirazione	: $T_1$	↗ aumenta		
Quantità di surriscaldamento	: SH	↗ aumenta	Il peso di refrigerante in circolazione diminuisce	La capacità di raffreddamento diminuisce
Quantità di sottoraffreddamento	: SC	↘ diminuisce		
Rapporto di compressione	: $P_2/P_1$	↘ diminuisce	La corrente di funzionamento diminuisce	
Volumen específico del vapor de aspiración	: $v$	↘ diminuisce		
Effetto di refrigerazione	: $q$	rimane costante		
Equivalentente termico del lavoro di compressione	: $Aw$	↗ aumenta leggermente		

### 2.6.6 Sistema di compressione anormale

La figura 2-27 illustra un diagramma del ciclo nel quale la pressione di condensazione è inferiore al valore normale mentre la pressione di evaporazione è superiore al valore normale.

Ciò può essere causato da una compressione insufficiente (valvola di aspirazione o di mandata).

La tabella 2-12 illustra i fenomeni e i guasti causati da una compressione insufficiente.

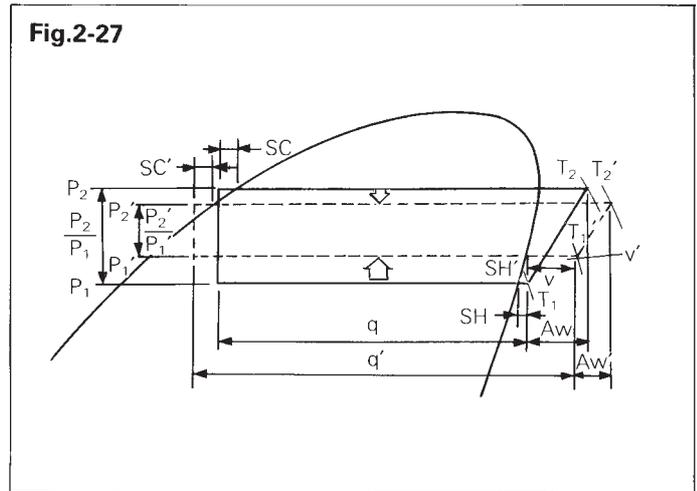


Tabella 2-12

Fenomeni			Guasti	
Pressione di condensazione	: $P_2$	↘ diminuisce	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px;">Funzioni CTP</div> <div style="font-size: 2em;">→</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px;">L'unità si ferma</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px;">*1</div> </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto;">La corrente di funzionamento diminuisce</div>	
Pressione di evaporazione	: $P_1$	↗ aumenta		
Temperatura di mandata	: $T_2$	↗ aumenta		
Temperatura di aspirazione	: $T_1$	↗ aumenta		
Quantità di surriscaldamento	: SH	↗ aumenta		
Quantità di sottoraffreddamento	: SC	rimane costante		
Rapporto di compressione	: $P_2/P_1$	↘ diminuisce		
Volumen específico del vapor de aspiración	: $v$	↘ diminuisce		
Effetto di refrigerazione	: $q$	↗ aumenta		
Equivalentente termico del lavoro di compressione	: $Aw$	↘ diminuisce		

\*1 Sebbene il rapporto di compressione e il volume specifico del vapore di aspirazione diminuiscano e l'effetto di refrigerazione aumenti, la capacità di raffreddamento diminuisce a causa di operazioni cicliche brevi del vapore nel compressore.



## Capitolo 3 Classificazione dei condizionatori d'aria

3.1	Condizionamento dell'aria .....	50
3.2	Che cos'è l'aria confortevole? .....	51
3.3	Classificazione dei condizionatori d'aria .....	51
3.3.1	Classificazione mediante metodi di espansione .....	51
3.3.2	Classificazione mediante metodi di espulsione del calore .....	52
3.3.3	Classificazione mediante strutture .....	53
3.3.4	Classificazione mediante localizzazione del compressore .....	55
3.3.5	Classificazione con utilizzo di posizioni .....	56
3.3.6	Classificazione mediante metodi d'installazione di sezioni termoventilanti (interne) .	56
3.3.7	Tabella di classificazione dei condizionatori d'aria .....	57

## Capitolo 3 Classificazione dei condizionatori d'aria

### 3.1 Condizionamento dell'aria

Il condizionamento dell'aria è definito come "il processo di trattamento dell'aria in modo da controllarne simultaneamente la temperatura, l'umidità, la purezza e la distribuzione, allo scopo di soddisfare le esigenze degli ambienti condizionati".

Come indicato nella definizione, le azioni importanti riguardanti il funzionamento di un sistema di condizionamento dell'aria sono:

(1) Controllo della temperatura

La temperatura ambiente è regolata alla temperatura di bulbo secco predefinita mediante il raffreddamento o il riscaldamento dell'aria ambiente.

(2) Controllo dell'umidità

L'aria ambiente è regolata all'umidità relativa predefinita mediante l'umidificazione o la deumidificazione dell'aria ambiente.

(3) Filtrazione, pulizia e purificazione dell'aria

L'aria ambiente viene pulita rimuovendo la polvere e lo sporco dall'aria.

(4) Moto e circolazione dell'aria

L'aria, di cui si effettua il controllo della temperatura e dell'umidità e la pulizia, viene distribuita in un ambiente. Come conseguenza, l'aria ambiente può essere mantenuta uniformemente nelle condizioni di temperatura e umidità.

Fig. 3-1

1. L'aria ambiente viene raffreddata o riscaldata.

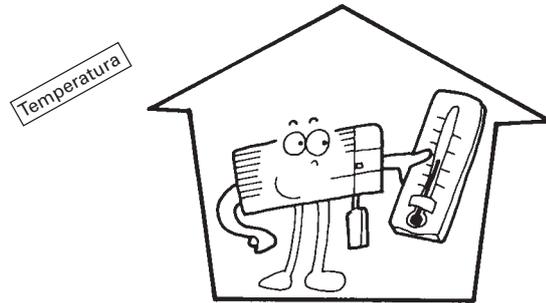


Fig. 3-2

2. L'aria ambiente viene umidificata o deumidificata.

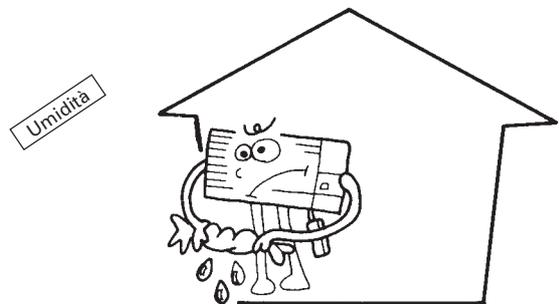


Fig. 3-3

3. L'aria ambiente viene pulita rimuovendone la polvere e lo sporco.

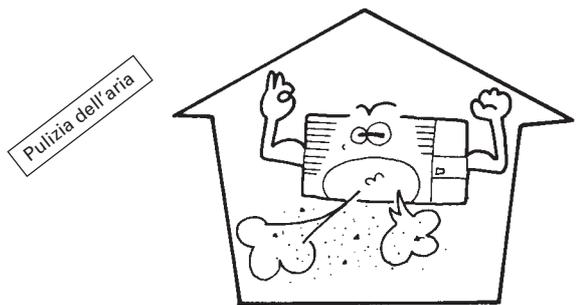


Fig. 3-4

4. L'aria regolata viene distribuita in un ambiente.



La temperatura, l'umidità, la purezza e la distribuzione dell'aria vengono chiamati "i quattro elementi del condizionamento dell'aria". Mediante il controllo di questi quattro elementi, l'aria ambiente può essere mantenuta in modo confortevole senza tenere conto della temperatura esterna.

Se questi quattro elementi vengono sostituiti con le operazioni di un condizionatore d'aria, l'aria ambiente viene trascinata nel condizionatore d'aria, dove vengono rimossi la polvere e lo sporco per mezzo del filtro dell'aria (purezza dell'aria) ed è inviata nell'evaporatore, dove la temperatura dell'aria viene abbassata mediante l'evaporazione del refrigerante (temperatura), e nello stesso tempo l'umidità dell'aria viene rimossa come condensazione (umidità). Come conseguenza, l'aria distribuita dal condizionatore è fredda e tonificante e può essere distribuita in ogni parte del locale per mezzo del ventilatore dell'evaporatore (distribuzione della corrente d'aria). Queste operazioni vengono ripetute in modo da realizzare il condizionamento dell'aria.

### 3.2 Che cos'è l'aria confortevole?

Avere una sensazione di caldo o di freddo non dipende solo dalla temperatura dell'aria (temperatura di bulbo secco) ma anche dall'umidità e dalla distribuzione dell'aria. Inoltre, la zona considerata generalmente confortevole si trova all'interno del settore indicato dalle linee oblique nella figura 3-5, sebbene il comfort vari a seconda del sesso, dell'età e del lavoro.

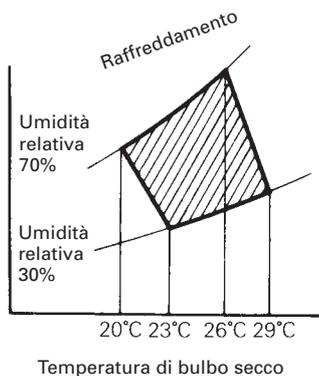
Tuttavia, in caso di raffreddamento, sebbene le condizioni dell'aria ambiente siano all'interno della zona confortevole, questa non sempre è di ottima qualità.

Per esempio, se la differenza tra la temperatura interna e quella esterna è di circa 10°C, poiché l'aria ambiente è regolata in modo da trovarsi all'interno di questa zona, si avverte una forte sensazione di freddo o di caldo quando si entra o si esce da un locale, il che procura un senso di disagio. Tale disagio viene chiamato "cold shock".

Di conseguenza, è importante controllare la temperatura dell'aria ambiente in modo da non avvertire questo "cold shock" durante il raffreddamento, mediante la regolazione del termostato.

La differenza ottimale di temperatura tra l'interno e l'esterno varia da 3 a 6°C, considerando gli aspetti economici e quelli riguardanti la salute.

Fig. 3-5



### 3.3 Classificazione dei condizionatori d'aria

Il gruppo principale di condizionatori d'aria è quello dei condizionatori d'aria tipo monoblocco (Unitari), ma essi si diversificano per tipo e forma in funzione dei servizi negli edifici. Vi sono molti tipi di classificazioni di condizionatori d'aria, ma le classificazioni rappresentative vengono spiegate qui di seguito.

#### 3.3.1 Classificazione mediante metodi di espansione

I metodi di espansione sono classificati in due tipi; p.e. espansione diretta e espansione indiretta. Nel metodo dell'espansione diretta il calore viene scambiato direttamente tra l'aria da condizionare e il refrigerante, e i condizionatori d'aria adottano questo metodo. Nel metodo dell'espansione indiretta il calore viene scambiato indirettamente tra l'aria da condizionare e il refrigerante mediante acqua o una salamoia. I sistemi che combinano i refrigeratori o i refrigeratori d'acqua centrifughi con le sezioni termoventilanti adottano questo metodo.

Metodo di espansione — Espansione diretta  
 — Espansione indiretta

Fig. 3-6 Espansione diretta

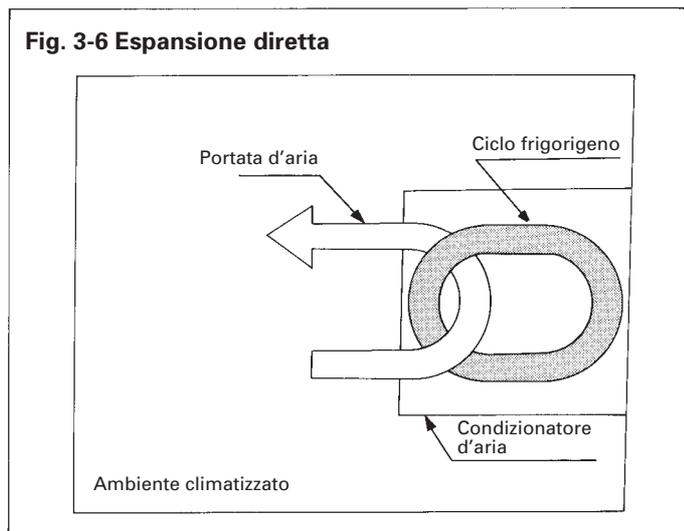
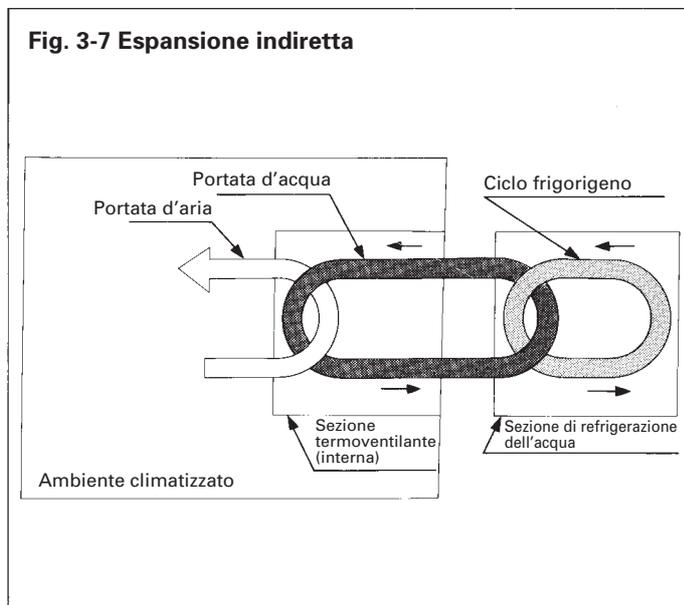


Fig. 3-7 Espansione indiretta



### 3.3.2 Classificazione mediante metodi di espulsione del calore

I metodi di espulsione del calore sono classificati in due tipi; p.e. il tipo raffreddato ad acqua e il tipo raffreddato ad aria.

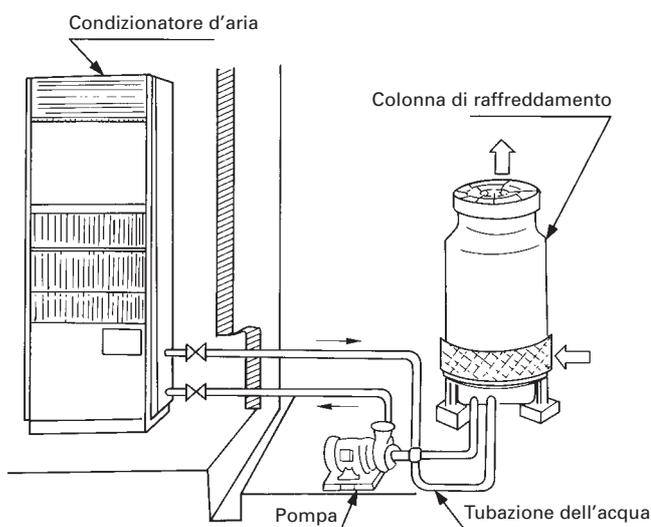
(Di recente, si osserva un aumento dei condizionatori d'aria del tipo raffreddati ad aria, che sono esenti da manutenzione.)

Condizionatori d'aria ┌ Tipo raffreddato ad aria  
└ Tipo raffreddato ad acqua

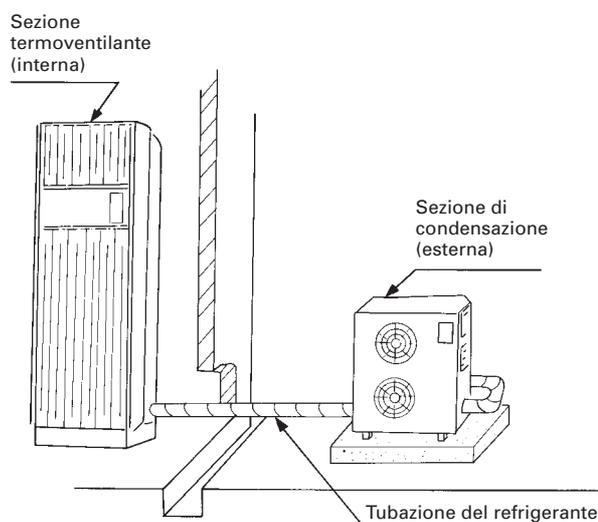
**Tabella 3-1 Caratteristiche dei tipi raffreddati ad aria e ad acqua**

Elemento	Tipo raffreddato ad aria	Tipo raffreddata ad acqua
① Mezzo di condensazione	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aria esterna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acqua sotterranee, acqua di città</li> <li>Acqua di torri di raffreddamento</li> </ul>
② Operazioni accessorie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alimentazione</li> <li>Linea del refrigerante (Solo tipo split)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alimentazione, tubazione dell'acqua di raffreddamento</li> <li>Pompa per acque sotterranee o pompa di circolazione dell'acqua per torri di raffreddamento</li> </ul>
③ Capacità di raffreddamento per 0,75kw	Circa 2100-2500kcal/h	Circa 3000kcal/h
Rumorosità	Relativamente alta (Sezione esterna)	Bassa
Punti da controllare	<ul style="list-style-type: none"> <li>Condizioni di entrata dell'aria esterna (prodotti chimici, polvere e sporco)</li> <li>Corto circuito dell'aria distribuita</li> <li>Temp. aria esterna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quantità e qualità dell'acqua di raffreddamento</li> <li>Posizione della colonna di raffreddamento</li> </ul>

**Fig. 3-8 Tipo raffreddato ad acqua**



**Fig. 3-9 Tipo raffreddato ad aria**



### 3.3.3 Classificazione mediante strutture

I condizionatori d'aria raffreddati ad acqua sono di tipo monoblocco, ma i condizionatori d'aria raffreddati ad aria sono disponibili in due tipi, il tipo monoblocco e il tipo split. Il tipo split è costituito da due unità, installate separatamente all'interno e all'esterno. Queste due unità sono collegate dalla tubazione del refrigerante.

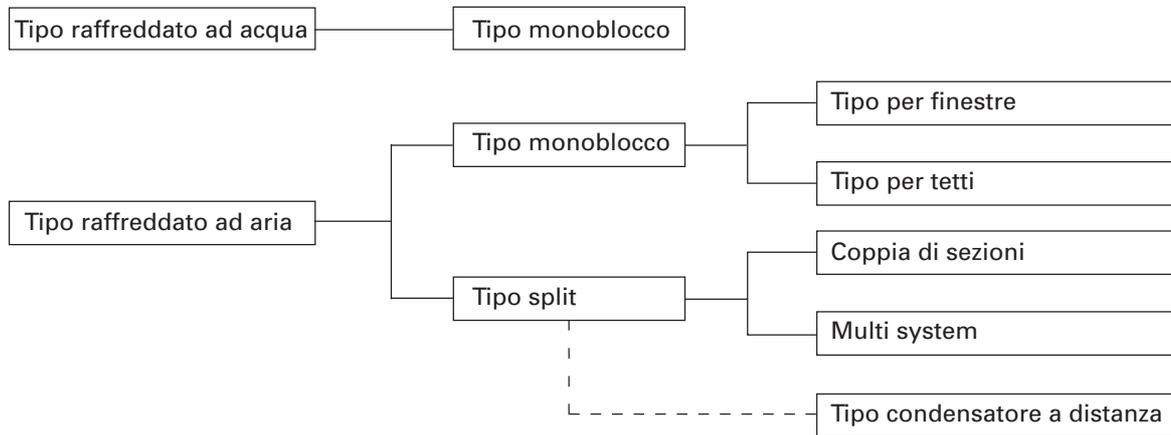


Fig. 3-10 Tipo per finestre

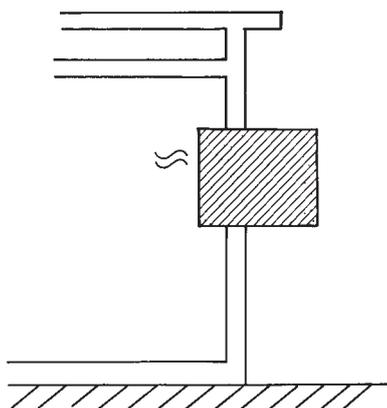
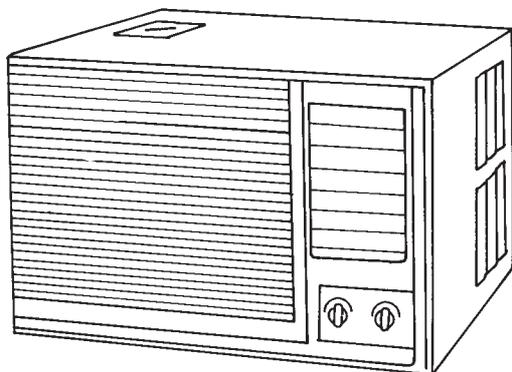
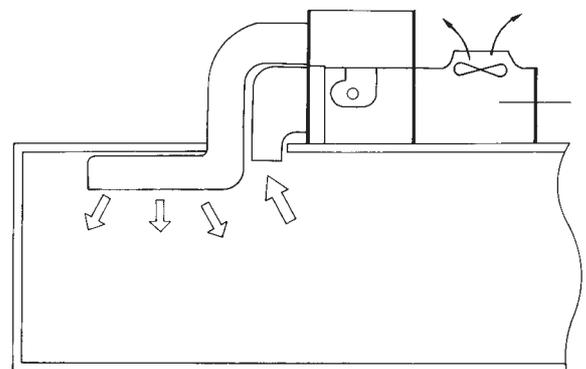
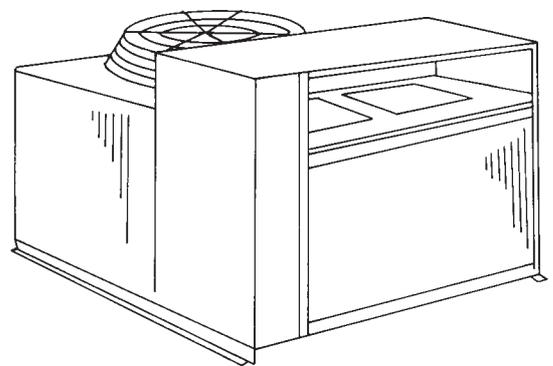


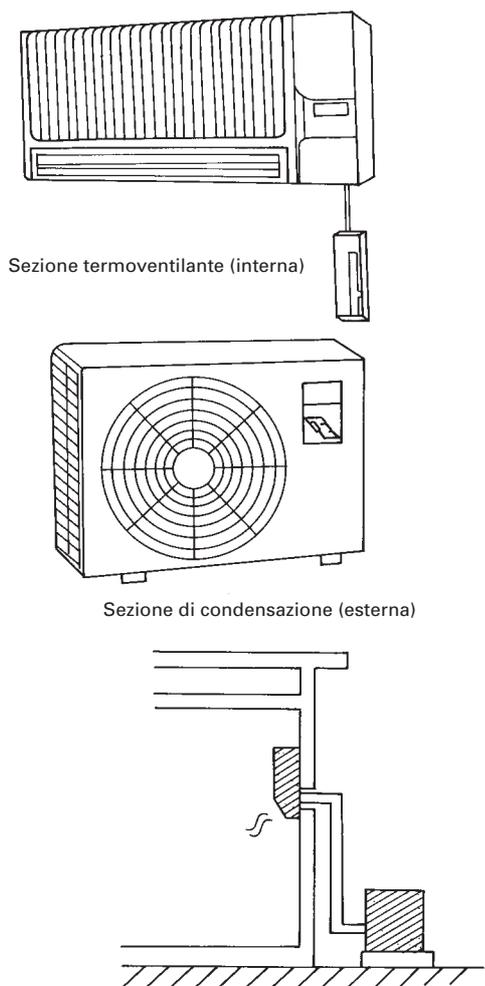
Fig. 3-11 Tipo per tetti (UAT)



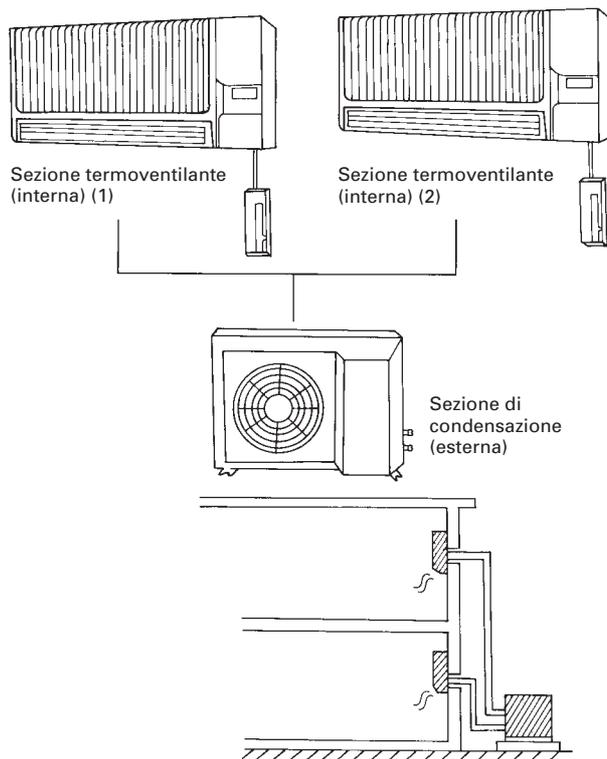
**Tabella 3-2 Caratteristiche dei tipi monoblocco e split**

Elemento	Tipo monoblocco	Tipo split
① Lavoro d'installazione (Foro)	Un foro grande è necessario per le radiazioni termiche (per canalizzazione o installazione).	Un foro piccolo è necessario per la tubazione del refrigerante.
② Rumore di funzionamento (Parte interna)	In confronto al tipo split, il rumore di funzionamento del tipo per finestre è relativamente forte.	In confronto al tipo monoblocco, il rumore di funzionamento è debole, ma prestare attenzione alla rumorosità della sezione esterna.
③ Posizionamento dell'installazione	Poiché l'aria calda viene estratta, un lato del locale deve essere esposto verso l'esterno (solo tipo per finestre).	Due tubazioni di refrigerante e cavi di collegamento uniscono le due sezioni.

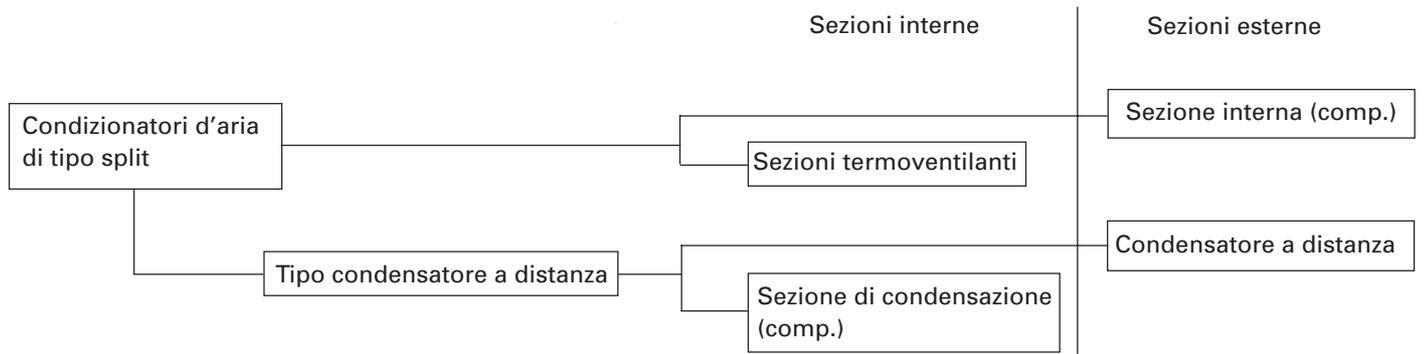
**Fig. 3-12 Tipo split (coppia di sezioni)**



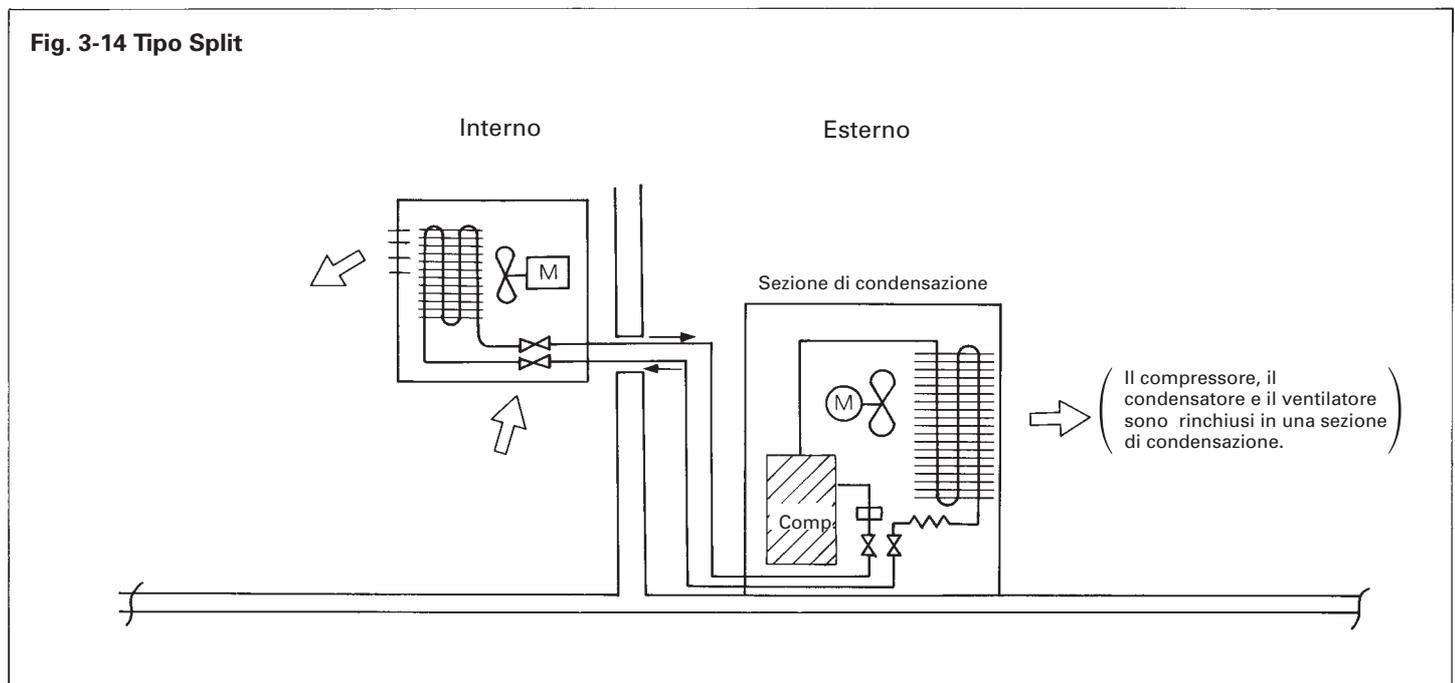
**Fig. 3-13 Tipo split (sistema multi)**



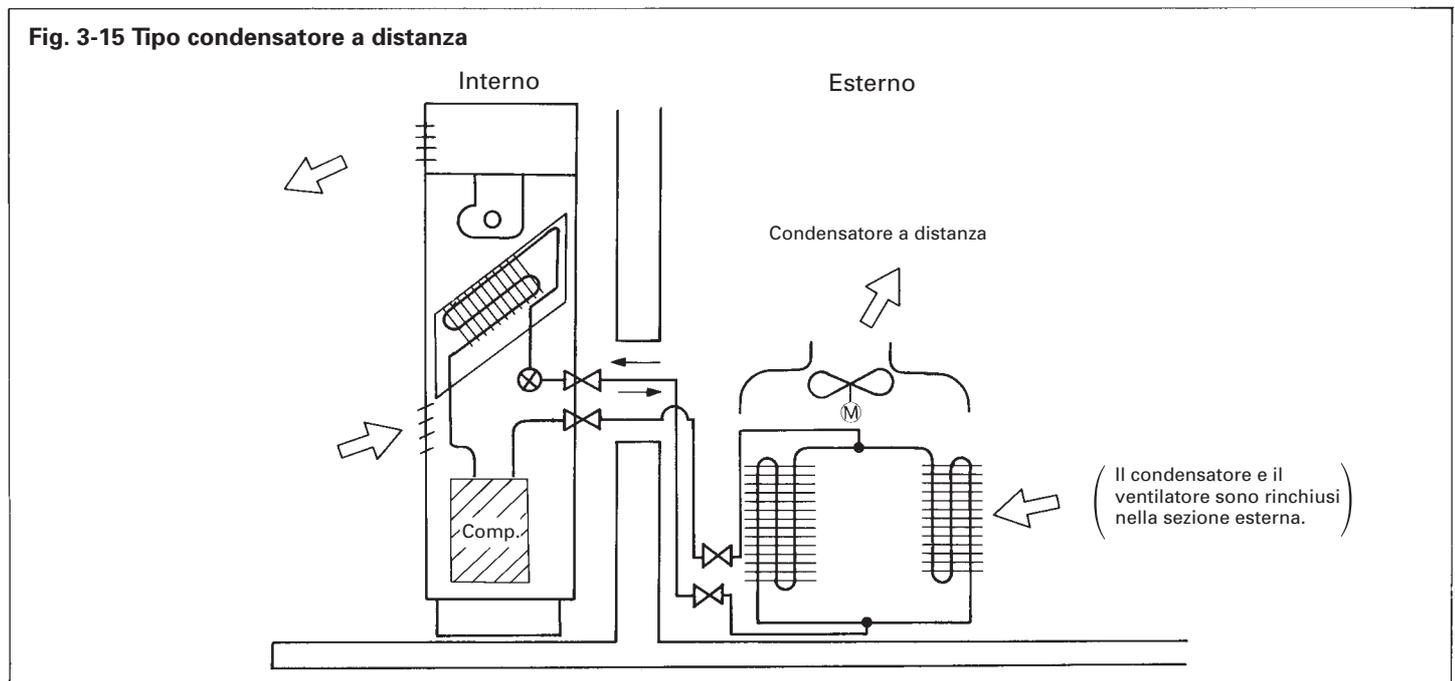
**3.3.4 Classificazione mediante localizzazione del compressore  
(nel caso di condizionatori d'aria di tipo split)**



**Fig. 3-14 Tipo Split**



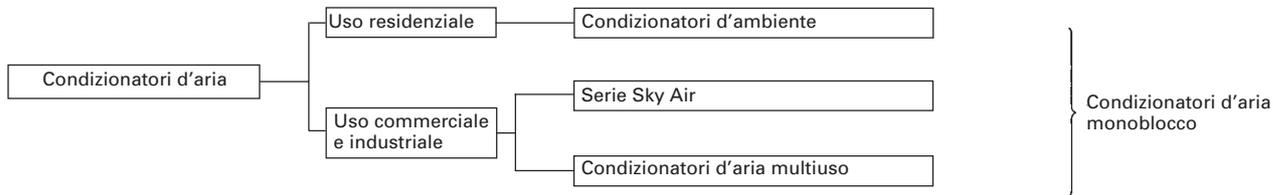
**Fig. 3-15 Tipo condensatore a distanza**



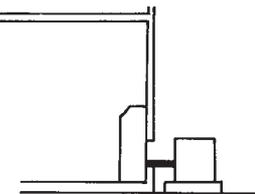
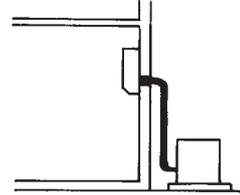
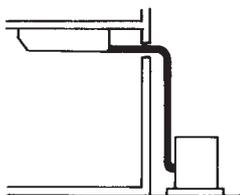
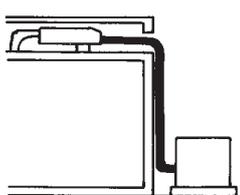
### 3.3.5 Classificazione con utilizzo di posizioni

I condizionatori d'aria sono in gran parte classificati per uso residenziale, per uso commerciale e per uso industriale.

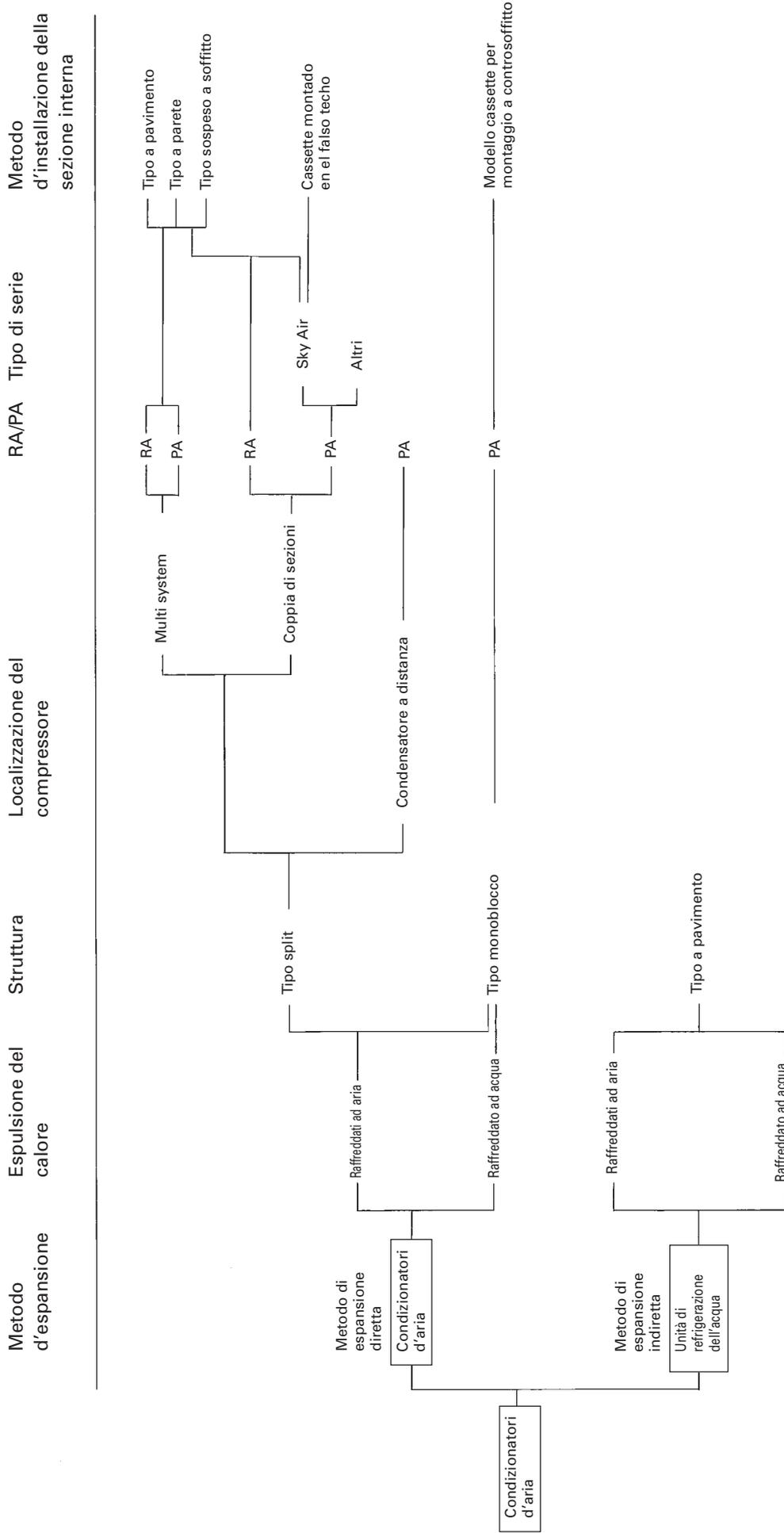
In generale, i condizionatori d'aria residenziali si considerano condizionatori d'ambiente e i condizionatori d'aria commerciali e industriali condizionatori monoblocco.



### 3.3.6 Classificazione mediante metodi d'installazione di sezioni termoventilanti (interne)

	Tipi	Descrizione sommaria
	Tipo a pavimento	 <p>La sezione è installata sul pavimento ed è in grado di distribuire largamente l'aria condizionata.</p>
Termoventilatore (sezioni interne)	Tipo per montaggio a parete	 <p>La sezione è installata al centro della parete. Dato che questa sezione è di tipo sottile, si può utilizzare in modo efficace lo spazio del locale.</p>
	Tipo sospeso a soffitto	 <p>La sezione è sospesa al soffitto e distribuisce l'aria condizionata in modo orizzontale. Vale a dire, si può utilizzare in modo efficace non solo la superficie del pavimento ma anche le pareti.</p>
	Modello cassette per montaggio a controsoffitto	 <p>La sezione è installata nel soffitto, in modo da poter utilizzare completamente lo spazio del locale e si ha un vantaggio dal punto di vista dell'arredamento.</p>

3.3.7 Tabella di classificazione dei condizionatori d'aria





## Capitolo 4 Componenti

4.1 Componenti principali .....	62
4.1.1 Compressore .....	62
(1) Classificazioni mediante metodi di compressione .....	62
(2) Classificazioni di compressori alternativi secondo la struttura .....	63
4.1.2 Condensatore .....	66
(1) Tipo a doppio tubo (Tipo tubo dentro un tubo) .....	66
(2) Tipo a fascio tubiero .....	66
(3) Tipo a serpentina ad alette trasversali .....	66
(4) Tipo ad alette ad avvolgimento .....	67
4.1.3 Evaporatore .....	67
(1) Tipo tubo multiplo dentro un tubo .....	67
(2) Tipo a fascio tubiero a espansione a secco .....	68
(3) Tipo a fascio tubiero inondato .....	68
(4) Tipo a serpentina ad alette trasversali .....	68
4.1.4 Dispositivi di regolazione .....	69
(1) Tubo capillare .....	69
(2) Valvole di espansione termostatiche .....	70
4.1.5 Valvola di espansione elettronica .....	71
(1) Sostituzione della sezione del motore .....	71
(2) Disposizioni quando la valvola di espansione elettronica non si apre .....	71
(3) Lavorare gradualmente come segue .....	72
(4) Teoria dell'inversione .....	72
4.2 Dispositivi di controllo .....	73
(1) Valvola a quattro vie .....	73
(2) Serbatoio del liquido .....	75
(3) Filtro disidratatore .....	76
(4) Accumulatore .....	76
(5) Capillare d'iniezione .....	77
(6) Valvola di controllo di bassa pressione .....	77
(7) Scambiatore di calore gas/liquido .....	78
(8) Pre-evaporatore .....	78
(9) Silenziatore .....	78
(10) Valvola a sole .....	79
(11) Valvola di ritenuta .....	79
4.3 Dispositivi di sicurezza .....	79
(1) Interruttore di alta pressione (HPS) .....	79
(2) Interruttore di bassa pressione (LPS) .....	80
(3) Interruttore della pressione dell'olio (OPS) .....	80
(4) Tappo fusibile .....	81
(5) Valvola di sicurezza (valvola limitatrice di pressione) .....	81

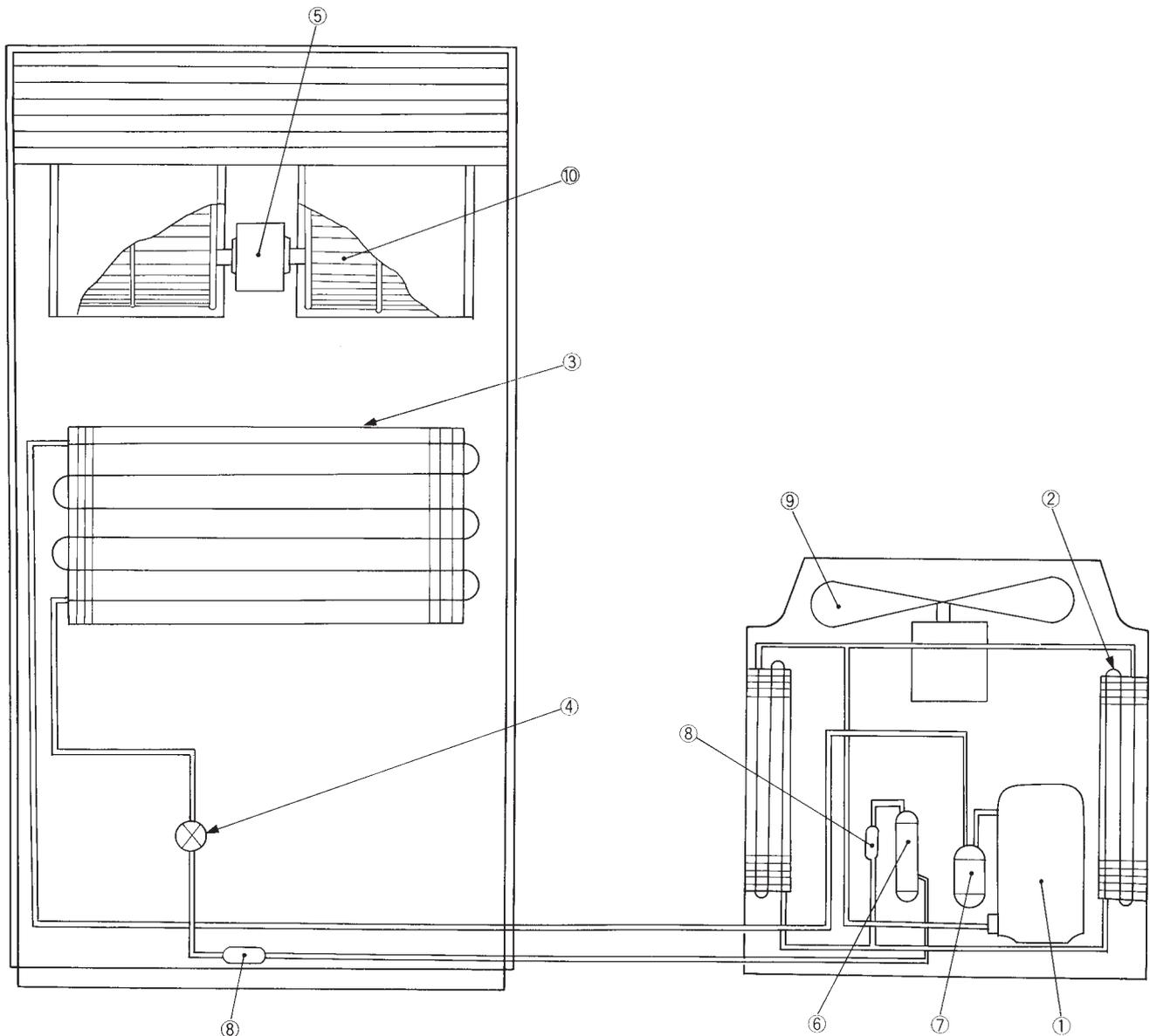
## Capitolo 4 Componenti

I condizionatori d'aria sono costituiti da varie parti e componenti. È molto importante che i tecnici dell'assistenza comprendano bene la struttura e le funzioni di ogni parte e componente e possano diagnosticarne i guasti.

In questo capitolo, vengono spiegate le parti e i componenti usati in questi ultimi anni principalmente nei condizionatori di ambienti e i condizionatori d'aria monoblocco.

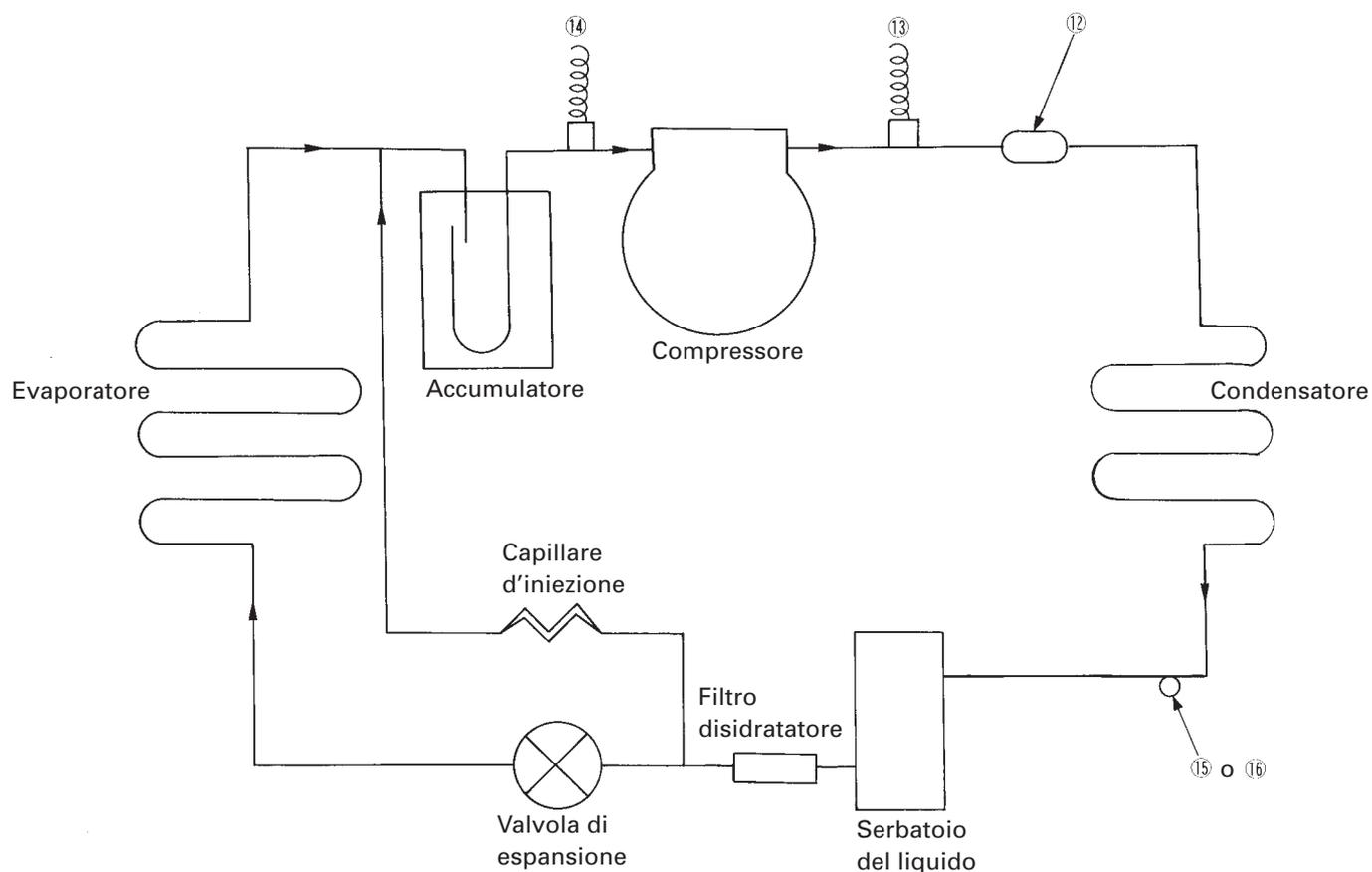
La figura 4-1 mostra la struttura schematizzata di un condizionatore d'aria multiuso di tipo split raffreddato ad aria in modo da poter comprendere la posizione di ogni componente, mentre la figura 4-2 mostra il ciclo frigorifero sul quale sono indicati vari simboli utilizzati comunemente per i componenti e i dispositivi.

Fig. 4-1



- |  |  |
|--|--|
| ① Compressore (4.1.1)                                    | ⑦ Accumulatore (4.2.(4))                       |
| ② Condensatore (4.1.2)                                   | ⑧ Filtro disidratatore (4.2.(3))               |
| ③ Evaporatore (4.1.3)                                    | ⑨ Ventilatore<br>(Ventilatore elicoidale)      |
| ④ Strumento di misura (4.1.4)<br>(Valvola di espansione) | ⑩ Ventilatore<br>(Ventilatore a pale multiple) |
| ⑤ Motore del ventilatore                                 |  |
| ⑥ Serbatoio del liquido (4.2.(2))                        |  |

Fig. 4-2



- ⑫ Silenziatore (4.2.(9))
- ⑬ Interruttore di alta pressione (HPS) (4.3.(1))
- ⑭ Interruttore di bassa pressione (LPS) (4.3.(2))
- ⑮ Tappo fusibile (4.3.(4))
- ⑯ Valvola di sicurezza (valvola limitatrice di pressione) (4.3.(5))

## 4.1 Componenti principali

Tutti i condizionatori d'aria sono costituiti da quattro componenti principali, un compressore, un condensatore, un evaporatore e un controllore del refrigerante.

Le funzioni e i tipi dei quattro componenti principali sono spiegati di seguito.

### 4.1.1 Compressore

Il compressore funziona come una pompa che fa circolare il refrigerante nel circuito di refrigerazione. Il vapore di refrigerante a bassa temperatura e bassa pressione evapora attraverso l'evaporatore e viene compresso alla pressione alla quale il vapore di refrigerante può essere facilmente liquefatto nel condensatore.

#### (1) Classificazione mediante metodi di compressione

I compressori vengono classificati in gran parte mediante metodi di compressione, p.e. compressione volumetrica e compressione centrifuga, e quando questi tipi vengono ulteriormente classificati, sono indicati come segue.

##### ● Compressione volumetrica

- Tipo alternativo
  - Compressione a stadio unico
  - Compressione a due stadi
- Tipo rotativo
  - A pistone rotante
  - A palette
- Tipo a spirale
- Tipo a vite

##### ● Compressione centrifuga

- Compressione a stadio unico
- Compressione multistadio

#### ① Compressori alternativi

I compressori alternativi sono costituiti da cilindri, pistoni e valvole.

La compressione viene realizzata mediante movimenti alternativi del pistone nel cilindro. La valvola controlla il gas dentro e fuori dal cilindro. (Vedere la figura 4-3.)

#### ② Compressori rotativi

I compressori rotativi sono disponibili in due tipi, a pistone rotante e a palette.

Secondo la teoria della compressione relativa al tipo a pistone rotante, il pistone rotante, che viene anche chiamato rotore, ruota in contatto con il contorno del cilindro e una pala fissa comprime il refrigerante. (Vedere la figura 4-4.)

Secondo il metodo di compressione del tipo a palette, numerose pale ruotano con il pistone rotante in contatto con il contorno del cilindro, comprimendo il refrigerante. (Vedere la figura 4-5.)

Rispetto ai compressori alternativi, i compressori rotativi sono compatti, di costruzione semplice e costituiti da un numero inferiore di parti. Inoltre, i compressori rotativi sono superiori per quanto riguarda il coefficiente di rendimento e l'efficienza.

Tuttavia, per far funzionare le parti in contatto sono necessarie una buona precisione e una buona antiabrasione. Attualmente il tipo a pistone rotante è quello più adoperato.

Fig. 4-3 Tipo alternativo

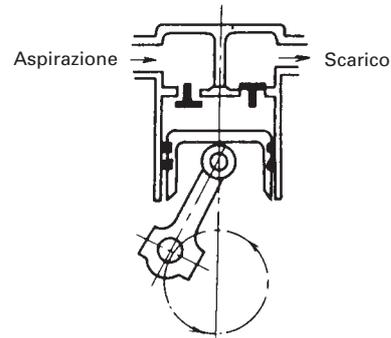


Fig. 4-4 Tipo a pistone rotante

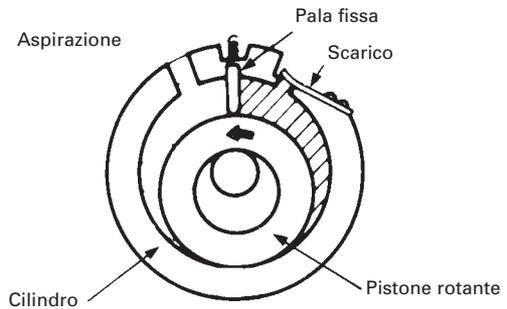
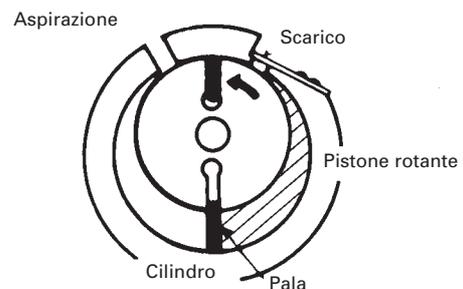
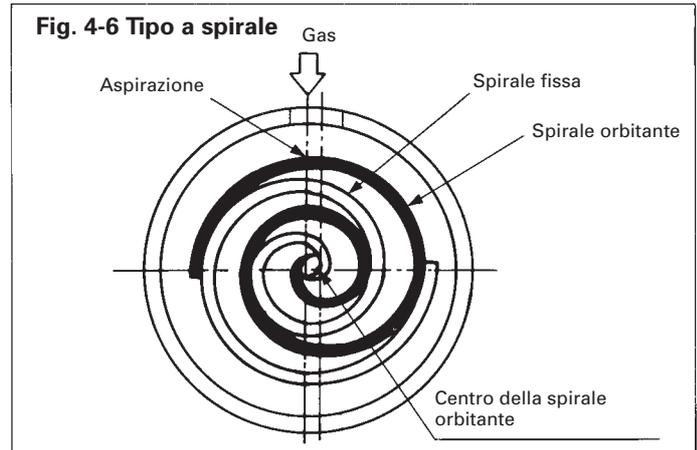


Fig. 4-5 Tipo a palette



③ **Compressori a spirale**

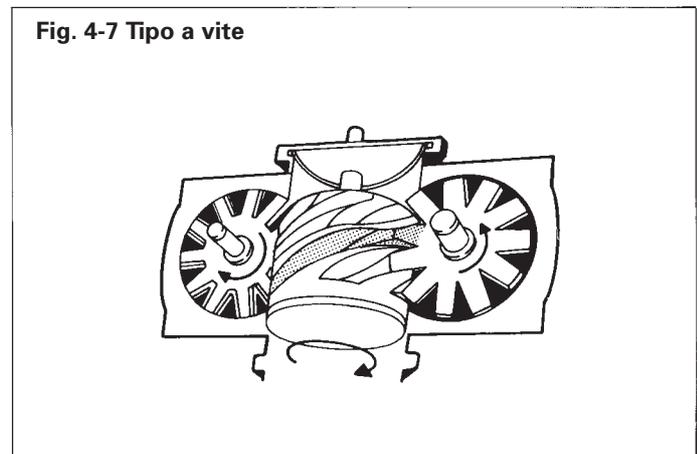
Come indicato nella figura 4-6, i compressori a spirale sono costituiti da due spirali, una fissa e l'altra che descrive una traiettoria. Il refrigerante gassoso viene trascinato dentro dalla circonferenza delle spirali e viene compresso nello spazio ridotto dalle spirali circostanti e scaricato dal foro di mandata al centro.



④ **Compressori a vite unica**

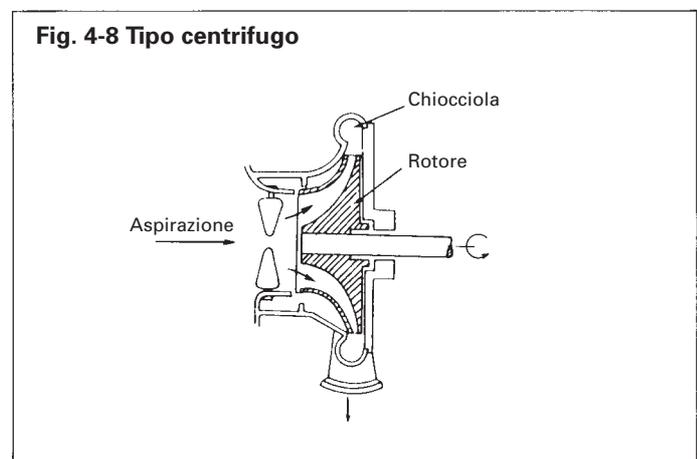
I compressori a vite sono costituiti da rotori con ingranaggi a maschio e femmina e comprimono il refrigerante ingranando un rotore a vite e due rotori a saracinesca. Come nei compressori alternativi, il processo dei compressori a vite consiste di tre stadi, aspirazione, compressione e scarico.

Per minimizzare la resistenza del flusso di gas, il gas è aspirato nella direzione dell'albero, compresso e scaricato.



⑤ **Compressori centrifughi**

I compressori centrifughi sono costituiti da un rotore e da una chiocciola. Il rotore ruota a circa 10.000 giri/min. Una tale forza centrifuga cambia il refrigerante gassoso in energia di velocità, che è trasformata in energia di pressione per la compressione.



**(2) Classificazione dei compressori alternativi secondo la struttura**

La classificazione dei compressori alternativi mediante la struttura è riportata di seguito.

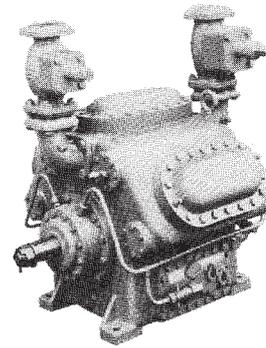
- Tipo aperto
  - A stadio unico
  - A due stadi
- Tipo ermetico
  - Tipo semiermetico
    - A stadio unico
    - A due stadi
  - Tipo ermetico

### ① Compressori di tipo aperto

I compressori di tipo aperto sono azionati da una forza esterna mediante cinghie trapezoidali o giunti di connessione diretti. Perciò, un'estremità dell'albero motore sporge fuori dall'alloggiamento del compressore. Per impedire fuoriuscite di gas attraverso la cavità tra l'alloggiamento del compressore e l'albero motore, viene dotato di una parte specifica chiamata guarnizione dell'albero.

Inoltre, possono essere smontati facilmente per l'ispezione e la manutenzione, e le parti sottoposte a usura o danneggiate possono essere sostituite facilmente. Sono principalmente usati per applicazioni a bassa temperatura.

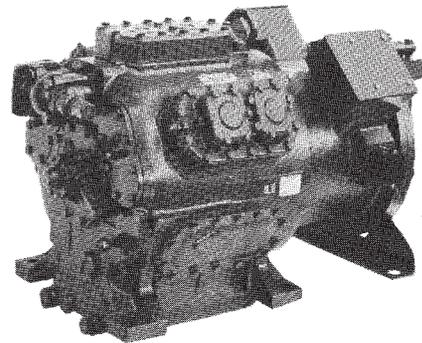
Fig. 4-9 Tipo aperto



### ② Compressori di tipo semiermetico

Il compressore e il motore sono collegati e si trovano nello stesso alloggiamento. Il coperchio di ciascuna parte è serrato con dei bulloni. La guarnizione dell'albero non è necessaria poiché non si verificano

Fig. 4-10 Tipo semiermetico



### ③ Compressori di tipo ermetico

Il compressore e il motore sono collegati e si trovano nello stesso alloggiamento, ermeticamente sigillato mediante saldatura. Rispetto ai compressori semiermetici, i compressori di tipo ermetico sono eccellenti per quanto riguarda la tenuta d'aria.

I compressori alternativi e i compressori rotativi di dimensioni relativamente piccole sono in molti casi di tipo ermetico. Tuttavia in questo caso, se i compressori non funzionano, occorre sostituire l'intero compressore.

Fig. 4-11 Tipo ermetico



### ④ Compressori di tipo composito

I compressori di tipo composito hanno lo stadio di alta pressione e lo stadio di bassa pressione in unico compressore.

Rispetto al metodo di compressione a due stadi nel quale vengono usati compressori separati rispettivamente per gli stadi ad alta e bassa pressione, essi sono di struttura semplice, leggeri e richiedono una piccola area d'installazione e costi iniziali bassi. Sono usati per applicazioni a bassa temperatura.



#### 4.1.2 Condensatore

Il condensatore funziona per modificare lo stato del refrigerante scaricato dal compressore, da gas a liquido. Poiché il vapore del refrigerante scaricato dal compressore si trova a temperatura e pressione elevate, si può facilmente condensare il refrigerante mediante aria esterna o acqua. Il calore ottenuto mediante evaporazione è scaricato all'esterno o in acqua tramite il condensatore. Il calore scaricato dal condensatore è superiore al calore di evaporazione, poiché ad esso si deve aggiungere il calore di compressione nel compressore.

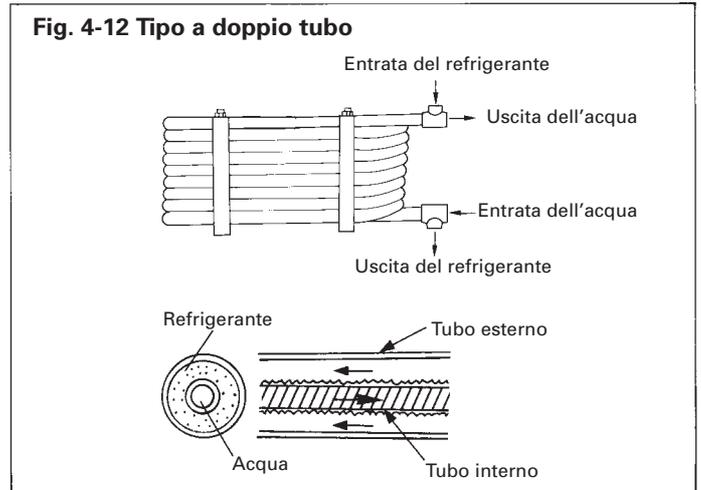
Il condensatore può essere classificato in due tipi secondo il metodo di raffreddamento, p.e. il tipo raffreddato ad acqua e il tipo raffreddato ad aria. Ogni tipo è ulteriormente classificato in due tipi.

- Raffreddato ad acqua {
  - Tipo a doppio tubo ..... (1)
  - Tipo a fascio tubiero ..... (2)
- Raffreddato ad aria {
  - Tipo a serpentina ad alette ..... (3)
  - Tipo ad alette ad avvolgimento .. (4)

##### (1) Tipo a doppio tubo (tipo tubo dentro un tubo)

Questo tipo viene adottato nei modelli di piccola capacità di refrigeratori d'acqua e condizionatori d'aria monoblocco raffreddati ad acqua. L'acqua scorre nel tubo interno e il refrigerante scorre nella direzione opposta tra i tubi interno ed esterno.

La superficie esterna del tubo interno è costituita da una scanalatura a spirale per aumentare il coefficiente di scambio termico.

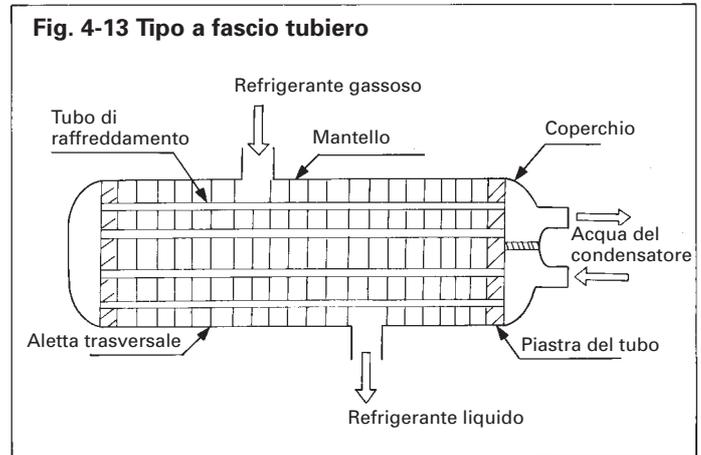


##### (2) Tipo a fascio tubiero

Questo tipo viene adottato nei modelli di più grande capacità di refrigeratori d'acqua e condizionatori d'aria monoblocco raffreddati ad acqua.

I condensatori sono costituiti da tubi di raffreddamento di rame con tutt'intorno alette trasversali in alluminio, fissati sulle piastre terminali di entrambe le estremità mediante espansione delle estremità dei tubi e racchiusi accuratamente in un mantello d'acciaio, come rappresentato nella figura sulla destra.

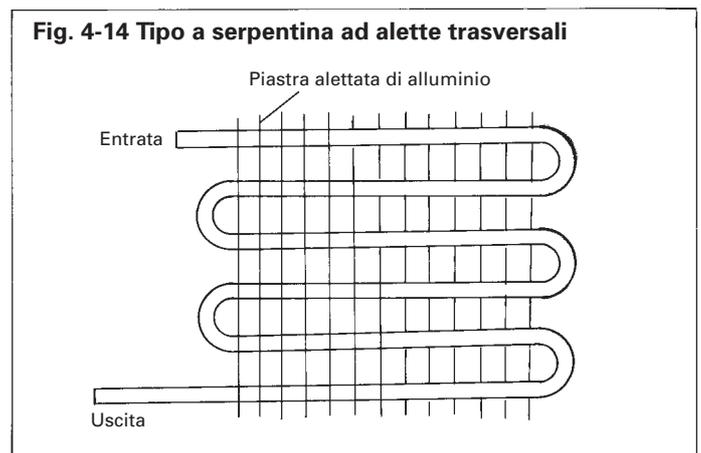
L'acqua del condensatore viene fatta circolare nei tubi in modo che il vapore di refrigerante può essere condensato sulla superficie dei tubi di raffreddamento con alette trasversali.



##### (3) Tipo a serpentina ad alette trasversali

Questo tipo viene adottato nei condizionatori d'aria e refrigeratori d'acqua raffreddati ad aria di quasi tutte le dimensioni.

Il condensatore di tipo a serpentina ad alette trasversali è costituito da tubi di rame a forma di U inseriti in alette di alluminio per disporre di una più grande superficie di trasmissione del calore. Alcuni condensatori di tipo recente hanno alette waffle louver o alette multifenditura e tubi Hi-X, la cui superficie interna è modificata mediante dentellatura. Servono ad aumentare il coefficiente di scambio termico e a diminuire le dimensioni della sezione.

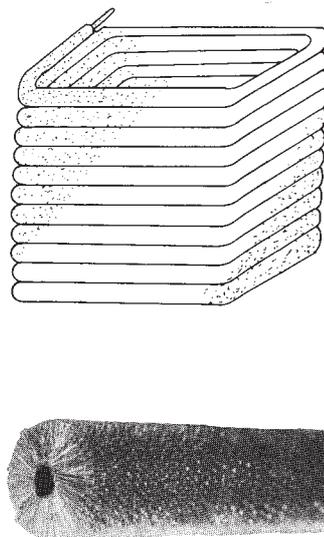


**(4) Tipo ad alette ad avvolgimento**

Questo tipo viene adottato nella serie Sky Air (condizionatori d'aria di tipo split raffreddati ad aria). (R4L, 5L).

Le alette di alluminio simili a una spina sono avvolte attorno ad un tubo di rame ed hanno la forma di una spirale rettangolare.

**Fig. 4-15 Tipo ad alette ad avvolgimento**



**4.1.3 Evaporatore**

L'evaporatore raffredda l'aria o l'acqua mediante evaporazione del refrigerante. Il refrigerante liquido, la cui pressione viene liberata attraverso la valvola di espansione (o il tubo capillare) evapora nell'evaporatore, assorbendo calore dall'aria o dall'acqua mentre passa nell'evaporatore. Il refrigerante diventa vapore a bassa temperatura e a bassa pressione.

Entrambi l'evaporatore e il condensatore vengono chiamati "scambiatori di calore".

L'evaporatore può essere classificato in due tipi a seconda del metodo di raffreddamento, ad acqua e ad aria. Il tipo di raffreddamento ad acqua viene ulteriormente classificato in parecchi tipi.

- Raffreddamento ad acqua
  - Tipo tubo multiplo dentro un tubo ..... (1)
  - Tipo a fascio tubiero
    - Tipo a fascio tubiero a espansione a secco .... (2)
    - Tipo a fascio tubiero inondato ..... (3)
- Raffreddamento ad aria
  - Tipo a serpentina ad alette trasversali ..... (4)

**(1) Tipo tubo multiplo dentro un tubo**

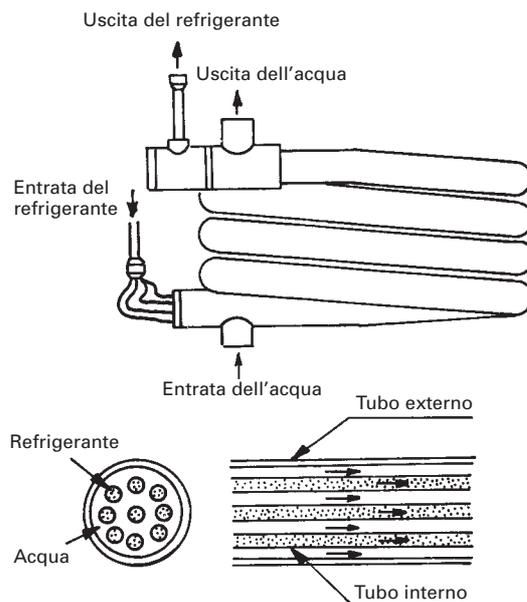
Questo tipo viene adottato in modelli di piccola capacità di refrigeratori d'acqua.

Parecchi tubi sono inseriti all'interno di un unico tubo.

Il refrigerante scorre attraverso i tubi interni e l'acqua scorre all'esterno dei tubi interni nella direzione opposta.

(Vedere la figura 4-16.)

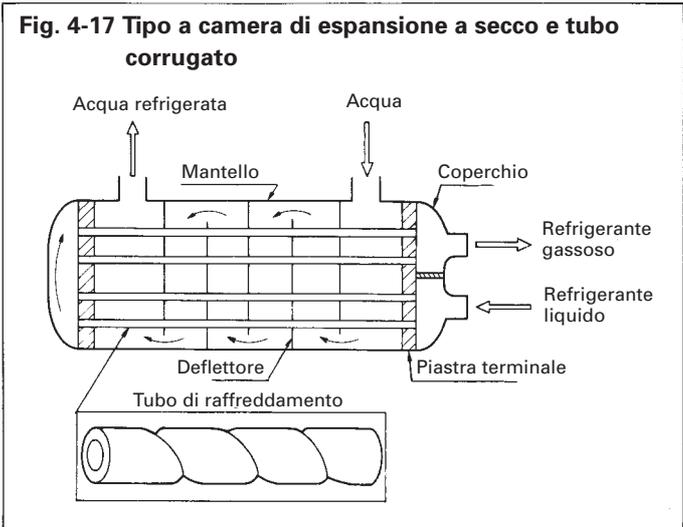
**Fig. 4-16 Tipo tubo multiplo dentro un tubo**



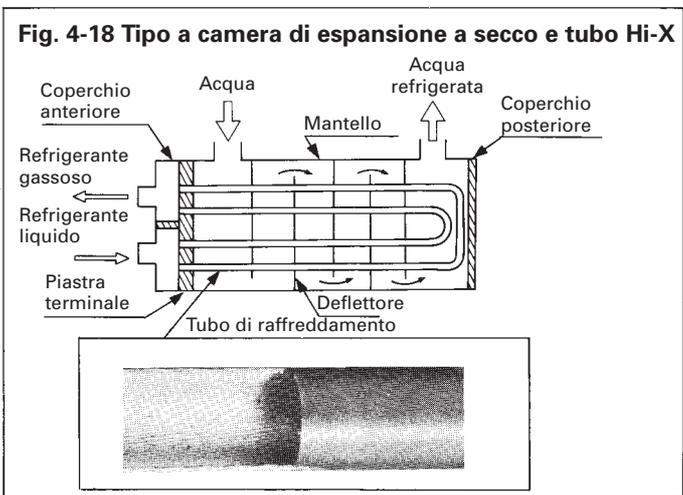
**(2) Tipo a fascio tubiero a espansione a secco**

I seguenti tipi vengono adottati nei modelli di refrigeratori d'acqua di capacità media e grande.

- ① Tipo a camera di espansione a secco e tubo corrugato.  
I tubi di raffreddamento di rame corrugato sono fissati sulle piastre terminali di entrambe le estremità mediante espansione delle estremità dei tubi e racchiusi accuratamente in un mantello d'acciaio, come rappresentato nella figura 4-17.  
Il refrigerante liquido viene fatto circolare nei tubi di raffreddamento, assorbendo calore dall'acqua che scorre in contatto con i tubi di raffreddamento, ed evapora.

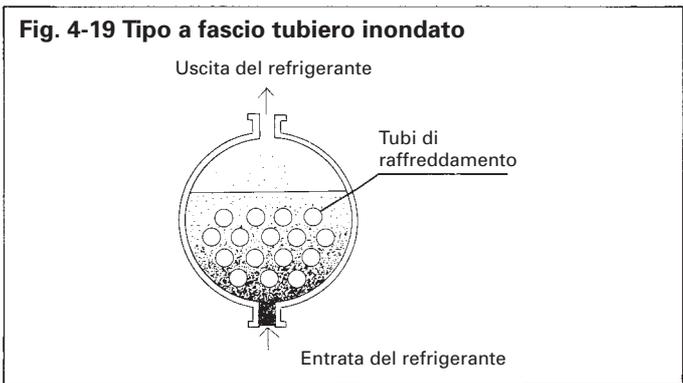


- ② Tipo a camera di espansione a secco e tubo Hi-X.  
Il tipo a camera di espansione a secco e tubo Hi-X è molto simile al tipo a camera di espansione a secco e tubo corrugato, tranne che in questo caso si utilizzano tubi di raffreddamento di rame Hi-X invece di tubi di raffreddamento di rame corrugato.



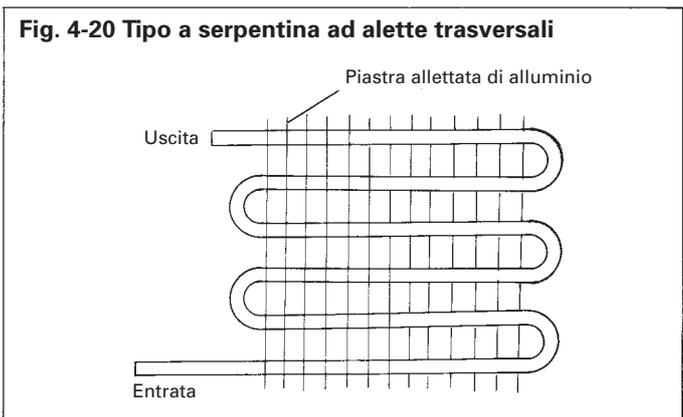
**(3) Tipo a fascio tubiero inondato**

Questo tipo viene adottato nei refrigeratori d'acqua centrifughi. In contrasto con il condensatore di tipo a camera di espansione a secco e tubo, l'acqua scorre attraverso i tubi e il refrigerante scorre all'esterno dei tubi.



**(4) Tipo a serpentina ad alette trasversali**

Questo tipo viene adottato nei condizionatori d'aria di quasi tutte le dimensioni. L'evaporatore di tipo a serpentina ad alette trasversali è costituito da tubi di rame a forma di U inseriti in alette di alluminio per disporre di una più grande superficie di trasmissione del calore. Alcuni condensatori di tipo recente hanno alette waffle louver o alette multifenditura e tubi Hi-X, la cui superficie interna è modificata mediante dentellatura. Servono ad aumentare il coefficiente di scambio termico e a diminuire le dimensioni della sezione.



La funzione dei dispositivi di regolazione è di regolare la portata del refrigerante liquido ad alta pressione dalla linea del liquido nell'evaporatore e di mantenere una differenza di pressione tra le parti ad alta e a bassa pressione del sistema allo scopo di permettere la vaporizzazione del refrigerante nell'evaporatore, nelle condizioni di bassa pressione desiderate, e, nello stesso tempo la condensazione ad alta pressione di questo nel condensatore.

Vi sono sei tipi fondamentali di controllo della portata del refrigerante, come indicato qui sotto. Quasi tutti i condizionatori d'ambiente e condizionatori d'aria monoblocco di tipo recente adottano il tubo capillare o la valvola di espansione termostatica.

- Valvola di espansione manuale
- Valvola di espansione automatica
- Valvola di espansione termostatica
- Tubo capillare
- Galleggiante a bassa pressione
- Galleggiante ad alta pressione

#### **(1) Tubo capillare**

Il più semplice di tutti i dispositivi di regolazione è il tubo capillare, rappresentato nella figura 4-21. Esso è una restrizione intenzionale nella linea del liquido. A causa della piccola dimensione del tubo, si crea una perdita di carico considerevole. Il diametro e la lunghezza del tubo capillare vengono determinati in modo sperimentale dalla capacità della sezione refrigerante, dalle condizioni operative e dal volume di refrigerante caricato.

Questo tipo di dispositivo di regolazione viene generalmente usato nei piccoli impianti con carichi costanti, come ad esempio i condizionatori d'ambiente e i condizionatori d'aria monoblocco di piccole dimensioni.

I vantaggi e gli svantaggi del tubo capillare sono i seguenti:

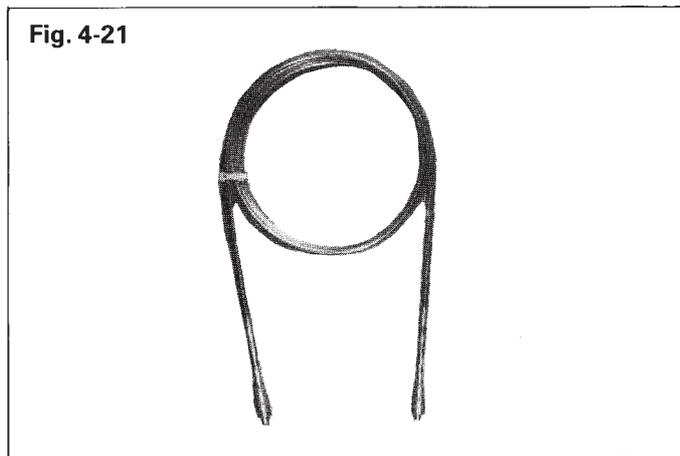
Vantaggi

1. Basso costo in confronto alla valvola di espansione.
2. Struttura semplice ... difficile da danneggiare.
3. Quando il compressore si ferma, la bassa e l'alta pressione si uguagliano rapidamente.

Svantaggi

1. È difficile determinare la lunghezza e il diametro.
  2. È difficile controllare il volume di refrigerante in funzione del carico di raffreddamento.
- \* La quantità di refrigerante nel sistema deve essere attentamente valutata poiché tutto il refrigerante liquido passerà nella parte a bassa pressione durante la fase fuori ciclo quando la pressione viene equilibrata.

**Fig. 4-21**



## (2) Valvola di espansione termostatica

Mentre il funzionamento della valvola di espansione automatica si basa sul mantenimento di una pressione costante nell'evaporatore, il funzionamento della valvola di espansione termostatica si basa sul mantenimento di un livello costante di surriscaldamento di aspirazione all'uscita dell'evaporatore.

Vi sono due tipi di valvole di espansione termostatiche, il tipo a livellamento interno e il tipo a livellamento esterno.

### Valvole di espansione termostatiche

- Tipo a livellamento interno
- Tipo a livellamento esterno

#### ① Valvola di espansione termostatica a livellamento interno

La figura 4-23 rappresenta la struttura della valvola di espansione termostatica a livellamento interno.

Il livello di apertura della valvola cambia automaticamente in funzione delle fluttuazioni del carico, regolando la quantità di refrigerante rifornita in modo che non si verifichino né la compressione umida né la compressione surriscaldata. Il livello di apertura della valvola viene determinato dallo stato di equilibrio delle tre forze seguenti.

$P_1$ : Forza esercitata sul diaframma dalla pressione del gas chiuso ermeticamente nel tubo sensore

$P_2$ : La pressione di evaporazione del refrigerante dall'evaporatore

$P_3$ : La forza della molla di regolazione del surriscaldamento

Quando  $P_1 = P_2 + P_3$ , la valvola controlla il flusso di refrigerante in condizioni stabili. Se il carico aumenta, il bulbo sonda rivela tale aumento, la temperatura all'interno del bulbo aumenta e si verifica la condizione  $P_1 > P_2 + P_3$ . A questo punto il diaframma viene premuto verso il basso, e la valvola inizia ad aprirsi. La portata del refrigerante aumenta, per evitare la compressione surriscaldata (capacità insufficiente). Al contrario, se il carico diminuisce, la pressione nel bulbo sonda viene ridotta e si verifica la condizione  $P_1 < P_2 + P_3$ . La valvola si chiude, la portata del refrigerante diminuisce e viene costantemente mantenuto un certo livello di surriscaldamento che evita la compressione umida.

#### ② Valvola di espansione termostatica a livellamento esterno

Quando il refrigerante passa attraverso l'evaporatore, la pressione diminuisce di un certo livello.

Nel caso di una valvola di espansione a livellamento interno, se la pressione diminuisce fortemente, il livello di surriscaldamento aumenta e si verifica la compressione surriscaldata. Per compensare la perdita di carico nell'evaporatore, si utilizza la valvola di espansione termostatica a livellamento esterno (figura 4-24). In questa valvola, l'apertura di livellamento interno viene eliminata e la pressione sotto il diaframma viene presa dall'estremità della serpentina.

Fig. 4-22

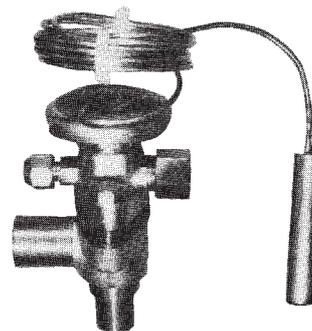


Fig. 4-23 Valvola di espansione termostatica a livellamento interno

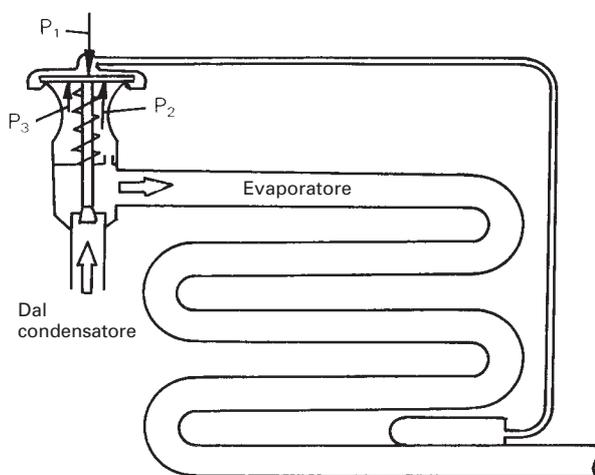
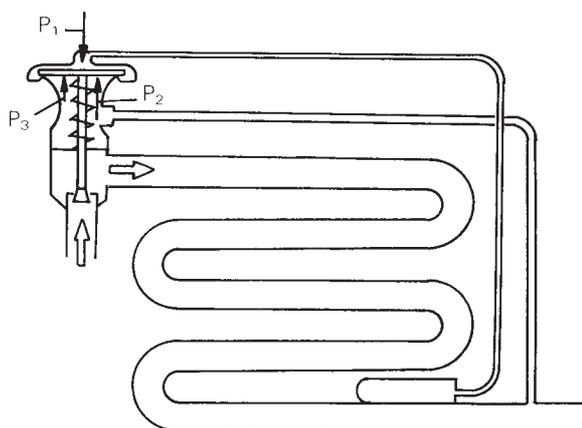


Fig. 4-24 Valvola di espansione termostatica a livellamento esterno



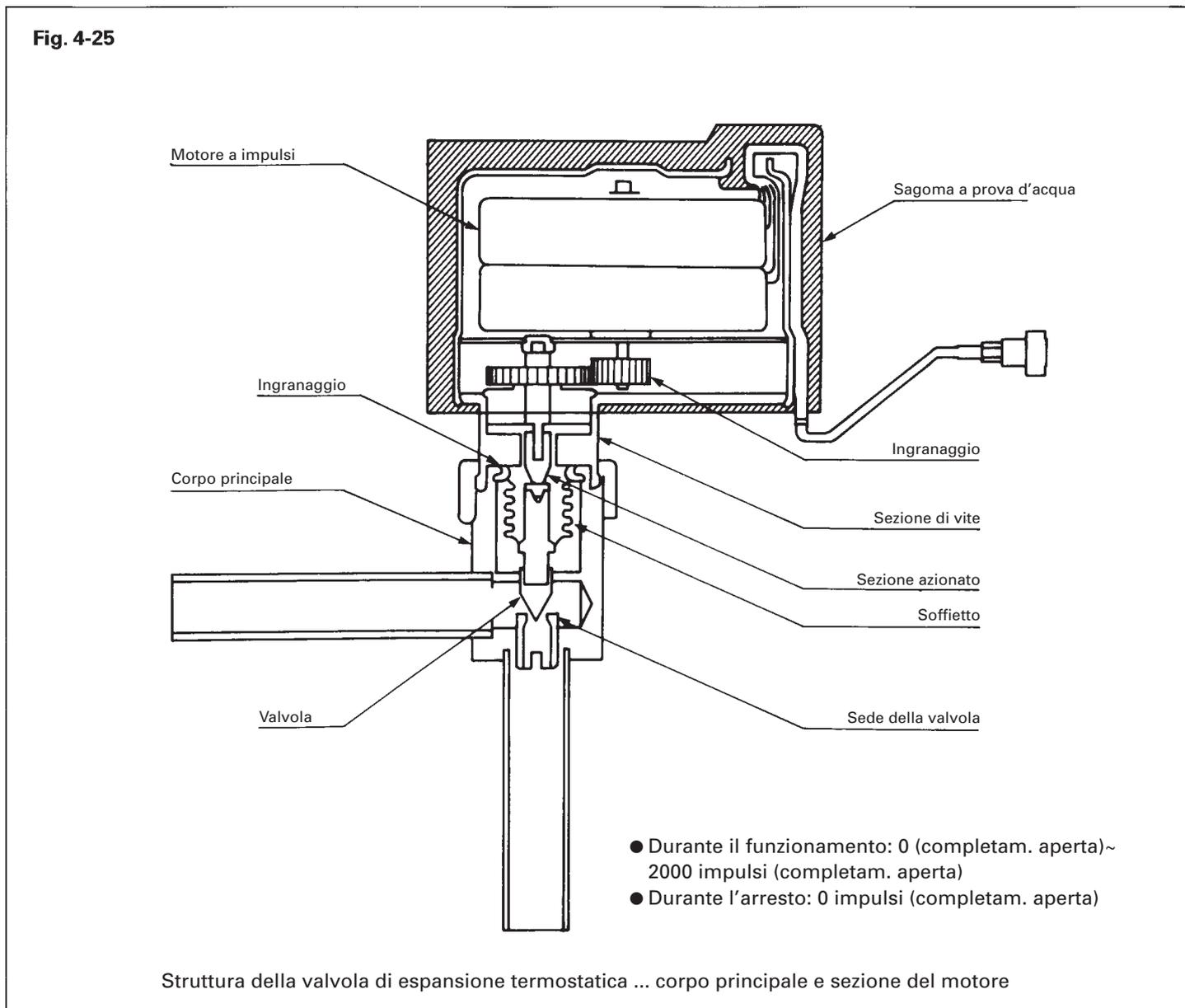
#### 4.1.5 Valvola di espansione elettronica

Con i progressi nel campo della meccanizzazione e dell'elettronica, aumenta la frequenza di utilizzo delle valvole di espansione elettroniche. Questa viene utilizzata per vari sistemi di condizionatori d'aria e in particolare per dei controlli più precisi. La funzione di una valvola di espansione elettronica è la stessa di quella di una valvola meccanica. Può funzionare elettronicamente mediante un determinato software. D'ora in poi deve essere utilizzata sempre più. Entrambe vengono utilizzate e sono valvole di controllo lineare di tipo EBM.

#### (1) Sostituzione della sezione del motore

Quando la sezione del motore viene rimossa dal corpo principale della valvola, si deve spegnere l'alimentazione, oppure si deve prima togliere il connettore.

- Se si tolgono con l'elettricità in funzione, può saltare fuori il cacciavite.



#### (2) Disposizioni quando la valvola di espansione elettronica non si apre

Durante l'assistenza, quando il cacciavite (parte per bloccare la valvola) della sezione del motore salta fuori, la procedura di riparazione è la seguente.

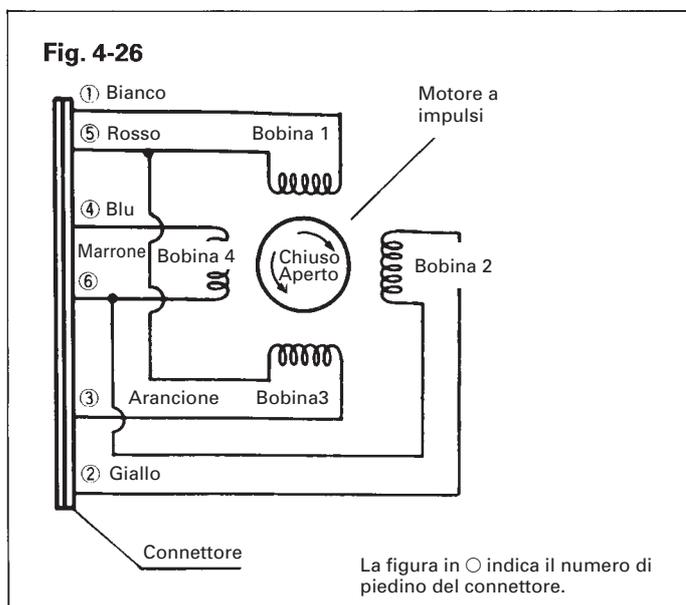
### (3) Lavorare gradualmente come segue

- ① Spegner l'alimentazione della sezione interna.
- ② Estrarre il connettore della valvola di espansione elettronica dal pannello P.
- ③ Togliere la sezione del motore della valvola di espansione elettronica dalla sede della valvola.
- ④ Sostituire il connettore ④ P (blu) con il connettore ② P (giallo).
- ⑤ Inserire il connettore nel pannello P.
- ⑥ Verificare parecchie volte i comandi di attivazione-disattivazione dell'alimentazione della sezione interna - applicazione della teoria dell'inversione.  
(Nello stesso tempo, verificare che la punta del cacciavite sia profondamente conficcata rispetto a quella della sezione del meccanismo a vite.)
- ⑦ Spegner l'alimentazione della sezione interna e inserire nuovamente i connettori ② P e ④ P nelle loro posizioni.
- ⑧ Fissare saldamente la sezione del motore della valvola di espansione elettronica alla sezione della valvola.
- ⑨ Inserire il connettore nel pannello P, e verificare tre volte i comandi di attivazione-disattivazione dell'alimentazione della sezione interna. (Rivelazione dello stato totalmente racchiuso)  
Quando la sezione interna ha il termostato su ACCESO (ON), la valvola di espansione elettronica si apre e si rimette a funzionare normalmente.

(Nota) Se il cacciavite viene conficcato troppo profondamente, nel caso del punto ⑥, sebbene l'ordine di 2200 impulsi "Chiuso" sia dato dal pannello P, non diventa uno stato totalmente racchiuso. Il punto ⑨ è necessario per creare una volta lo stato totalmente racchiuso.

### (4) Teoria dell'inversione

Nella valvola di espansione elettronica, si utilizza un motore a impulsi di trasmissione eccitatrice a due fasi.



La figura di cui sopra è una rappresentazione della valvola del motore utilizzata in pratica.

L'ordine di eccitazione al momento dell'apertura della valvola è il seguente:

→ modo 4 → modo 3 → modo 2 → modo 1

E quello della chiusura della valvola è il seguente:

→ modo 1 → modo 2 → modo 3 → modo 4

Inoltre, i modi 1-4 sono indicati nella seguente tabella.

Fase con segno ●: continuità elettrica

Bobina \ Modo	1 (Bianco-Rosso)	2 (Giallo-Marrone)	3 (Arancione-Rosso)	4 (Blu-Marrone)
Modo 1	●	●		
Modo 2		●	●	
Modo 3			●	●
Modo 4	●			●

Perciò, sostituendo il connettore ② P (giallo) con il connettore ④ P (blu), l'ordine di eccitazione al momento dell'apertura della valvola è completamente invertito. In questo modo, quando l'ordine dal pannello P è "Aperto", il motore funziona con "Chiuso" e quando è "Chiuso" funziona con "Aperto".

Questa valvola di espansione elettronica, quando è completamente chiusa, diventa completamente aperta ricevendo l'ordine di 2000 impulsi "Aperto". Quindi il controllo viene di solito eseguito nello stato di completa chiusura.

Per questa ragione, è necessario di solito iniziare dalla chiusura completa quando la valvola elettronica viene caricata e viene eseguito l'ordine di 2200 impulsi "Chiuso" dal pannello P.

Utilizzando questi dati, si può anche eseguire l'inversione. (Per esempio, come disporre in caso di caricamento di potenza quando la sezione del motore è stata tolta.)

## 4.2 Dispositivi di controllo

I quattro componenti principali descritti in precedenza producono un effetto sufficiente nella sezione di refrigerazione e nel condizionatore d'aria. Tuttavia, in pratica, i sistemi vengono fatti funzionare in diverse condizioni. Allo scopo di far funzionare il sistema in tutta sicurezza ed in modo efficace, vengono montati sui vari sistemi i seguenti dispositivi di controllo.

### (1) Valvola a quattro vie

#### 1 Descrizione generale

La valvola a quattro vie viene utilizzata nei sistemi di condizionamento d'aria di tipo a pompa di calore. Lo scopo di questa valvola è di far passare il refrigerante surriscaldato scaricato dal compressore allo scambiatore di calore interno, in caso di riscaldamento, e allo scambiatore di calore esterno in caso di sbrinamento e di raffreddamento.

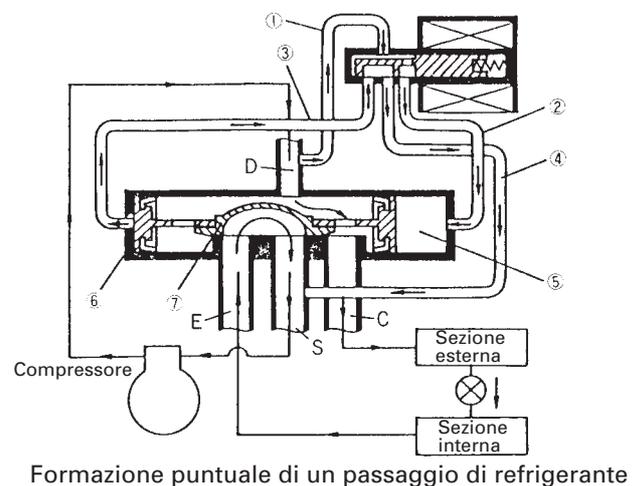
#### 2 Struttura e principio di funzionamento

Questa sezione descrive la struttura della valvola a commutatore a quattro vie. Si tratta di una valvola a solenoide a quattro vie che funziona come pilota per mezzo di segnali elettrici di attivazione-disattivazione e di un corpo principale (valvola di distribuzione a cassette) che funziona mediante la differenza di pressione ottenuta con questo funzionamento pilota. La valvola a quattro vie è costituita da queste due valvole.

#### ① In caso di raffreddamento puntuale e formazione di un passaggio di sbrinamento

Il pilota ① e il pilota ② sono collegati e il gas ad alta pressione viene scaricato dal compressore ed entra nel locale ⑤. D'altra parte, la pressione del locale ⑥ che passa attraverso ③ e ④ già collegati, è trascinata nel compressore per diventare bassa pressione. In questo momento, si verifica una differenza di pressione tra il locale ⑤ ad alta pressione e il locale ⑥ a bassa pressione. A causa di questa differenza di pressione, il pistone si sposta sulla sinistra, e si sposta anche la valvola di distribuzione a cassette a questo collegata. Quindi il circuito del flusso di refrigerante è il seguente: compressore → valvola D a quattro vie → C → scambiatore di calore esterno → scambiatore di calore interno → valvola E a quattro vie → S → compressore.

Fig. 4-27



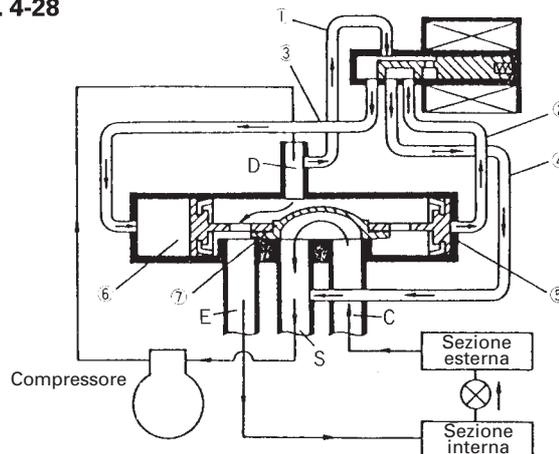
**② In caso di formazione differita di un passaggio di riscaldamento**

Il pilota ① e il pilota ② sono collegati e il gas ad alta pressione viene scaricato dal compressore ed entra nel locale ⑥. D'altra parte, la pressione del locale ⑤ che passa attraverso ② e ④ già collegati, è trascinata nel compressore per diventare bassa pressione, e quindi la valvola di distribuzione a cassette funziona all'inverso del tempo di raffreddamento e si forma il circuito del flusso di refrigerante nel riscaldamento. (Viene anche formato un passaggio di refrigerante nel riscaldamento differito o nel raffreddamento puntuale.)

**3 Funzionamento e specifiche**

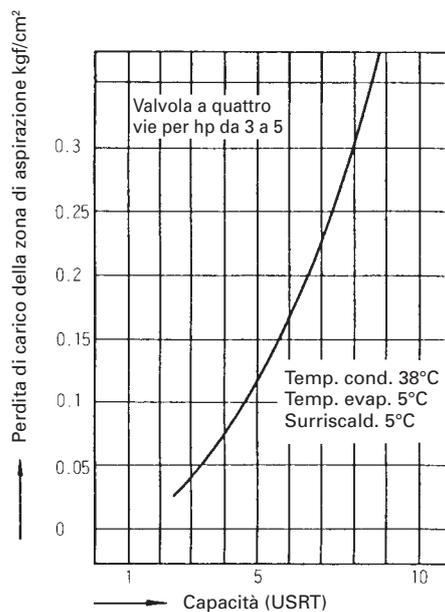
- ① Si tratta di una valvola di cambio di direzione che funziona per mezzo di segnali elettrici, e non vi è una posizione intermedia, per cui è possibile il cambio di direzione tramite apertura completa.
- ② Si utilizza generalmente nella gamma tra +10% e -15% della tensione di passaggio costante CA 100V o 200V.
- ③ La differenza di pressione di funzionamento è la differenza di pressione tra l'alta pressione connessa alla zona di mandata e la bassa pressione della zona di aspirazione del compressore. La differenza di pressione di funzionamento è espressa dal massimo e dal minimo.
- ④ Particolarità delle dimensioni. È necessario scegliere la dimensione che si conforma alla capacità del sistema per garantire il funzionamento normale da ① a ③ nel valore standard. Generalmente, le condizioni indicate dal produttore (perdite di carico del circuito a bassa pressione, capacità alla temperatura di condensazione o alla temperatura di evaporazione) sono indicate nel catalogo. Perciò, si deve assicurare qualcosa in più delle richieste minime.
- ⑤ Pressione di prova. Generalmente, la pressione massima che può essere utilizzata è di 30kg/cm<sup>2</sup> abs e la pressione della prova di tenuta d'aria è di 36kgf/cm<sup>2</sup> abs.
- ⑥ Temperatura del fluido. I limiti sono compresi tra -20°C e +120°C, in modo che il fluido possa sopportare la temperatura di evaporazione invernale o la temperatura del gas di mandata estiva.

Fig. 4-28



Formazione differita di un passaggio di refrigerante

Fig. 4-29



Tendenza di capacità e perdita di carico

#### 4 Precauzioni durante la manipolazione

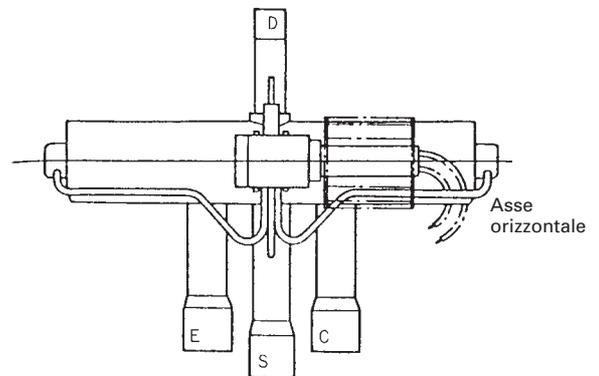
##### ① Posizione d'installazione

Nella tubazione, l'olio della macchina refrigerante o altri fluidi scorrono oltre al refrigerante. Per questa ragione, è necessario fare attenzione che queste sostanze non esercitino un'influenza negativa sulla valvola pilota a solenoide o il corpo principale. Inoltre, vi è un caso in cui la posizione d'installazione è limitata strutturalmente. Attenzione, l'asse del corpo principale deve essere installato orizzontalmente e l'asse della sezione della valvola a solenoide deve essere posizionato al di sopra dell'asse del corpo principale.

##### ② Temperatura di resistenza al calore al momento della brasatura

È necessario seguire la temperatura di resistenza al calore indicata dal produttore per evitare la carbonizzazione dell'olio nel corpo principale e l'influenza del calore. Si può ricoprire il corpo principale con un panno umido e si deve fare in modo che la temperatura non superi +120°C.

Fig. 4-30



Posizione d'installazione

#### (2) Serbatoio del liquido

Il serbatoio del liquido è installato tra il condensatore e il dispositivo di regolazione e trattiene temporaneamente il refrigerante che è stato liquefatto nel condensatore prima che venga inviato alla valvola di espansione.

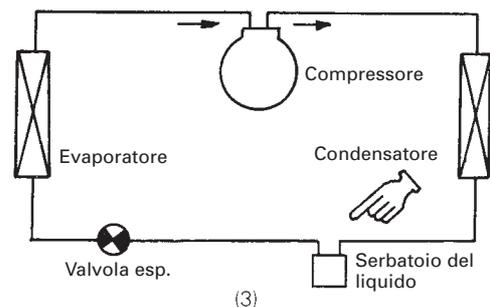
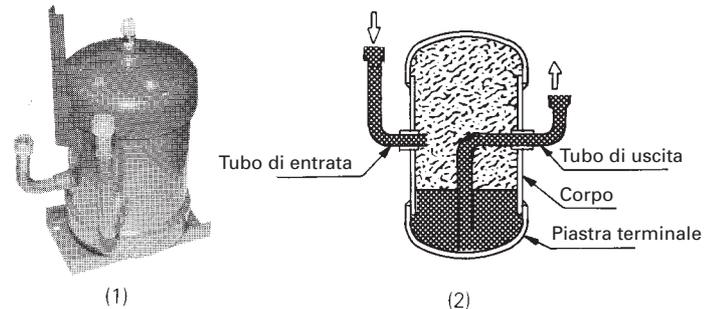
Come conseguenza, solo il refrigerante completamente liquefatto può essere rifornito al dispositivo di regolazione. Il serbatoio del liquido viene anche impiegato come recipiente in cui il refrigerante in eccesso viene immagazzinato, dato che la quantità di refrigerante in circolazione differisce a seconda delle seguenti condizioni.

- Lunghezza della tubazione di collegamento tra la sezione di condensazione (sezione esterna) e la sezione termoventilante (sezione interna).
- Variazione delle condizioni operative.

Nota:

Il ricevitore non deve essere usato nel sistema a tubo capillare perché durante la fase di fuori ciclo, il liquido passa nell'evaporatore attraverso il tubo capillare e quando il compressore si avvia di nuovo, vi è il rischio di compressione del liquido.

Fig. 4-31



### (3) Filtro disidratatore

Il filtro disidratatore elimina l'umidità e le piccole particelle di corpi estranei dal refrigerante durante il funzionamento. È un cilindro di rame contenente un agente essiccante ed è installato tra il condensatore e il dispositivo di regolazione.

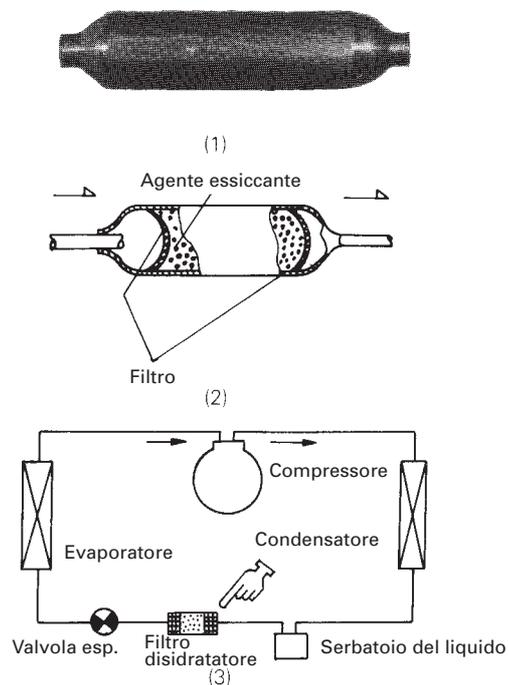
L'umidità contenuta nel refrigerante causa i seguenti problemi.

1. La valvola di espansione o il tubo capillare vengono ostruiti con ghiaccio.
2. Si forma acido cloridrico, che corrode i metalli.
3. Ha luogo la ramatura.

Come agente essiccante si utilizzano setacci molecolari poiché la loro capacità assorbente non diminuisce con le alte temperature o basse pressioni parziali.

I setacci molecolari sono rigenerabili mediante riscaldamento da 150°C a 300°C.

Fig. 4-32



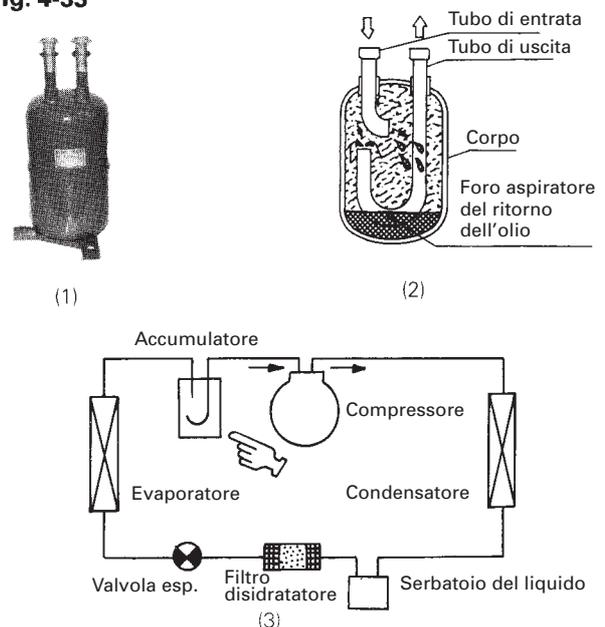
### (4) Accumulatore

L'accumulatore, che è installato fra l'evaporatore ed il compressore, funziona per impedire al refrigerante liquido di entrare nel compressore.

L'accumulatore contiene el refrigerante liquido e rinvia solo il refrigerante gassoso al compressore.

L'olio presente nel refrigerante liquido viene separato dal refrigerante sul fondo dell'accumulatore e ritorna al compressore assieme al gas aspirato, attraverso un piccolo foro presente nel tubo di aspirazione.

Fig. 4-33

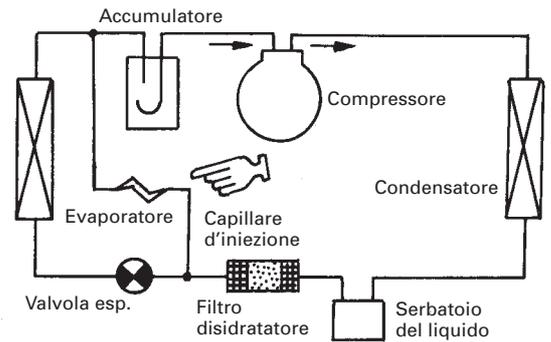


### (5) Capillare d'iniezione

Quando il carico di raffreddamento e la pressione di mandata aumentano, la temperatura del gas di mandata aumenta e il motore del compressore si surriscalda. Il capillare d'iniezione viene impiegato per evitare il surriscaldamento del motore del compressore. La struttura del capillare d'iniezione è la stessa di quella del tubo capillare; esso è collegato al compressore o al tubo di aspirazione.

Un certo volume costante di refrigerante liquido passa attraverso il capillare d'iniezione, dove il refrigerante diventa refrigerante liquido a bassa temperatura e raffredda il motore del compressore.

Fig. 4-34

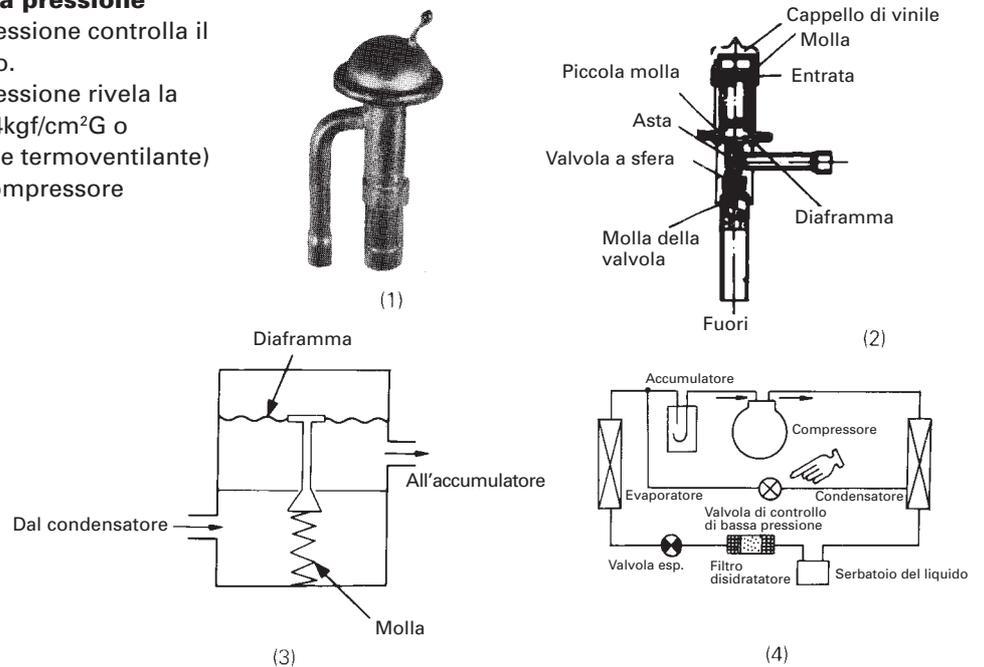


### (6) Valvola di controllo di bassa pressione

La valvola di controllo di bassa pressione controlla il funzionamento del raffreddamento.

La valvola di controllo di bassa pressione rivela la bassa pressione, che è all'incirca  $4\text{kgf/cm}^2\text{G}$  o inferiore (la pressione della sezione termoventilante) e bypassa il gas di mandata dal compressore all'accumulatore.

Fig. 4-35



### (7) Scambiatore di calore gas/liquido

Lo scambiatore di calore gas/liquido è impiegato nei multi system.

Durante il funzionamento, il refrigerante liquido ad alta pressione (prima che sia inviato alla valvola di espansione) e il refrigerante gassoso a bassa temperatura (prima che sia inviato al compressore) scambiano calore in questo scambiatore.

Il funzionamento di questo scambiatore di calore è indicato dalla linea tratteggiata nel diagramma di Mollier.

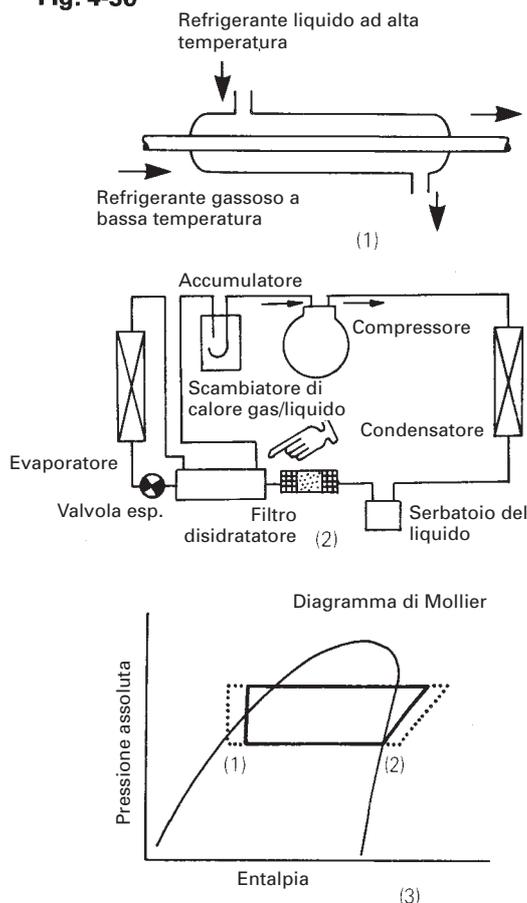
[Vedere la figura 4-36(3).]

La quantità di sottoraffreddamento aumenta e diventa difficile vaporizzare rapidamente il gas (prima che sia inviato alla valvola di espansione).

La capacità di raffreddamento aumenta.

Il gas a bassa temperatura viene scaldato ad un livello di surriscaldamento adeguato in modo da evitare la compressione umida.

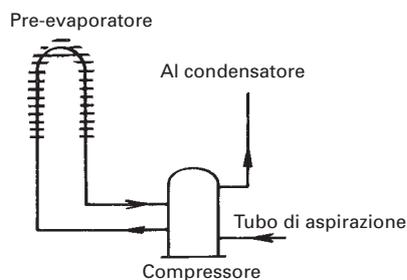
Fig. 4-36



### (8) Pre-evaporatore

Vi sono due tipi di pre-evaporatore, uno costruito come un tubo di rame a forma di U con alette di alluminio e l'altro utilizzando parte della tubazione di raffreddamento del condensatore. Entrambi i tipi funzionano per raffreddare il gas di mandata del compressore e per rinviarlo al compressore. Ciò permette di evitare il surriscaldamento del motore del compressore e diminuisce il consumo di energia.

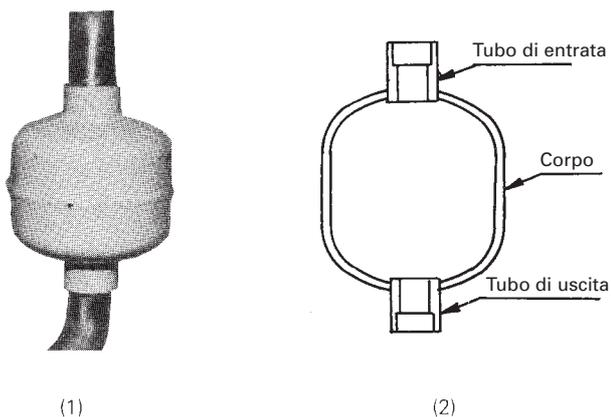
Fig. 4-37



### (9) Silenziatore

Alcuni condizionatori d'aria forniscono un silenziatore per disgregare gli impulsi di pressione che creano rumore. Il silenziatore si trova di solito tra lo scarico del compressore e il condensatore ed è installato verticalmente per fornire un moto efficiente all'olio.

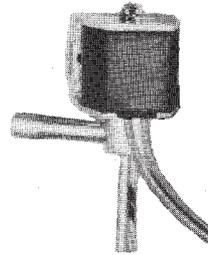
Fig. 4-38



### (10) Valvola a solenoide

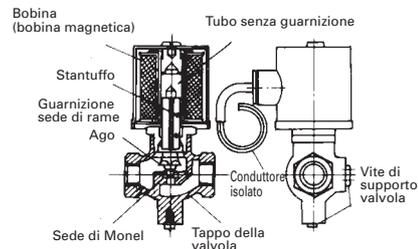
Nel caso del multi system, il flusso di refrigerante per le sezioni termoventilanti arrestate durante il raffreddamento deve essere bloccato.

La valvola a solenoide è utilizzata per aprire o chiudere il circuito del refrigerante mettendolo sotto tensione mediante attivazione/disattivazione.

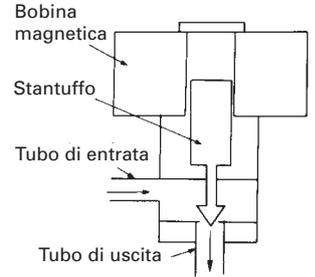


(1)

Fig. 4-39



(2)



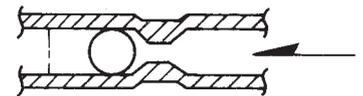
(3)

### (11) Valvola di ritenuta

Questa valvola permette al refrigerante di scorrere solo in una direzione. Come rappresentato nella figura sulla destra, la struttura è molto semplice, ma si deve prestare attenzione ad installarla nella direzione corretta. Per questa ragione, una freccia sulla sua superficie indica la direzione del flusso di refrigerante.



(1)



(2)

Fig. 4-40

## 4.3 Dispositivi di sicurezza

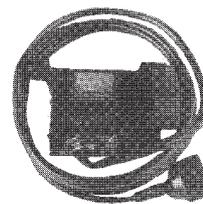
### (1) Interruttore di alta pressione (HPS)

Se la pressione del refrigerante della parte ad alta pressione diventa anormalmente alta, l'interruttore di alta pressione arresta automaticamente il funzionamento della sezione, per evitare che si guasti. È installato sul tubo di mandata.

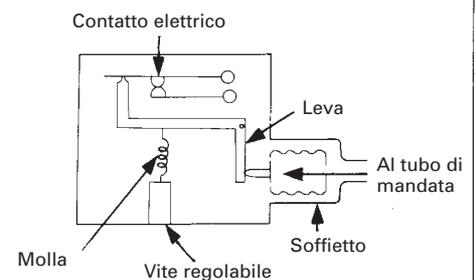
Il soffietto dell'interruttore accetta la pressione di mandata e trasmette la forza alla leva.

Quando la pressione di mandata è più alta dei parametri di pressione, il soffietto dell'interruttore spinge la leva, il contatto elettrico si apre e il compressore si arresta.

Fig. 4-41



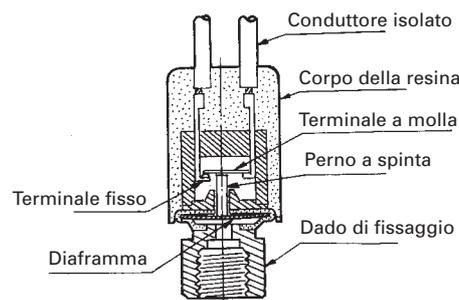
(1)



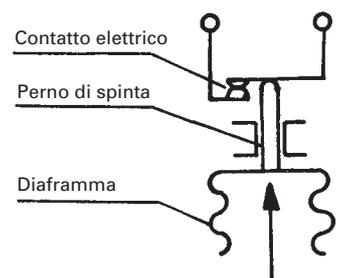
(2)



(3)



(4)



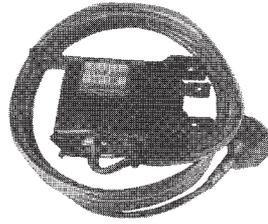
(5)

**(2) Interruttore di bassa pressione (LPS)**

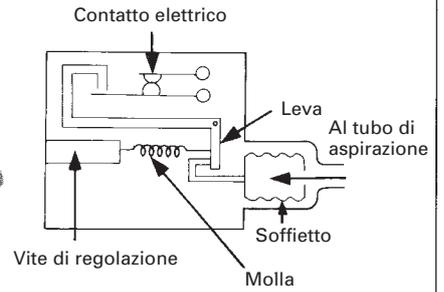
Se la pressione del refrigerante della parte a bassa pressione diventa anormalmente bassa, l'interruttore di bassa pressione arresta automaticamente il funzionamento della sezione, per evitare che si guasti. È installato sul tubo di aspirazione.

Il soffietto dell'interruttore accetta la pressione di aspirazione e trasmette la forza alla leva. Quando la pressione di aspirazione è più bassa dei parametri di pressione, il soffietto dell'interruttore tira la leva, il contatto elettrico si apre e il compressore si arresta.

**Fig. 4-42**



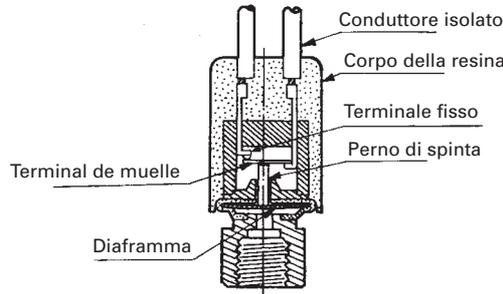
(1)



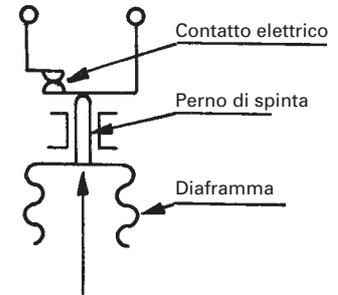
(2)



(3)



(4)



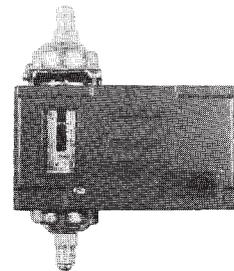
(5)

**(3) Interruttore della pressione dell'olio (OPS)**

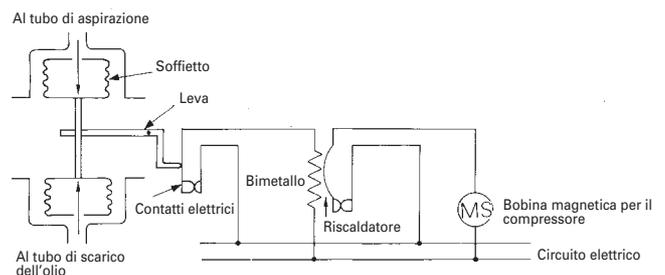
L'interruttore della pressione dell'olio viene impiegato nelle sezioni di grandi dimensioni che hanno il compressore semiermetico per evitare la fusione del metallo del compressore. È installato sul tubo di mandata.

Quando la pressione dell'olio non raggiunge il livello richiesto entro un determinato periodo di tempo (circa 45 secondi dopo l'avvio del compressore), questo interruttore inizierà a funzionare automaticamente per arrestare il compressore ed evitarne la fusione.

**Fig. 4-43**



(1)



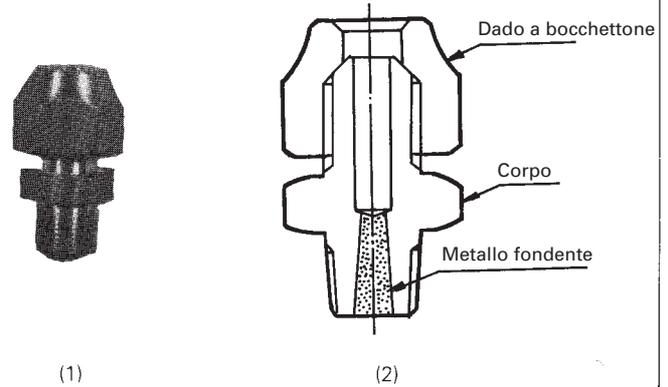
(2)

#### (4) Tappo fusibile

In caso di incendio o quando l'interruttore di alta pressione non funziona correttamente, il tappo fusibile sulla valvola di sicurezza (descritta in seguito) evita che si verifichino incidenti alla sezione. Il tappo fusibile è impiegato nelle sezioni di piccola unità ed è installato nel condensatore o nel tubo del liquido tra il condensatore e il dispositivo di regolazione.

Quando la temperatura di condensazione diventa più elevata della regolazione di temperatura (circa 70-75°C), il metallo del fusibile fonde e il refrigerante fuoriesce.

Fig. 4-44



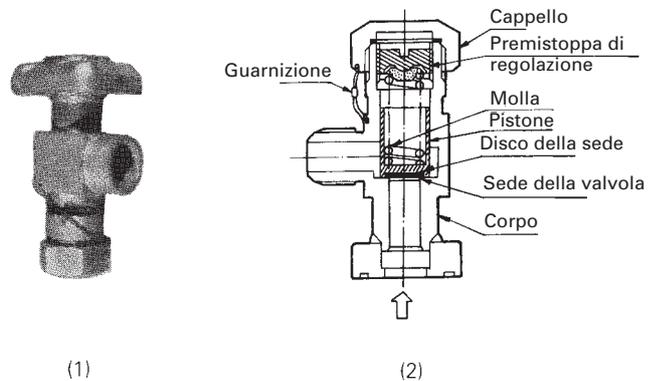
#### (5) Valvola di sicurezza (valvola limitatrice di pressione)

La funzione di questa valvola è la stessa di quella del tappo fusibile.

La valvola di sicurezza è impiegata nelle sezioni di grandi dimensioni ed è installata nel condensatore.

Quando la pressione di condensazione diventa più alta della regolazione di pressione, tale pressione provoca l'apertura della valvola e il refrigerante fuoriesce.

Fig. 4-45





## Capitolo 5 Collegamenti elettrici

5.1	Principi essenziali .....	84
5.1.1	Regole per l'utilizzo dei simboli grafici .....	84
5.1.2	Simboli grafici fondamentali .....	84
5.1.3	Contatti .....	85
5.2	Componenti elettrici .....	87
(1)	Commutatore rotante .....	87
(2)	Termostato .....	88
(3)	Relè di avviamento e condensatore .....	89
(4)	Protezione a inversione di fase .....	90
(5)	Protezione interna (IP) .....	90
(6)	Protezione termica del compressore (CTP) .....	91
(7)	Relè di sovracorrente (OC) .....	91
(8)	Termostato di protezione antigelo .....	92
(9)	Timer di protezione .....	92
(10)	Commutatore .....	93
(11)	Varistore .....	93
(12)	Trasformatore .....	93
5.3	Schemi elettrici tipici .....	94
5.3.1	Circuito principale .....	95
5.3.2	Circuito di funzionamento del ventilatore .....	95
5.3.3	Circuito di funzionamento del compressore .....	95
5.3.4	Circuito del dispositivo di sicurezza .....	96
5.3.5	Circuito del dispositivo di blocco .....	96

## Capitolo 5 Collegamenti elettrici

È importante che i tecnici dell'assistenza comprendano molto bene gli schemi elettrici per poter diagnosticare i guasti. In questo grafico sono descritte le regole su come leggere gli schemi elettrici, la struttura e la funzione dei dispositivi elettrici utilizzati nei condizionatori d'aria e i simboli grafici dei diagrammi.

### 5.1 Principi essenziali

#### 5.1.1 Regole per l'utilizzo dei simboli grafici

Tutti i simboli grafici mostrano lo stato di riposo di tutti i dispositivi o circuiti elettrici e che essi sono disinseriti dall'alimentazione; p.e.

- Tutti gli alimentatori sono disinseriti.
- I dispositivi elettrici da controllare e i circuiti elettrici si trovano nello stato di riposo.
- I dispositivi e i circuiti elettrici sono lasciati nello stato di disinnesco.
- I dispositivi e i circuiti elettrici si trovano nello stato di ripristino.

Tuttavia, i dispositivi che non sono impediti nelle loro funzioni, in qualunque stato si trovino, come i contatti di commutazione, vengono indicati nello stato desiderato. (Per esempio, l'interruttore di commutazione per RAFFREDDAMENTO/RISCALDAMENTO.)

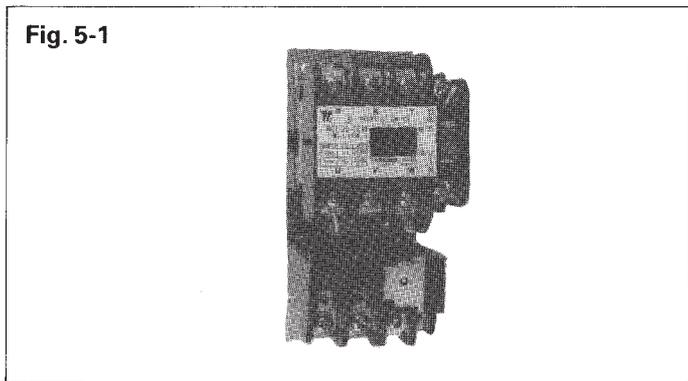
#### 5.1.2 Simboli grafici fondamentali

Significato	Simbolo	Osservazioni
Conduttori (Installati in fabbrica)		
Conduttori (Installati localmente)		
Conduttori isolati a incrocio (Non collegati)		Non indicarlo come sotto. 
Conduttori isolati a incrocio (Collegati)		Mettere ● nel punto di intersezione.
Derivazione di conduttori isolati		Mettere ● nel punto di derivazione.
Morsetto		Scrivere il N° del morsetto e il simbolo se associato a questo simbolo.

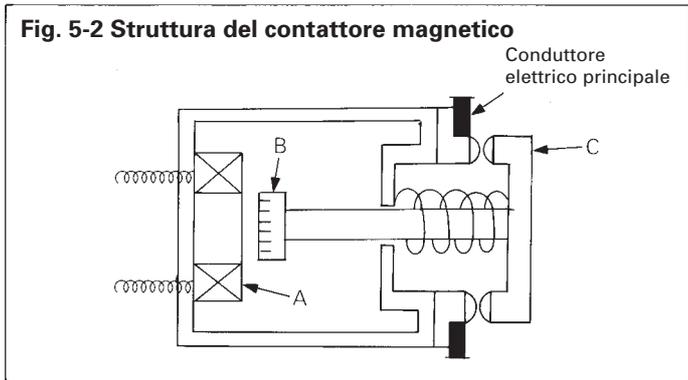
Racchiudere ciò che si trova nello stesso dispositivo.		Es.
Collegamento		Es.
Motore del compressore (3 fasi)		
Motore del compressore (monofase)		
Motore del ventilatore (3 fasi)		
Motore del ventilatore (monofase)		
Illuminazione		oppure
Bobine		Bobine per relè, timer, ecc.
Solenoide		
Fusibile (Tipo a tubo o a tappo)		In caso di tipo aperto (Scoperto) 
Interruttore		
Condensatore generale		
Condensatore elettrolitico		
Condensatore variabile		
Resistore		
Raddrizzatore		
Collegamento a massa		Non autorizzato.

### 5.1.3 Contatti

#### (1) Contattore magnetico

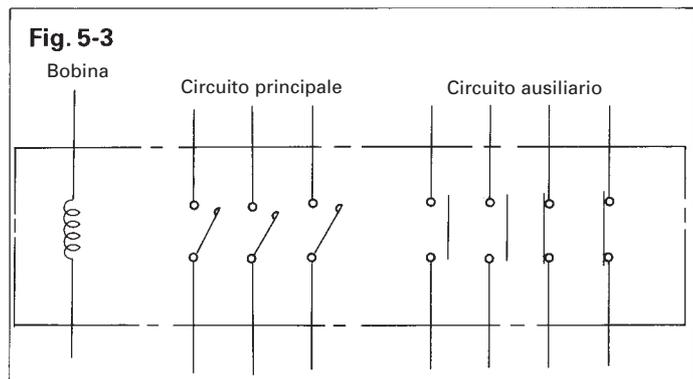


- **Struttura**  
Il contattore magnetico è costituito dal magnete, i contatti principali, i contatti ausiliari e le parti per i collegamenti. Il magnete è un nucleo di ferro avvolto da una bobina. Applicando una tensione ad entrambe le estremità della bobina, l'albero viene spostato da una molla ed apre e chiude i contatti. I contatti sono a base di una lega di argento-nichel allo scopo di resistere a correnti elettriche elevate e possono aprirsi e chiudersi parecchie decine di migliaia di volte.



- **Funzionamento**  
Quando la bobina A viene messa sotto tensione, la bobina diventa un magnete. Questo magnete attira il nucleo di ferro B. Il contatto C si chiude e la corrente passa. Il contattore magnetico è utilizzato per avviare il motore del compressore o il motore del ventilatore.

- **Simbolo**



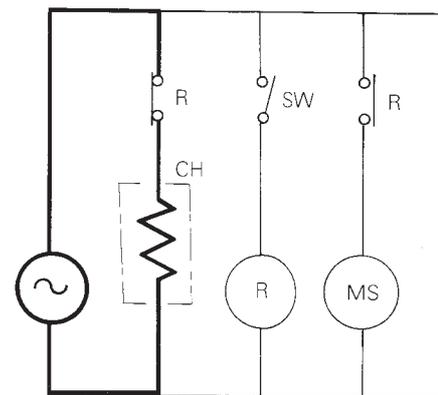
#### (2) contacto a y contacto b

Los símbolos para los contactos de relé que están normalmente abiertos o normalmente cerrados se indican a continuación.

Tabella 5-1

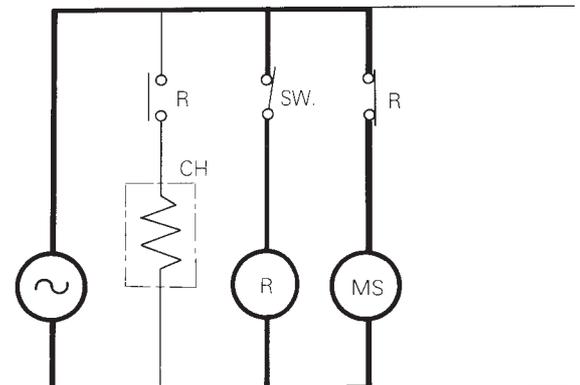
	Bobina	
	Disalimentato (Condizione normale)	Alimentato
<b>Contatto a</b> 	Aperto 	Chiuso 
<b>Contatto b</b> 	Aperto 	Chiuso 

Fig. 5-4



Quando la bobina (R) è disalimentata (quando SW è aperto), il contatto a si apre (quindi (MS) è disalimentato), e il contatto b si chiude (quindi CH è alimentato).

Fig. 5-5



Quando la bobina (R) è alimentata (quando SW è chiuso), il contatto a si chiude (quindi (MS) è alimentato), e il contatto b si apre (quindi CH è disalimentato).

(3) Tipi di contatti

I vari tipi di contatti sono indicati di seguito.

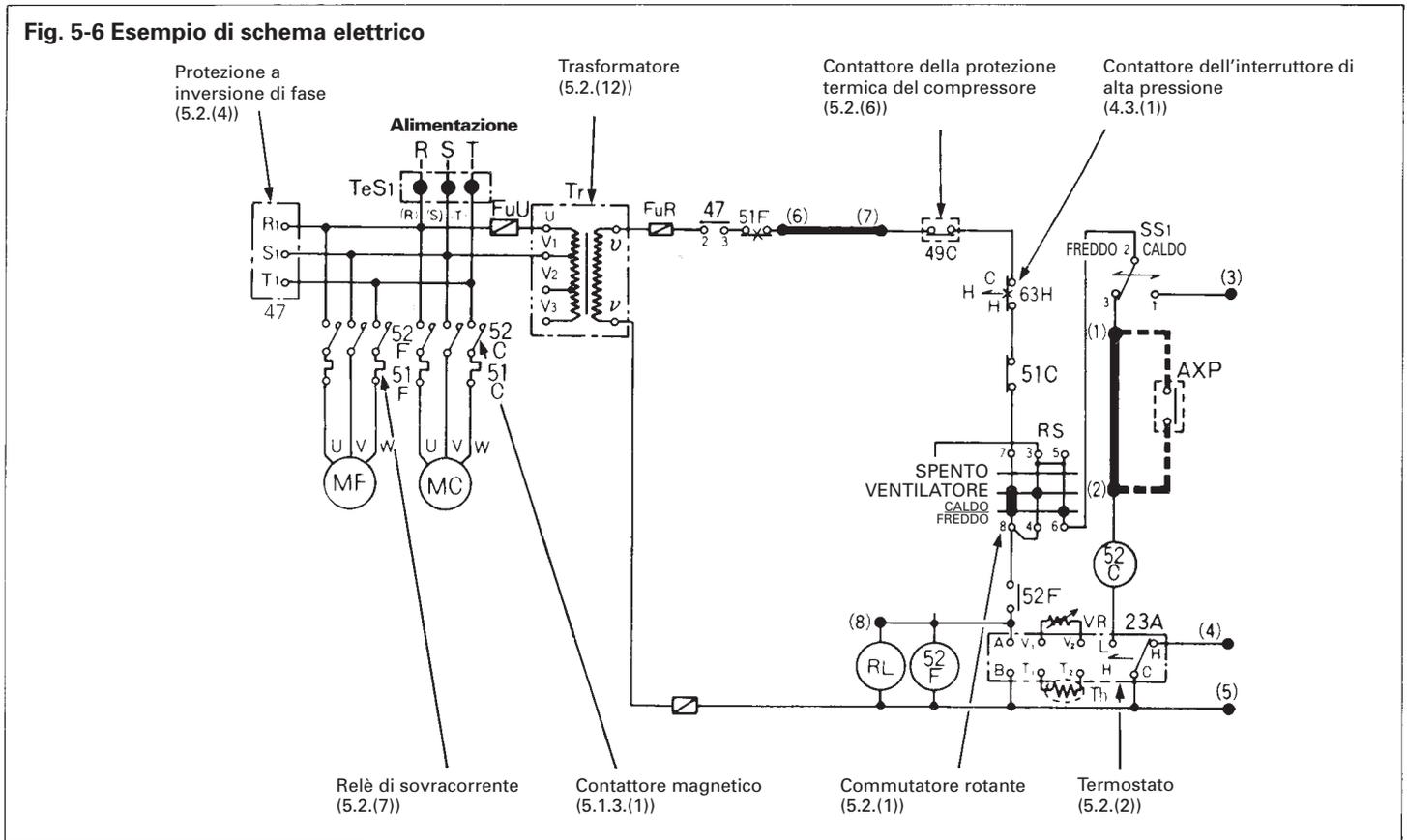
Tabella 5-2

N°	Contatto a	Contatto b	Nota
1. Contatto			Il contatto per un relè, ecc.
2. Contatto			Quando la bobina è alimentata, il contatto <b>a</b> si chiude o il contatto <b>b</b> si apre. Una volta che questo contatto si apre o si chiude, si deve premere il pulsante di ripristino. (Ripristino manuale)
3. Interruttore			Quando viene premuto, il contatto <b>a</b> si chiude o il contatto <b>b</b> si apre. Se viene sbloccato, il contatto <b>a</b> si apre o il contatto <b>b</b> si chiude.
4. Interruttore			Quando viene premuto, il contatto <b>a</b> si chiude o il contatto <b>b</b> si apre. Anche se viene sbloccato, il contatto <b>a</b> resta chiuso o il contatto <b>b</b> resta aperto.
5. Contatto del timer			Quando la bobina del timer è alimentata, il contatto <b>a</b> si chiude o il contatto <b>b</b> si apre dopo un determinato periodo di tempo. Questo contatto viene rifatto subito dopo che la sua bobina è disalimentata.
6. Contatto del timer			Quando la bobina del timer è alimentata, il contatto <b>a</b> si chiude o il contatto <b>b</b> si apre immediatamente. Dopo un determinato periodo di tempo questo contatto viene rifatto, dato che la bobina era disalimentata.

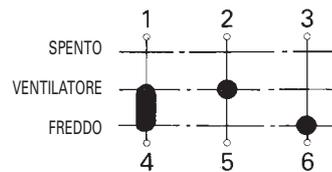
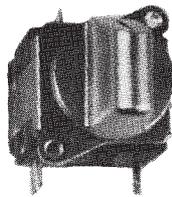
## 5.2 Componenti elettrici

Come indicato nella figura 5-6, vengono utilizzati vari componenti elettrici nel circuito elettrico. I principali componenti elettrici impiegati nei condizionatori d'aria sono indicati di seguito.

**Fig. 5-6 Esempio di schema elettrico**



### (1) Commutatore rotante



Un punto nero (●) significa che il contatto è chiuso.

**Tabella 5-3**

		1	2	3	1-4	2-5	3-6
	Quando l'interruttore rotante si trova su SPENTO (OFF), tutti i contatti sono aperti, poiché non vi sono punti neri.	○	○	○	Aperto	Aperto	Aperto
	Quando l'interruttore rotante si trova su "VENTILATORE", i contatti 1-4 e 2-5 sono chiusi, poiché vi è un punto nero tra 1 e 4 o 2 e 5.	○	○	○	Chiuso	Chiuso	Aperto
	Quando l'interruttore si trova sulla posizione "FREDDO", i contatti 1-4 e 3-6 sono chiusi, poiché vi è un punto nero tra 1 e 4 o 3 e 6.	○	○	○	Chiuso	Aperto	Chiuso

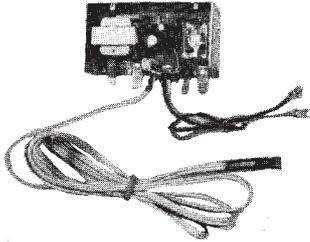
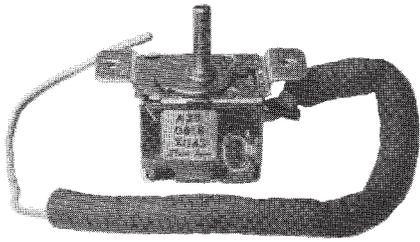
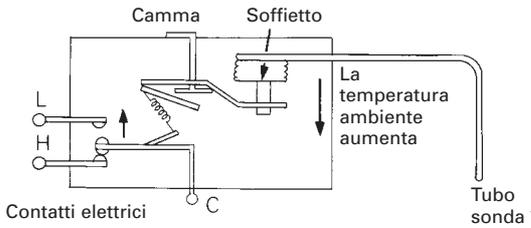
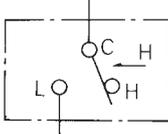
## (2) Termostato

Il termostato rileva la temperatura dell'aria di aspirazione e controlla il funzionamento del compressore.

Sono disponibili due tipi di termostato, uno è il termostato meccanico e l'altro è il termostato elettrico.

Il confronto tra il termostato meccanico e il termostato elettrico è indicato nella tabella 5-4.

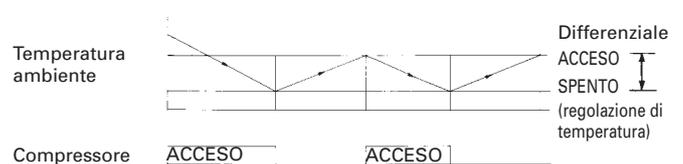
**Tabella 5-4 Confronto tra il termostato elettrico e il termostato meccanico**

	Termostato elettrico	Termostato meccanico
Rilevazione della temperatura	Variazione della resistenza del termistore	Variazione di pressione nel tubo sonda
Funzionamento del circuito	Variando la resistenza del termistore, il relè dell'amplificatore a transistor viene aperto e chiuso.  Funzionamento monofase o multifase (funzionamento a 1, 2, 4 fasi)	Variando la pressione del tubo sonda, il soffiETTO viene trasformato e il contatto elettrico si apre o si chiude.  Funzionamento monofase
Posizione	Resistore variabile	Fuerza del muelle
Struttura		
		
Simbolo		

### Funzionamento

Quando la temperatura ambiente scende al valore della posizione del termostato, il compressore si arresta. Quando la temperatura ambiente diventa più elevata della temperatura che è uguale al valore della posizione del termostato più la temperatura differenziale, il compressore si avvia di nuovo. Il funzionamento si ripete per mantenere la temperatura ambiente al valore della posizione del termostato.

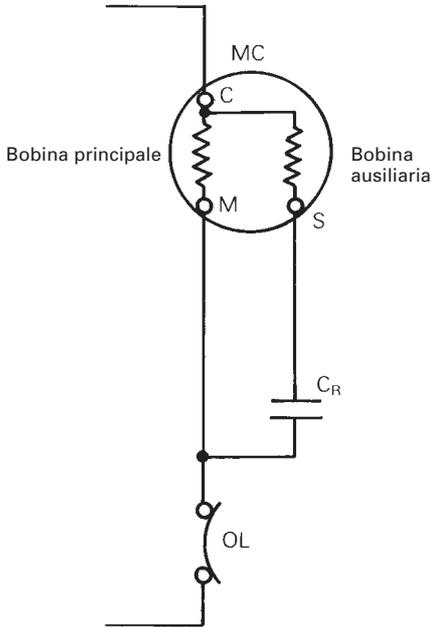
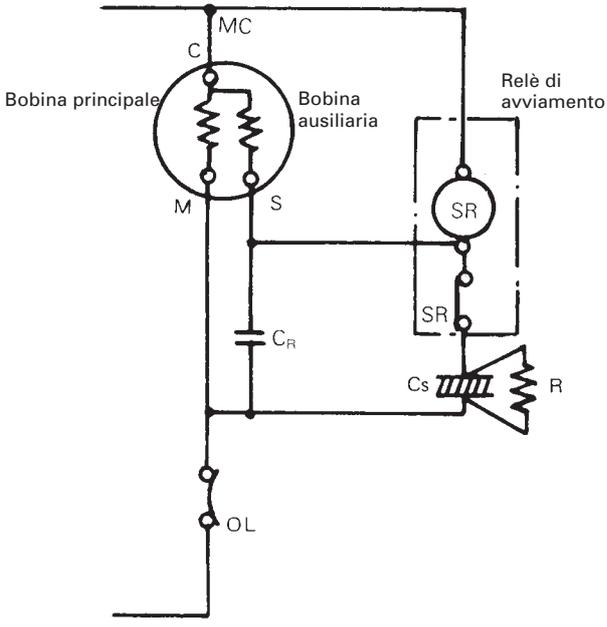
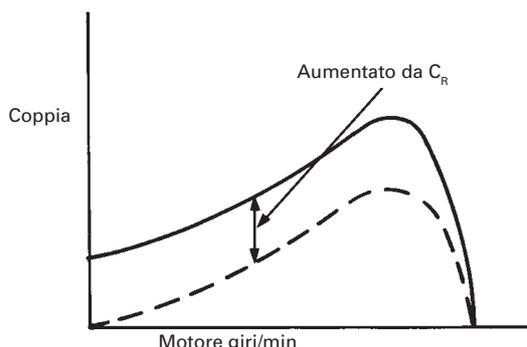
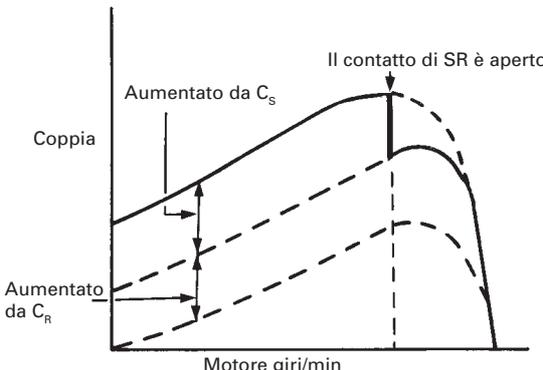
Funzionamento  
Funzionamento monofase



### (3) Relè di avviamento e condensatore

Il condensatore di avviamento e il relè di avviamento sono forniti allo scopo di avviare il compressore. Si utilizzano due metodi per avviare il compressore con il motore a induzione monofase. Uno è il metodo PSC (motore con avviamento capacitivo permanente) e l'altro è il metodo CSR (motore con avviamento a condensatore).

Tabella 5-5

Metodo PSC	Metodo CSR
Usato nelle sezioni con il tubo capillare	Usato nelle sezioni con la valvola di espansione
	
 <p>Nel caso del motore a induzione monofase, la coppia di avviamento viene ottenuta dalla differenza di fase tra la bobina principale e quella ausiliaria. Il condensatore (<math>C_R</math>) genera la differenza di fase.</p>	 <p>La sezione con la valvola di espansione richiede una coppia più elevata per avviare il motore del condensatore. Viene quindi aggiunto il condensatore di avviamento (<math>C_S</math>) per ottenere una coppia sufficiente per l'avviamento. Quando la velocità di rotazione aumenta e la tensione della bobina ausiliaria (la tensione della bobina del relè di avviamento) aumenta al valore della tensione di funzionamento, il contatto si apre. Funziona nella stessa maniera del metodo PSC.</p>

#### (4) Protezione a inversione di fase

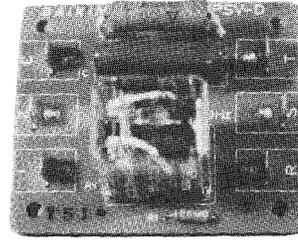
La direzione di rotazione del compressore rotativo è fissa. Se viene fatto ruotare in modo inverso, a causa di qualche problema, i processi di aspirazione e di mandata sono invertiti. Perciò, il compressore inala il refrigerante dalla tubazione di mandata e lo scarica nella tubazione di aspirazione. In caso di motore a tre fasi, la direzione di rotazione sarà invertita se vengono scambiati i collegamenti di due qualsiasi dei tre cavi. La protezione a inversione di fase evita la rotazione del compressore.

La teoria di funzionamento è indicata sulla destra.

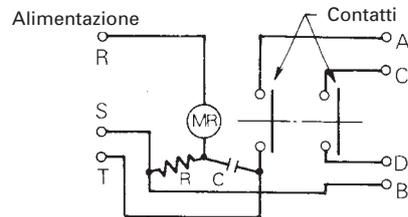
Quando i cavi sono collegati alle fasi corrette, il relè magnetico (MR) funziona e i contatti sono chiusi.

Quindi, il circuito è messo sotto tensione.

Quando i cavi sono collegati alle fasi sbagliate, l'MR non funziona e i contatti sono aperti. Quindi, il circuito viene disalimentato.



#### Teoria di funzionamento



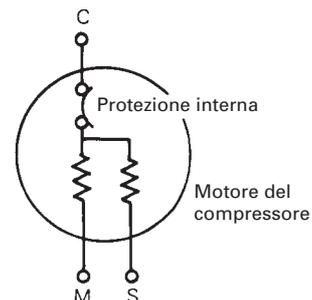
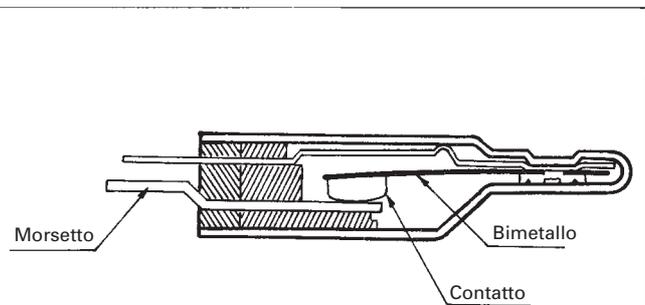
MR: Relè magnetico  
R : Resistore  
C : Condensatore

#### (5) Protezione interna (IP)

La protezione interna evita la bruciatura del motore del compressore mediante la rivelazione della temperatura della bobina del motore durante il funzionamento.

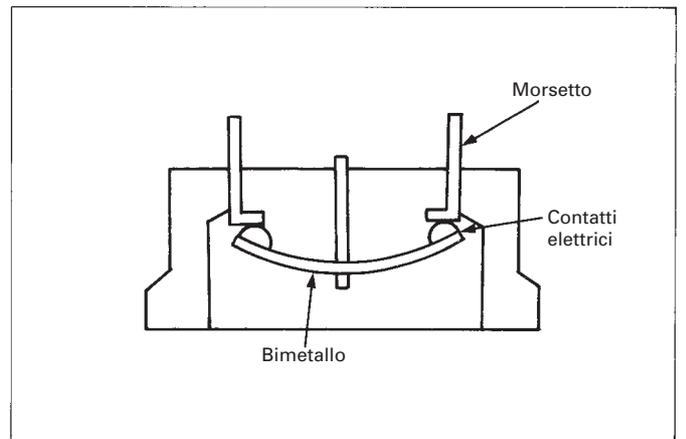
La protezione interna è installata in modo tale che può essere direttamente in contatto con la bobina del motore all'interno del compressore.

Quando la temperatura della bobina del motore diventa più elevata della regolazione di temperatura, il bimetallo viene trasformato, i contatti elettrici sono aperti e il compressore si arresta.



### (6) Protezione termica del compressore (CTP)

La protezione termica del compressore serve ad evitare la bruciatura del motore del compressore mediante la rivelazione della temperatura della testata del compressore durante il funzionamento. La protezione termica del compressore è un interruttore a bimetallo fissato sulla testata del compressore. Quando la temperatura della bobina del motore diventa troppo alta, la temperatura della testata del compressore diventa più alta della regolazione di temperatura, il bimetallo viene trasformato, i contatti elettrici sono aperti e il compressore si arresta.

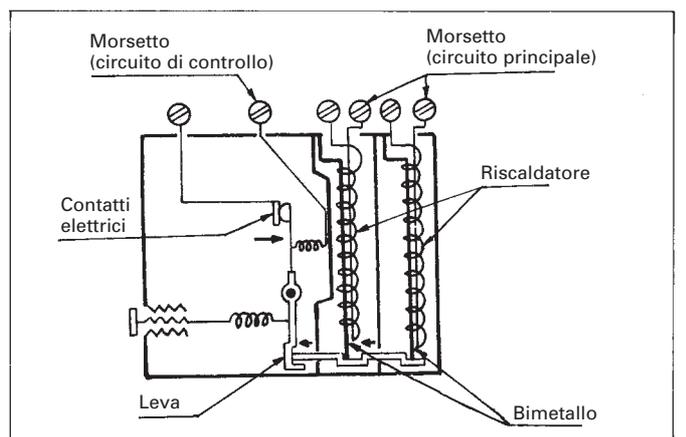
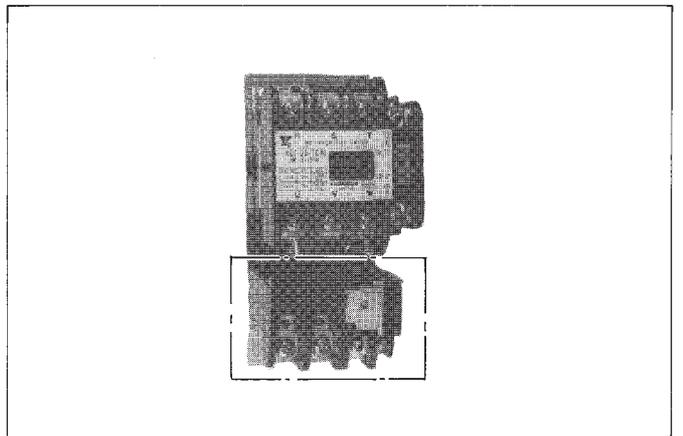


### (7) Relè di sovracorrente (OC)

Il relè di sovracorrente è fornito per evitare che il motore del ventilatore e il motore del compressore vengano bloccati all'avviamento o bruciati durante il funzionamento.

Il relè di sovracorrente è installato nel quadro elettrico.

Quando la corrente del motore diventa più elevata della regolazione di corrente, il bimetallo viene riscaldato dalla sovracorrente e trasformato in modo che i contatti elettrici si aprano e il motore si arresti. Il relè di sovracorrente verrà rimesso allo stato iniziale in pochi minuti e il funzionamento riprende. Questo ciclo viene ripetuto. In questo modo il funzionamento può essere riavviato solo dopo che il guasto è stato trovato e riparato. Poiché i parametri dell'OC vengono determinati individualmente per ciascuna sezione dopo le prove, i parametri non devono essere assolutamente cambiati se viene sostituito. Quando è attivato, il riscaldatore successivo viene riscaldato dalla sovracorrente e questo calore provoca lo spostamento del bimetallo e l'apertura del circuito.



### (8) Termostato di protezione antigelo

Se un condizionatore d'ambiente viene fatto funzionare a temperatura ambiente bassa, lo scambiatore di calore interno viene facilmente coperto di brina, il che può non solo provocare una diminuzione della capacità ma anche fuoriuscita di acqua nel locale.

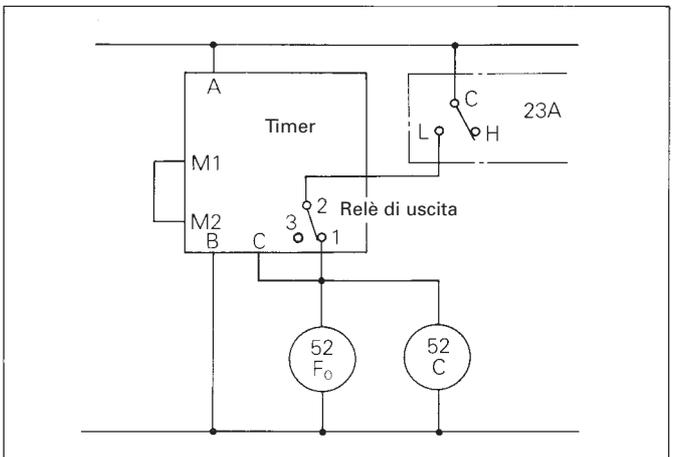
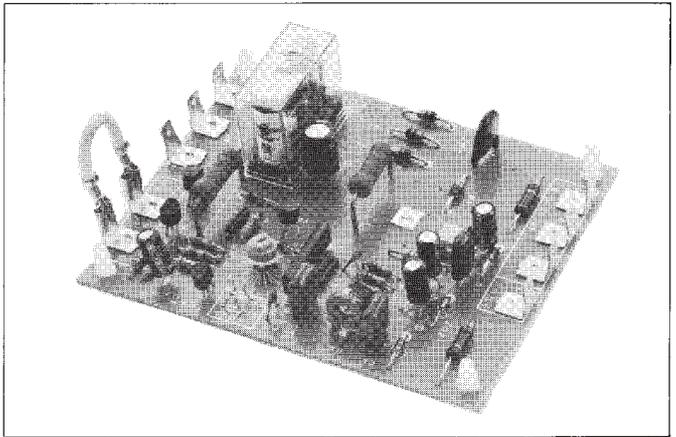
Il termostato di protezione antigelo evita questi problemi.



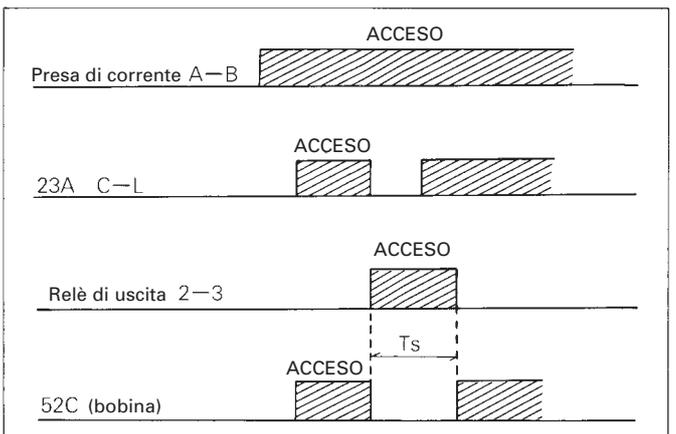
### (9) Timer di protezione

Se un condizionatore d'aria viene posizionato su SPENTO e rimesso rapidamente su ACCESO, il compressore non si avvia, il motore si surriscalda e il relè di sovraccarico può funzionare a causa della grande differenza tra la bassa e l'alta pressione subito dopo l'arresto del condizionatore d'aria, il che mette troppo carico di avviamento sul compressore. Il condizionatore d'aria deve rimanere nella condizione di arresto per un certo tempo dopo che è stato spento. Quindi, la funzione del timer è di evitare che il compressore funzioni per un certo tempo dopo aver spento il condizionatore d'aria.

Si utilizzano due tipi di timer, uno meccanico e uno elettronico. Il primo viene usato nei condizionatori d'ambiente e il secondo nei condizionatori d'aria monoblocco.

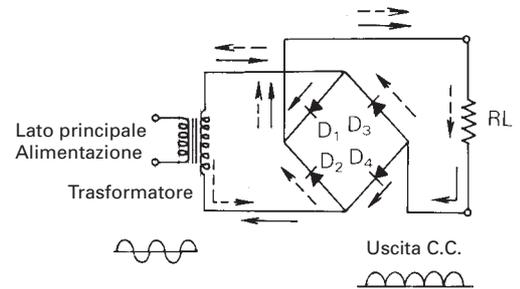
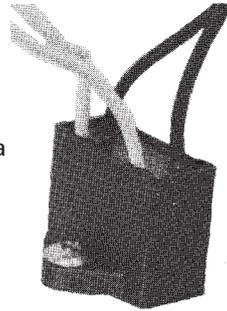


Quando i contatti C-L sono chiusi,  $\text{52C}$  viene messo sotto tensione. Nel momento in cui questo circuito viene disalimentato (i contatti C-H sono chiusi), il relè di uscita si sposta su 3. Dopo un intervallo di tempo fissato ( $T_s$ ), ritorna su 1. Mentre  $\text{52C}$  non viene disalimentato anche se i contatti C-L sono chiusi.



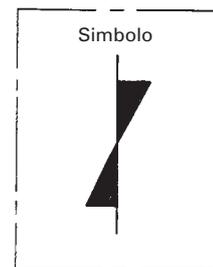
### (10) Commutatore

Per alcuni condizionatori d'ambiente, si utilizza corrente continua per eccitare il contattore magnetico. Il commutatore converte la corrente alternata in corrente continua mediante la funzione di commutazione dei diodi di commutazione. I diodi di commutazione lasciano passare la corrente in un'unica direzione. La corrente passa nel modo indicato nella figura sulla destra.



### (11) Varistore

Il varistore è uno dei dispositivi di sicurezza delle schede dei circuiti stampati. Quando viene applicata alla sezione una tensione anormalmente alta, questo dispositivo fonde. È installato sulla scheda del circuito stampato.



### (12) Trasformatore

Il trasformatore trasforma la tensione della presa di corrente in una tensione adatta al circuito di controllo. Questo processo viene descritto di seguito. Il rapporto della tensione secondaria alla tensione primaria è uguale al rapporto del numero di giri secondari al numero di giri primari.

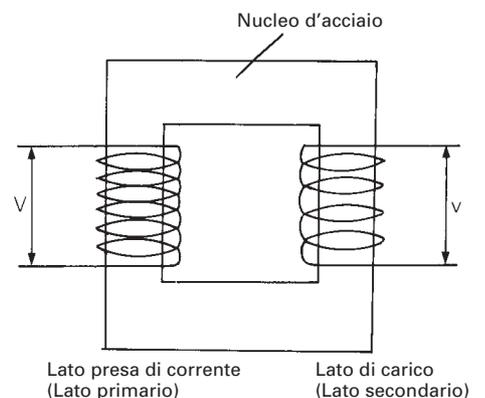
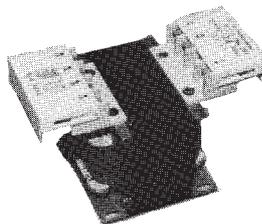
$$\frac{v}{V} = \frac{n}{N}$$

$v$  : Tensione secondaria

$V$  : Tensione primaria

$n$  : Numero di giri secondari

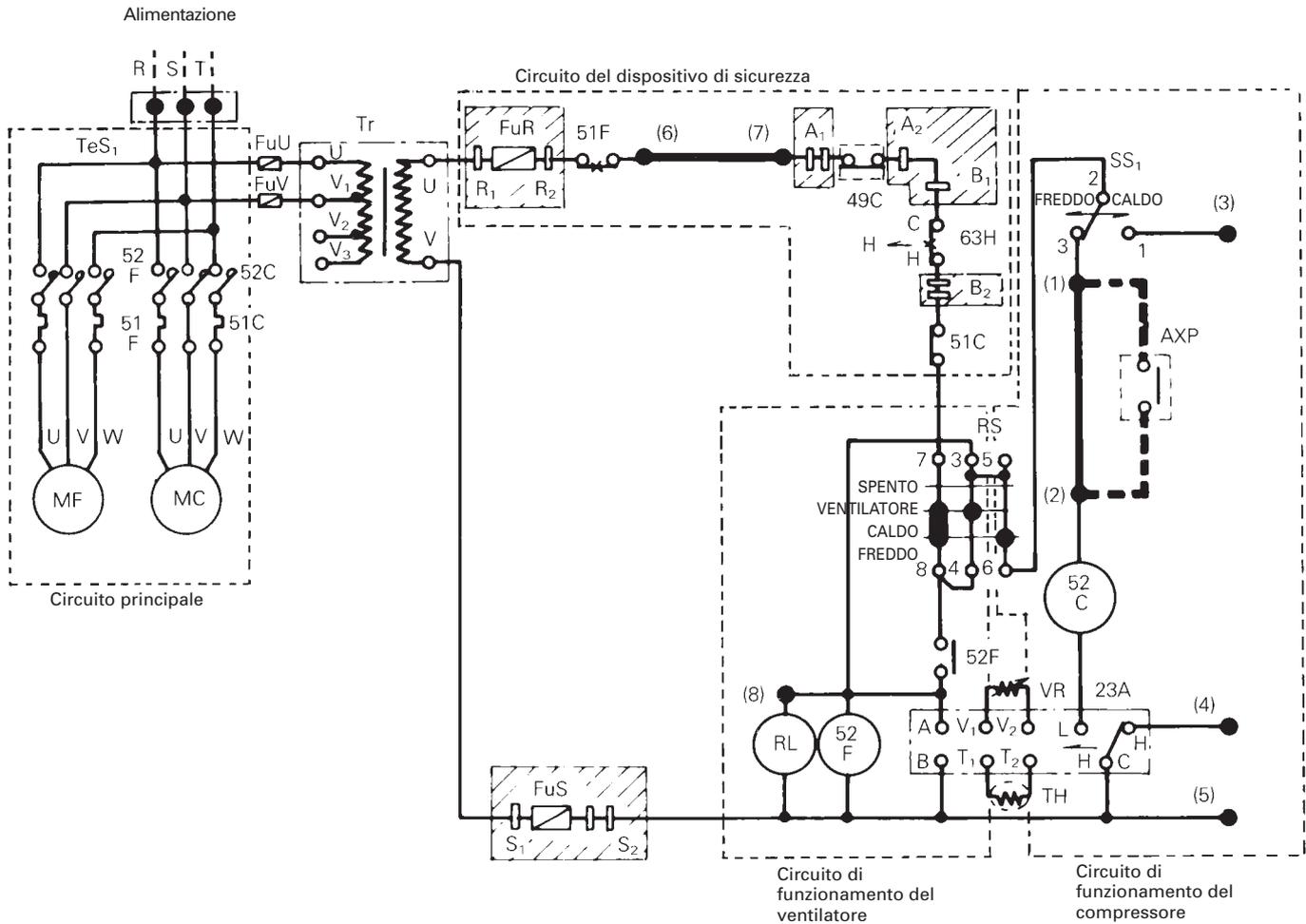
$N$  : Numero di giri primari



### 5.3 Schemi elettrici tipici

Lo schema elettrico completo di un condizionatore d'aria monoblocco raffreddato ad acqua è rappresentato nella figura 5-7.

Fig. 5-7



Per un principiante potrebbe sembrare uno schema piuttosto complicato. Tuttavia, un circuito così complicato può essere suddiviso in diversi circuiti che variano a seconda delle funzioni, come indicato qui sotto.

1. Circuito principale
2. Circuito di funzionamento del ventilatore
3. Circuito di funzionamento del compressore  
(Il circuito di funzionamento del compressore include il circuito del dispositivo di blocco.)
4. Circuito del dispositivo di sicurezza

### 5.3.1 Circuito principale

**52F Contattore magnetico** (Per il motore del ventilatore)  
 Quando la bobina di questo contattore magnetico (52F) del circuito di funzionamento del ventilatore) viene messa sotto tensione, i contatti si chiudono e il motore del ventilatore (MF) viene messo sotto tensione.

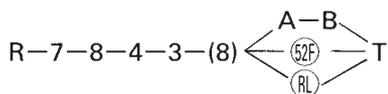
**52C Contattore magnetico** (Per il motore del compressore)  
 Funziona esattamente come il contattore magnetico del motore del ventilatore.

**51F Relè di sovracorrente** (Per il motore del ventilatore)  
 Se la corrente del motore diventa più elevata della regolazione di corrente, il contatto **b** (51F del circuito del dispositivo di sicurezza) si apre e il motore si ferma.

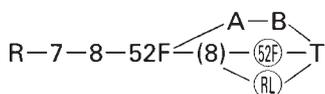
**51C Relè di sovracorrente** (Per il motore del compressore)  
 Funziona esattamente come il relè di sovracorrente del motore del ventilatore.

### 5.3.2 Circuito di funzionamento del ventilatore

**RS Interruttore rotante**  
 Posizionando l'interruttore rotante su VENTILATORE, il circuito viene chiuso, come indicato di seguito.



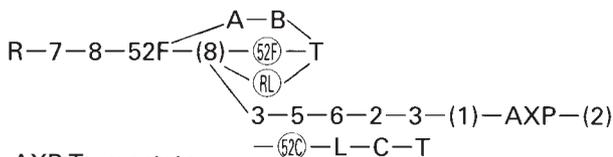
**52F Bobina magnetica del motore del ventilatore**  
 Quando 52F viene messa sotto tensione, il contatto **a** di 52F si chiude e la corrente passa, come indicato sotto.



**23A Termostato**  
 Quando si applica una tensione tra A e B, il controllore di temperatura rileva la temperatura dell'aria di aspirazione e fa funzionare i contatti del compressore di funzionamento del circuito. (Fare riferimento al circuito di funzionamento del compressore e al punto 5.3.3.)

### 5.3.3 Circuito di funzionamento del compressore

**RS Interruttore rotante**  
 Posizionando l'interruttore rotante su FREDDO, il circuito viene chiuso, come indicato sotto, se C-L di 23A e AXP sono chiusi,



**AXP Termostato**  
 Fare riferimento al punto 5.3.5, circuito del dispositivo di blocco

**52C Bobina magnetica del motore del compressore**  
 Se 52C viene messa sotto tensione, il contatto di 52C del circuito principale si chiude e il compressore (MC) si avvia.

**23A**  
 Se la temperatura ambiente è più alta della regolazione di temperatura del termostato, il contatto si sposta su L. Se la temperatura ambiente è più bassa di questa temperatura, il contatto si sposta su H.

Fig. 5-8 Circuito principale

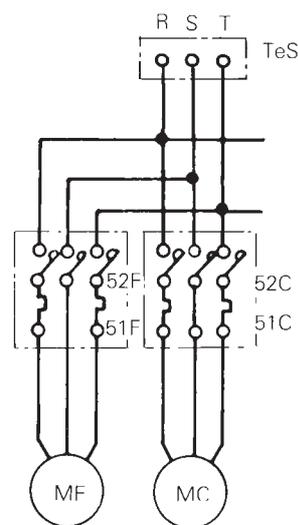


Fig. 5-9 Circuito di funzionamento del ventilatore

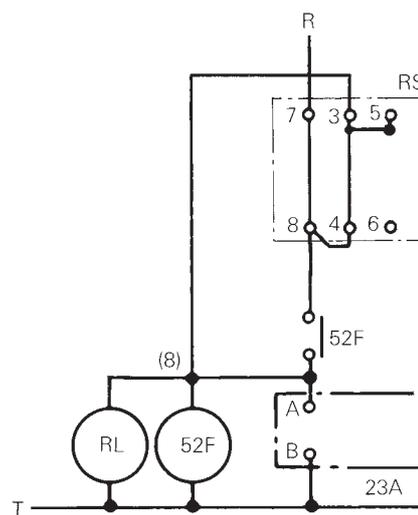
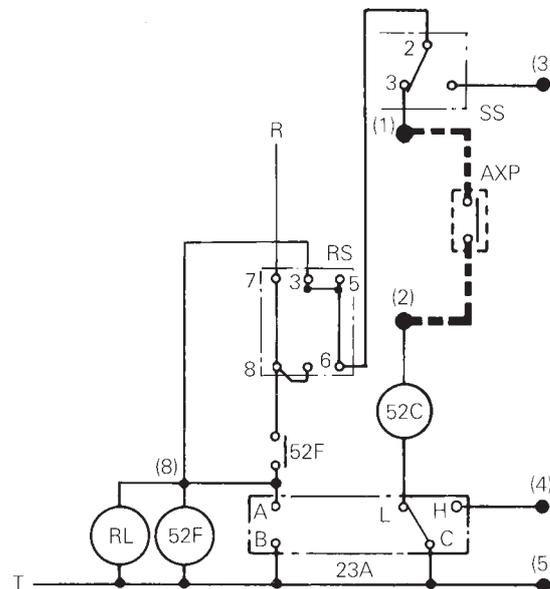


Fig. 5-10 Circuito di funzionamento del compressore



### 5.3.4 Circuito del dispositivo di sicurezza

Se il dispositivo di sicurezza è attivato, tutti i funzionamenti si fermano.

#### 49C Protezione termica del compressore

Quando la temperatura della bobina del motore diventa più alta della regolazione di temperatura, il contatto elettrico si apre e il circuito viene aperto.

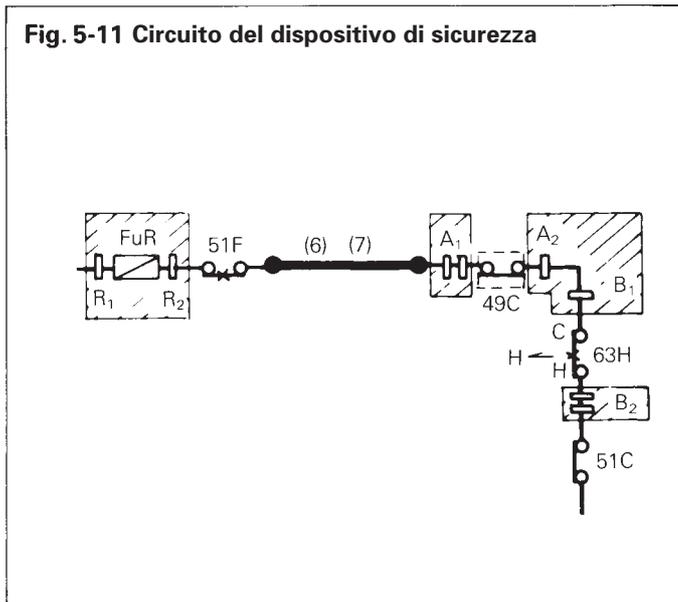
#### 63H Interruttore di alta pressione

Se la pressione di mandata diventa più alta della regolazione di pressione, il contatto elettrico si apre e il circuito viene aperto.

Dopo che ha funzionato, premere il pulsante di rimessa allo stato iniziale per avviare di nuovo la sezione. (Se è di tipo a ripristino manuale)

#### 51C, 51F Relè di sovracorrente

Fare riferimento al punto 5.3.1. Circuito principale.



### 5.3.5 Circuito del dispositivo di blocco

#### AXP (52P)

Nel caso di condizionatori d'aria raffreddati ad acqua, il contattore magnetico del motore della pompa per l'acqua del condensatore viene utilizzato come contatto interbloccato. La bobina (52P) non viene mai messa sotto tensione prima della bobina (52P).

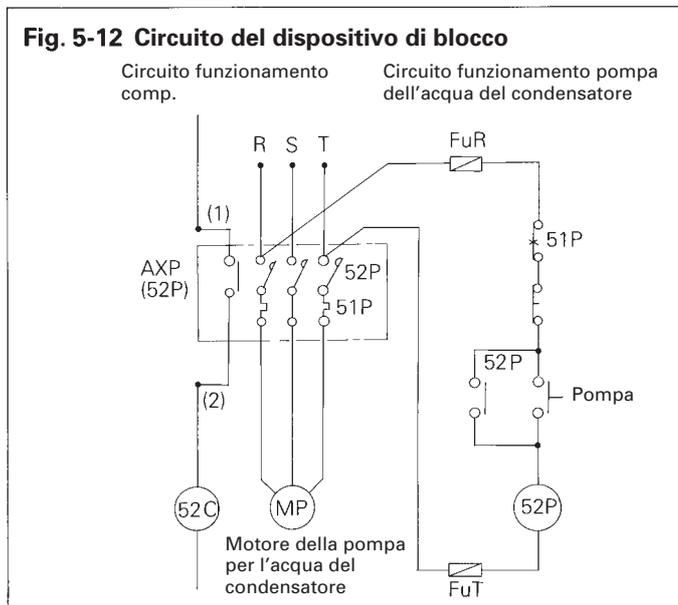
Permette di evitare che il compressore funzioni senza l'attivazione della pompa dell'acqua del condensatore.

#### Attenzione:

Accertarsi di fornire i contatti interbloccati nel circuito di funzionamento del compressore.

Non cortocircuitare mai tra i morsetti (1) e (2).

(Accertarsi di togliere il filo del ponticello tra (1) e (2), prima di fornire il cablaggio locale.)



## Capitolo 6 Funzionamenti di base

6.1 Tubazioni .....	98
6.1.1 Svasatura .....	98
6.1.2 Piegatura .....	101
6.1.3 Brasatura .....	103
6.1.4 Serraggio di giunzioni a bocchettone .....	107
6.2 Come usare il raccordo del manometro .....	108
6.3 Funzionamento delle valvole .....	109
6.3.1 Valvole d'arresto a tre vie .....	109
6.3.2 Valvole a sfera .....	110
6.3.3 Valvole d'arresto a due vie .....	110
6.3.4 Valvole di controllo automatiche .....	110
6.4 Verifica delle perdite .....	111
6.4.1 Metodo di prova per la tenuta d'aria .....	111
6.4.2 Come usare i rivelatori delle perdite di refrigerante .....	112
6.5 Evacuazione .....	114
6.6 Carica di refrigerante .....	116
6.6.1 Come usare uno strumento di pesata .....	116
6.6.2 Come usare il cilindro di carica .....	117
6.7 Svuotamento .....	118
6.8 Come usare gli strumenti di misura .....	119
6.8.1 Megatester .....	119
6.8.2 Misuratore di serraggio .....	120
6.8.3 Misuratore di tensione .....	121
6.8.4 Anemometro .....	123
6.8.5 Anemomaster .....	124
6.8.6 Misuratore di rumore portatile .....	126
6.8.7 Vibrometro .....	127

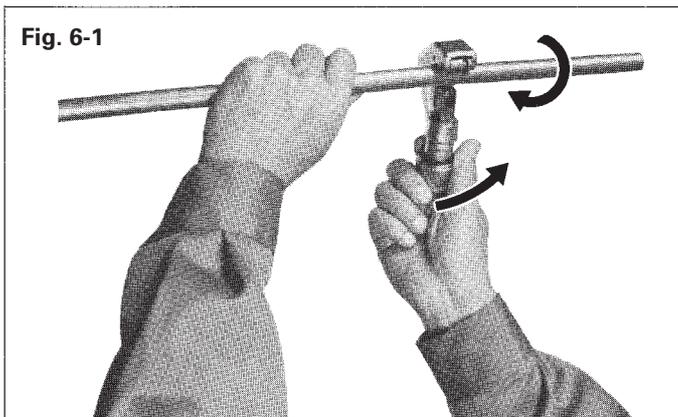
## Capitolo 6 Funzionamenti di base

### 6.1 Tubazioni

#### 6.1.1 Svasatura

(1) Tagliare un tubo di rame.

- Girare in senso antiorario il tagliatubi per tagliare il tubo.
- Far scorrere lentamente la manopola del tagliatubi.



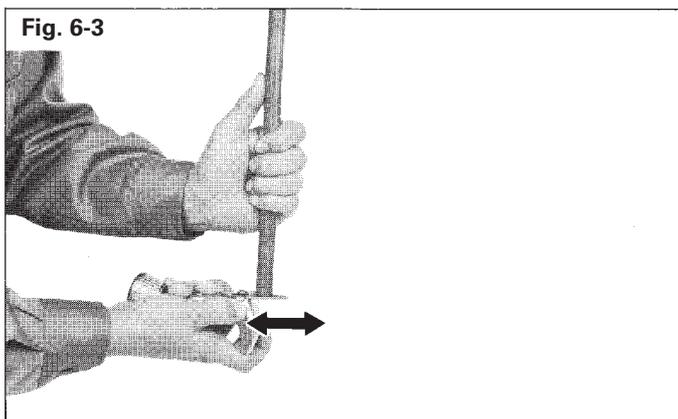
(2) Togliere la sbavatura dalla superficie tagliata (mediante l'alesatore).

- Posizionare il tubo di rame verso il basso.
- Non danneggiare la superficie interna del tubo di rame.



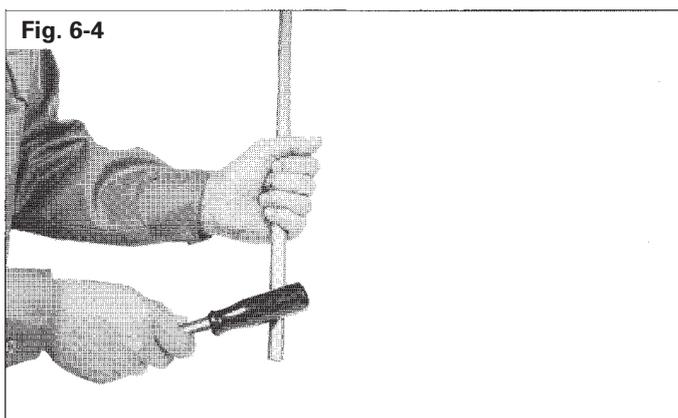
(3) Levigare la superficie tagliata (mediante il tagliatubi o la lima).

- Posizionare il tubo di rame verso il basso.

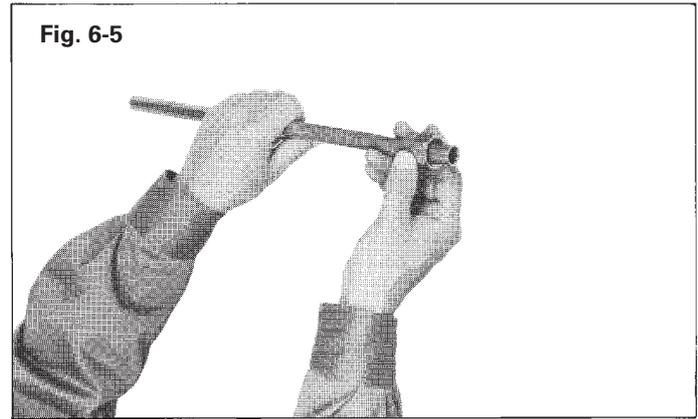


(4) Pulire la superficie interna del tubo di rame.

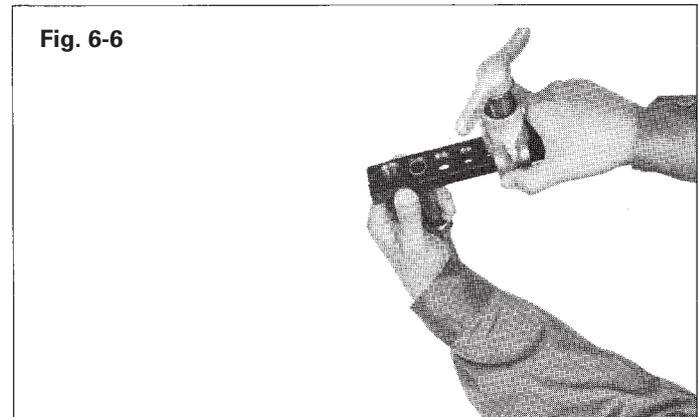
- Togliere completamente i trucioli dal tubo di rame. (Se restano dei trucioli nel tubo, i metalli del compressore possono logorarsi.)



- (5) Inserire un dado per bocchettone sul tubo.
- Non dimenticare di inserire il dado del bocchettone prima di eseguire la svasatura, poiché non è possibile inserirlo sul tubo dopo la svasatura.



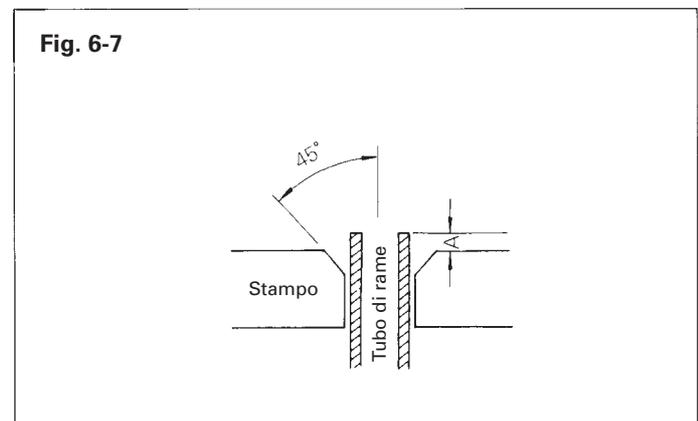
- (6) Bloccare il tubo con lo stampo per svasare.
- Pulire la parte interna dello stampo per svasare.
  - Bloccarlo sulla dimensione prestabilita.



Misurazione dalla superficie dello stampo all'estremità del tubo di rame.

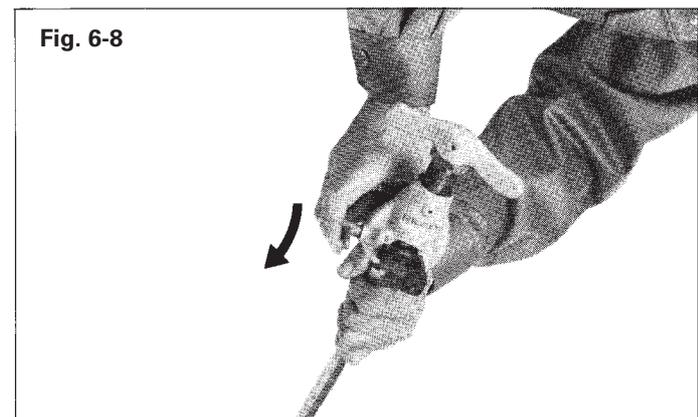
- Se la misurazione A è piccola, anche la parte di collegamento della svasatura sarà piccola, il che può causare fuoriuscite di gas.

Dimensioni del tubo di rame	φ 6,4 (1/4")	φ 9,5 (3/8")	φ 12,7 (1/2")	φ 15,9 (5/8")	φ 19,1 (3/4")
A	0,5mm				1,0mm



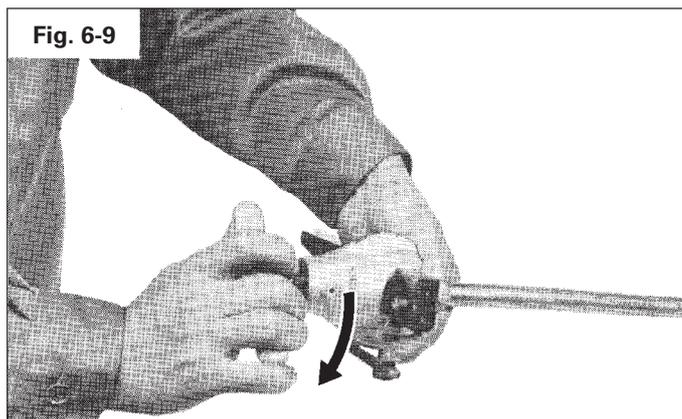
- (7) Regolare il corpo del punzone come indicato nella figura.

- Regolare il corpo del punzone nella posizione stabilita sullo stampo per svasare.



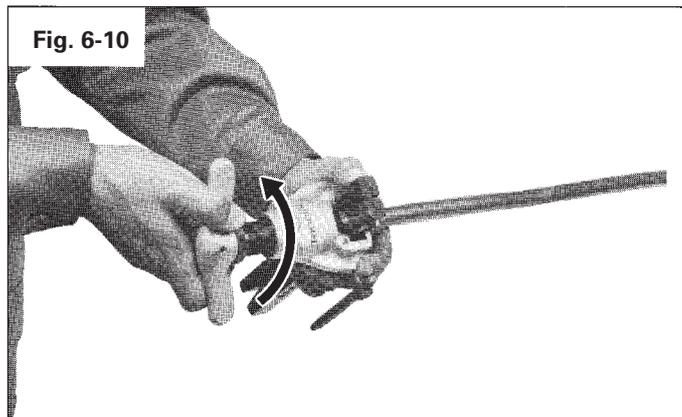
(8) Svasatura

- Serrare la maniglia dello stampo per svasare fino a quando non gira a vuoto dopo il clic (per il tipo RIDGED).



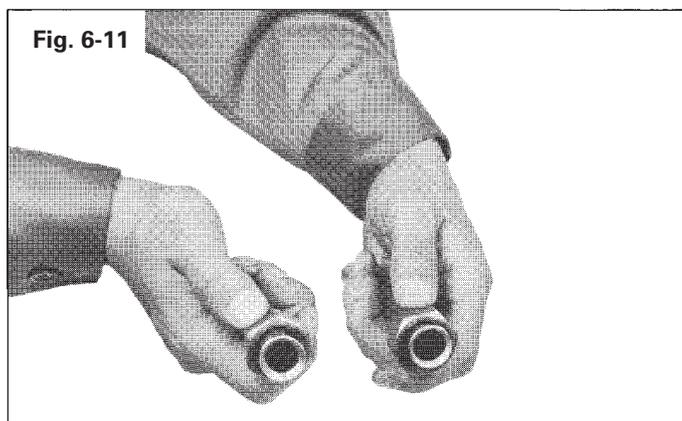
(9) Togliere lo stampo per svasare.

- Girare la maniglia in senso antiorario fino alla posizione massima.



(10) Ispezionare la superficie di svasatura.

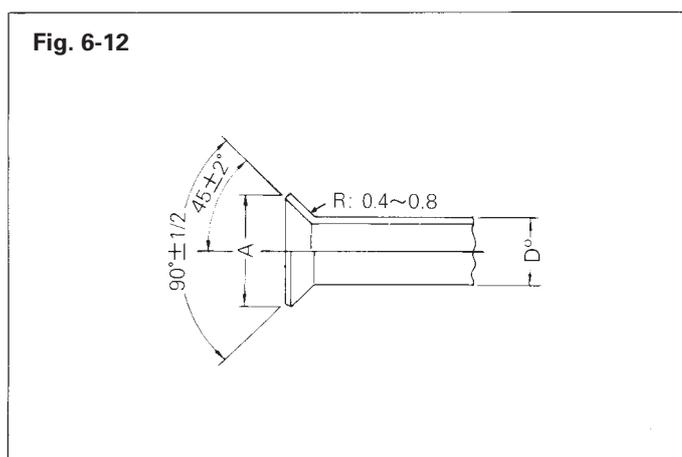
- La parte svasata è eccentrica?
- La parte svasata presenta fessure?
- Vi sono sfregi sulla parte svasata?
- Vi sono sbavature sulla parte svasata?



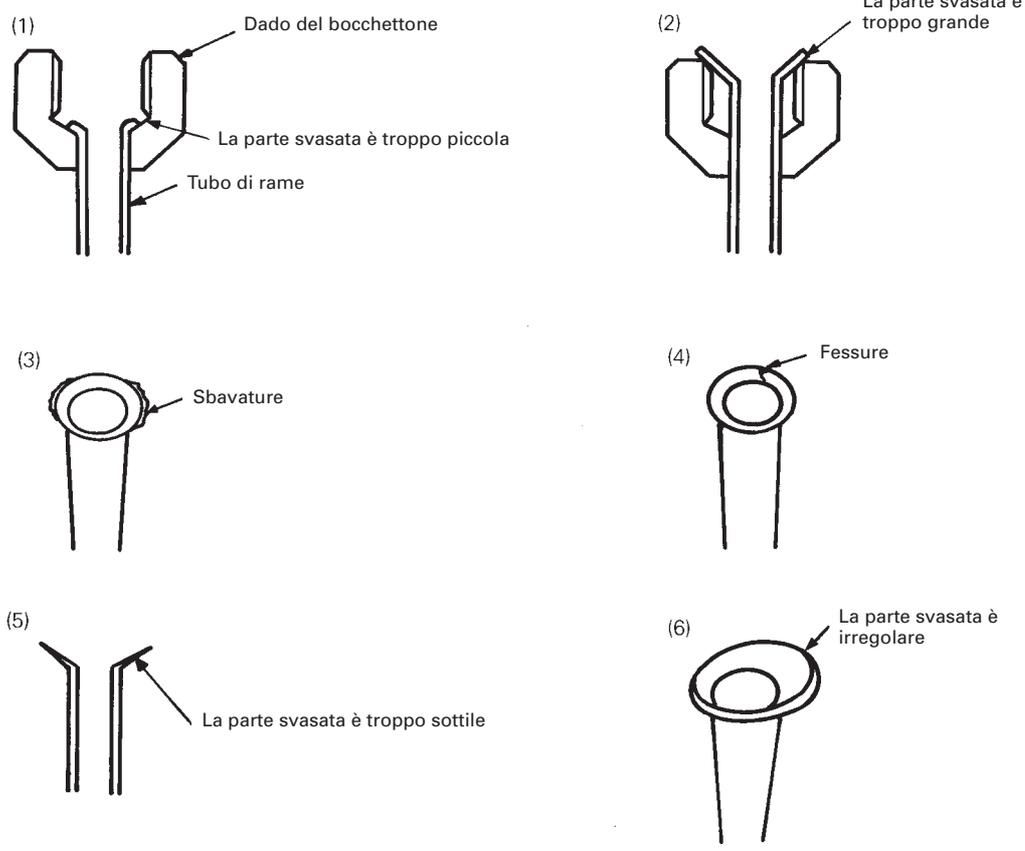
Misurazione della svasatura dopo l'operazione  
(JISB8607-1975)

(Unità: mm)

Diametro nominale	Diametro esterno del tubo (D)	A
1/4"	6,35	8,3~ 8,7
3/8"	9,52	12,0~12,4
1/2"	12,7	15,4~15,8
5/8"	15,88	18,6~19
3/4"	19,05	22,9~23,3



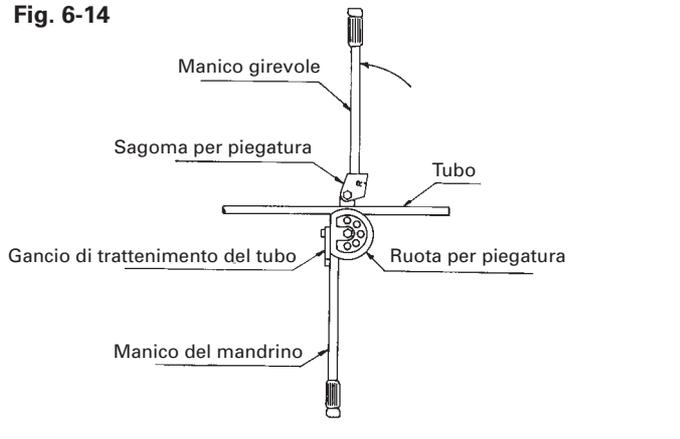
**Fig. 6-13 Esempi di svasatura difettosa**



**6.1.2 Piegatura**

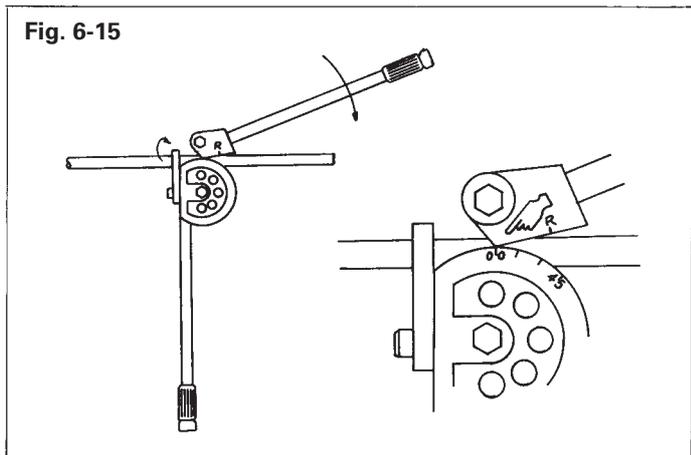
(1) Per inserire un tubo nella curvatrice, posizionare i manici a 180° e sollevare il gancio di trattenimento del tubo. Mettere un tubo nella scanalatura della ruota per piegatura.

**Fig. 6-14**

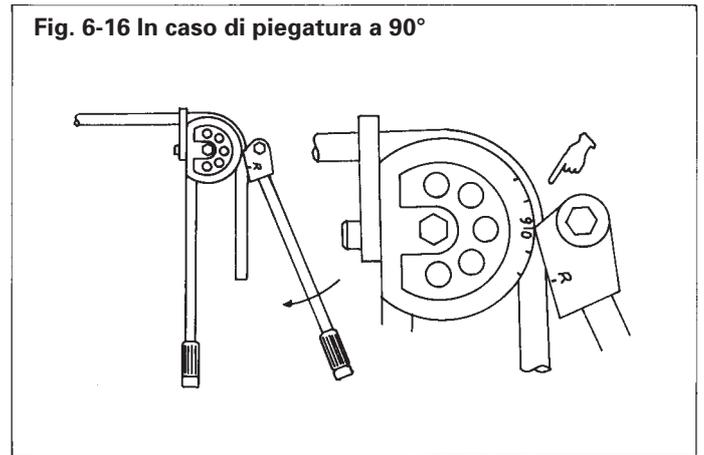


(2) Posizionare il gancio di trattenimento del tubo sopra un tubo e mettere il manico nella posizione ad angolo retto, innestando la sagoma per piegatura sopra il tubo. Verificare che l'indicazione di zero sulla ruota per piegatura sia a livello con il bordo anteriore della sagoma per piegatura del manico.

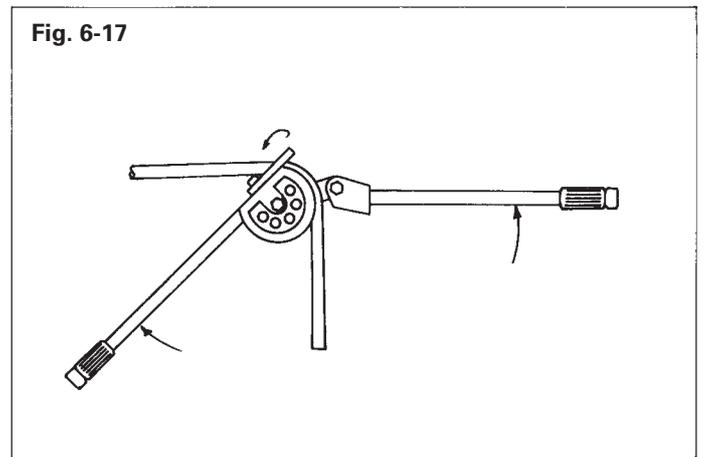
**Fig. 6-15**



(3) Procedere nell'operazione di piegatura secondo l'angolo desiderato, come indicato dalla taratura sulla ruota per piegatura. Piegarlo in un unico movimento continuo e regolare.



(4) Per togliere il tubo, girare il manico ad angolo retto con il tubo, disimpegnando la sagoma per piegatura. Sbloccare il gancio di trattenimento del tubo e togliere il tubo.

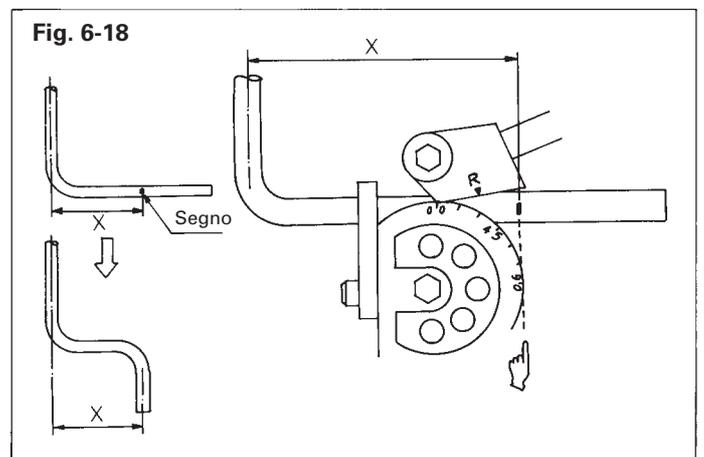


Nota)

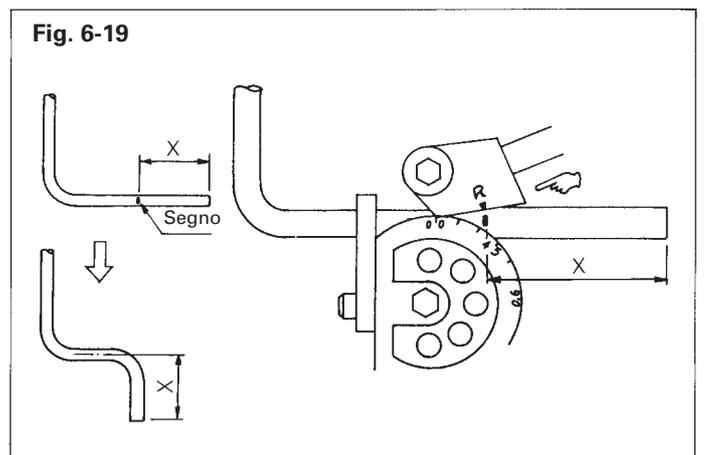
Applicare di tanto in tanto dell'olio sui perni del manico e la sagoma per piegatura, allo scopo di facilitare la piegatura. La scanalatura della ruota per piegatura deve essere asciutta e pulita per evitare lo scivolamento del tubo durante la piegatura. Per quanto riguarda i tubi difficili da piegare, tenere il manico del mandrino in una morsa. Bloccare le ganasce della morsa il più vicino possibile alla ruota per formatura.

Guida per fare piegature dimensionali.

Posizionare un tubo nella curvatrice, come indicato nella figura sulla destra. Allineare il segno della dimensione "X" con il bordo della ruota per piegatura.



Posizionare un tubo nella curvatrice come indicato nella figura sulla destra. Allineare il segno della dimensione "X" con il segno "R" sulla sagoma per piegatura.



### 6.1.3 Brasatura

#### (1) Brasatura forte

Brasatura forte significa brasatura con materiale per saldatura, con punto di fusione superiore a 450°C. Di conseguenza, la brasatura forte non è così facile da realizzare come la saldatura debole. Tuttavia, la brasatura forte è superiore per quanto riguarda la solidità e la resistenza termica. Certe leghe per saldatura resistono in applicazioni fino a 800°C. Inoltre, sono anche disponibili leghe per saldatura con eccellenti proprietà antiacido. Le leghe per saldatura comunemente usate sono l'argento, l'ottone, l'alluminio, le leghe libeteniche o a resistenza termica.

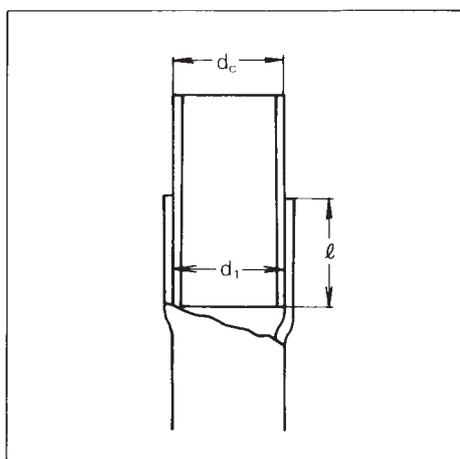
La lega per saldatura a base d'argento è una lega contenente principalmente argento, rame e zinco ed è di colore giallo. Essa fonde a temperatura relativamente bassa, compresa tra 600°C e 800°C e la sua fluidità è eccellente. La lega per saldatura a base di ottone è una lega costituita principalmente da rame e zinco, ma talvolta vengono aggiunti anche nichel, stagno e antimonio. Questa lega ha un bel colore ed eccellenti proprietà antiacido. Di solito la brasatura con queste leghe viene chiamata con il nome del metallo per saldatura utilizzato invece che saldatura forte.

#### (2) Tipo di barre per brasatura

Materiale	Barra per brasatura		Fondente	Temp. di fusione	Forza di taglio kg/mm <sup>2</sup>
	Nome commerciale	Spec. JIS Z3264			
Rame-rame	Copsil-2 (NEIS Co.)	BCuP-6	—	735~815	Circa 25
Rame-acciaio Rame-ghisa	Brass-64 (NEIS Co.)	BCuZn-1	F64	905~955	Circa 30
Rame-ottone Rame-acciaio Rame-ghisa	Sil 107 (NEIS Co.)	BAG-2	F107	700~845	Circa 20

#### (3) Misure di inserimento di tubi e specifiche dei bruciatori

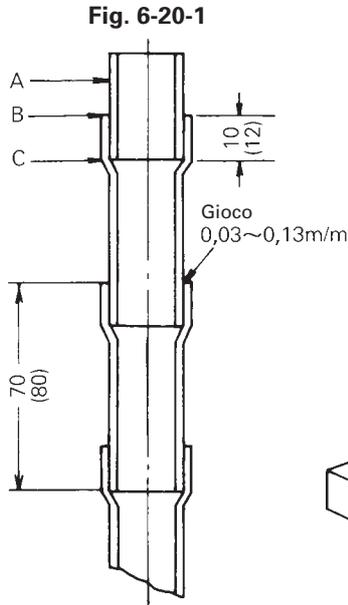
Dia. tubo (Ø)	d <sub>c</sub>	d <sub>1</sub>	ℓ (Cu vs. Cu)	ℓ (Al vs. Al)	Bruciatore (Cu vs. Cu)	Bruciatore (Al vs. Al)
6,4	6,350	6,45 <sup>+0,1</sup> <sub>0</sub>	7	6	# 50	# 140~ # 200
7,9	7,938	8,05 <sup>+0,1</sup> <sub>0</sub>	7			
9,5	9,525	9,65 <sup>+0,1</sup> <sub>0</sub>	7	7	# 250	# 200~ # 225
12,7	12,700	12,85 <sup>+0,15</sup> <sub>0</sub>	9	8		
15,9	15,875	16,05 <sup>+0,15</sup> <sub>0</sub>	10,5	10	# 250	# 225~ # 250
19,1	19,050	19,20 <sup>+0,15</sup> <sub>0</sub>	10,5			
22,2	22,225	22,40 <sup>+0,15</sup> <sub>0</sub>	11	11	# 500	# 225~ # 300
25,4	25,400	25,60 <sup>+0,2</sup> <sub>0</sub>	12	13,5		
31,8	31,750	31,95 <sup>+0,2</sup> <sub>0</sub>	13		# 250	# 250~ # 450
38,1	38,100	38,30 <sup>+0,2</sup> <sub>0</sub>	14			



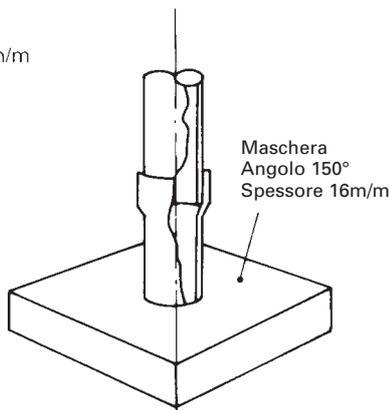
(4) Esempi dettagliati di lavoro di brasatura

**Fig. 6-20**

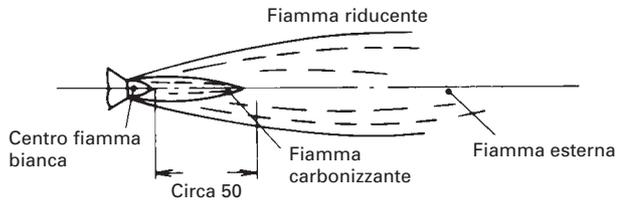
a. Brasatura verso il basso per tubo di rame da 5/8" 15,9mm (1" 25,4mm)  
Le cifre tra parentesi si riferiscono al tubo da 1".



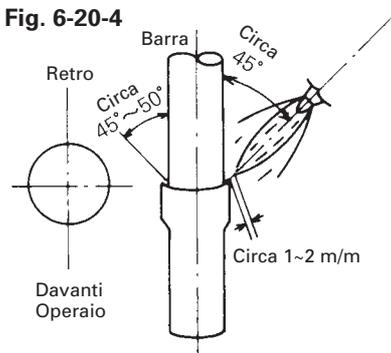
**Fig. 6-20-2**



**Fig. 6-20-3**



**Fig. 6-20-4**

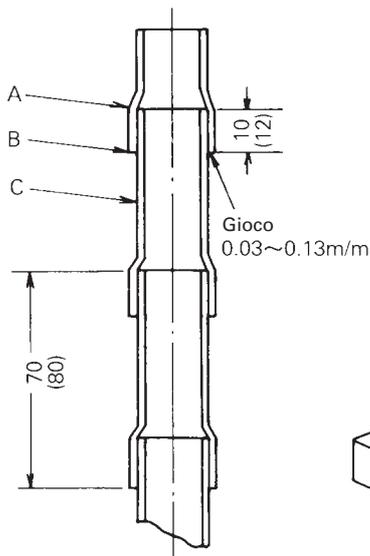


Fasi lavorazione	Procedura	Materiale ausiliario e altro		Ganasce, strumenti e dispositivi	Condizioni di lavoro	Punti e motivi
		Nome	Spec.			
1	Pulire il materiale principale e ispezionare i pezzi per brasatura.		CuT 5/8" (1")		( ) è per il tubo da 1"	1. Togliere olio, ruggine e altre impurezze dal pezzo per brasatura. 2. Assenza di sbavature o deformazioni sul pezzo per brasatura.
2	Regolare la lunghezza della fiamma		—do—		Brasatura verso il basso	1. La lunghezza della fiamma carbonizzante deve essere circa 50mm con la fiamma riducente.
3	Preriscaldamento		—do—	Bruciatore # 200 (250)	—do—	1. Riscaldare uniformemente le estremità dei tubi ma non riscaldare la parte indicata con B nella figura 6-20-1 per quanto possibile, ma riscaldare le parti indicate con A e C in quest'ordine. 2. Dirigere la fiamma al centro del metallo principale.
4	Brasatura	B Cup 1,6mm (2,4mm)	—do—	—do—	—do—	1. Tenere il metallo per saldatura come si tiene una matita e premerlo per congiungere i pezzi. L'angolo di presa è di 45°-50°. 2. Iniziare a fondere un materiale, considerando il tempo di preriscaldamento. Vedere la figura 6-20-4. 3. Far fondere il flusso come un liquido il più rapidamente possibile. 4. La distanza tra la punta della fiamma carbonizzante e il metallo principale deve essere di circa 1-2mm.
5	Verificare i pezzi per brasatura					1. Il materiale per saldatura viene fuso uniformemente sul pezzo brasato. 2. Assenza di punta di spillo e goccia sul pezzo brasato.

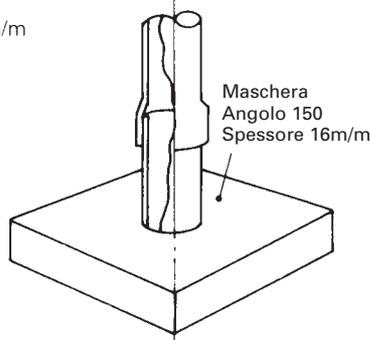
**Fig. 6-21**

b. Brasatura verso l'alto per tubo di rame da 5/8" 15,9mm (1" 25,4mm)  
Le cifre tra parentesi si riferiscono al tubo da 1".

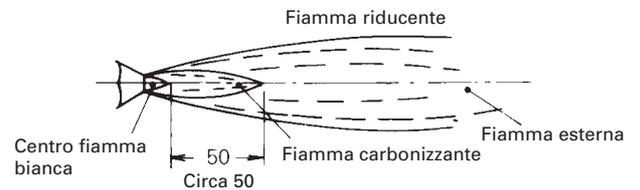
**Fig. 6-21-1**



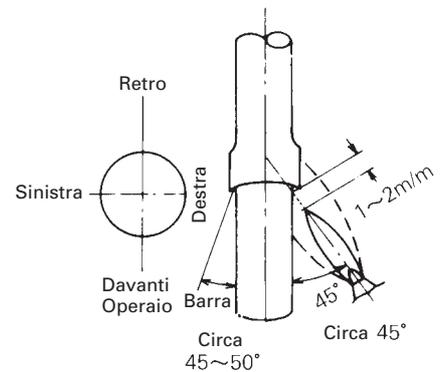
**Fig. 6-21-2**



**Fig. 6-21-3**

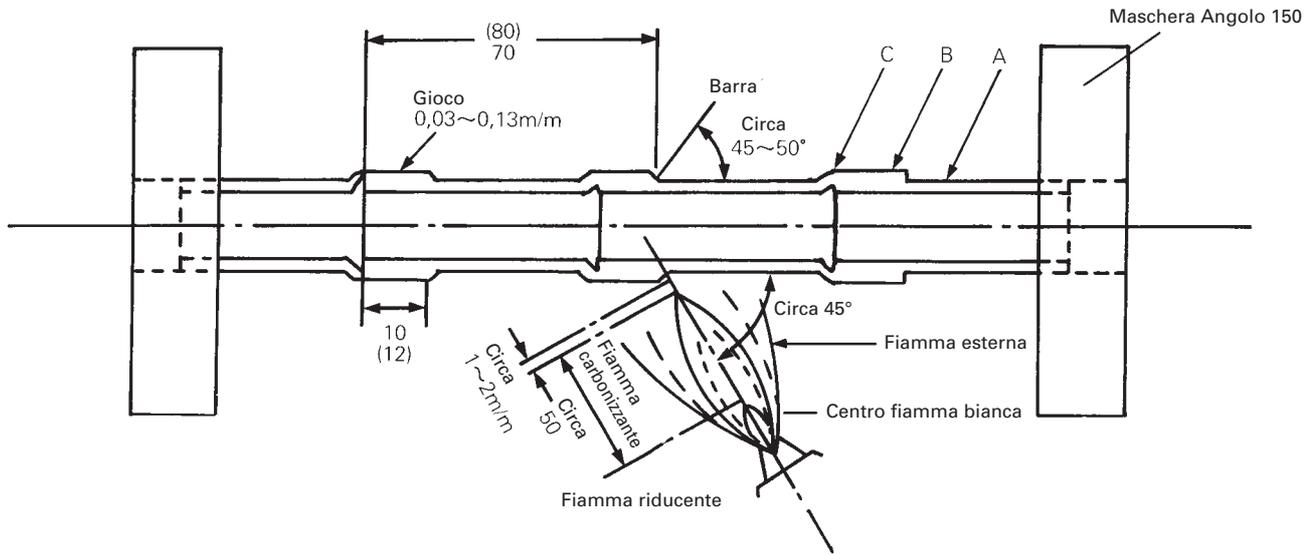


**Fig. 6-21-4**



Fasi lavorazione	Procedura	Materiale ausiliario e altro		Ganasce, strumenti e dispositivi	Condizioni di lavoro	Punti e motivi
		Nome	Spec.			
1	Pulire il materiale principale e ispezionare i pezzi per brasatura.		CuT 5/8" (1")		( ) è per il tubo da 1"	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Togliere olio, ruggine e altre impurezze dal pezzo per brasatura.</li> <li>2. Assenza di sbavature o deformazioni sul pezzo per brasatura.</li> </ol>
2	Regolare la lunghezza della fiamma		—do—		Brasatura verso l'alto	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La lunghezza della fiamma carbonizzante deve essere circa 50mm con la fiamma riducente.</li> </ol>
3	Preriscaldamento		—do—	Bruciatore # 200 (250)		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Riscaldare uniformemente le estremità dei tubi ma non riscaldare la parte indicata con B nella figura 6-21-1 per quanto possibile, ma riscaldare le parti indicate con A e C in quest'ordine.</li> <li>2. Dirigere la fiamma al centro del metallo principale.</li> </ol>
4	Brasatura	B Cup 1.6mm (2.4mm)				<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tenere il metallo per saldatura come si tiene una matita e premerlo per congiungere i pezzi. L'angolo di presa è di 45°-50°.</li> <li>2. Far fondere il materiale per saldatura in piccola quantità in un'apertura in modo che non cada a gocce, considerando il tempo di preriscaldamento.</li> <li>3. Eseguire rapidamente questo lavoro. Vedere la figura 6-21-4.</li> <li>4. La distanza tra la punta della fiamma carbonizzante e il metallo principale deve essere di circa 1-2mm.</li> </ol>
5	Verificare i pezzi per brasatura					<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Il materiale per saldatura viene fuso uniformemente sul pezzo brasato.</li> <li>2. Assenza di punta di spillo e goccia sul pezzo brasato.</li> </ol>

Fig. 6-22



Fasi lavorazione	Procedura	Materiale ausiliario e altro		Ganasce, strumenti e dispositivi	Condizioni di lavoro	Punti e motivi
		Nome	Spec.			
1	Pulire il materiale principale e ispezionare i pezzi per brasatura.		Cu T 5/8" (1")		( ) è per il tubo da 1"	<ol style="list-style-type: none"> <li>Togliere olio, ruggine e altre impurezze dal pezzo per brasatura.</li> <li>Assenza di sbavature o deformazioni sul pezzo per brasatura.</li> </ol>
2	Regolare la lunghezza della fiamma		—do—		Brasatura orizzontale	<ol style="list-style-type: none"> <li>La lunghezza della fiamma carbonizzante deve essere circa 50mm con la fiamma riducente.</li> </ol>
3	Preriscaldamento		—do—	Bruciatore # 200 (250)	—do—	<ol style="list-style-type: none"> <li>Riscaldare uniformemente le estremità dei tubi ma non riscaldare la parte indicata con B nella figura sopra riportata per quanto possibile, ma riscaldare le parti indicate con A e C in quest'ordine senza dirigere la fiamma.</li> <li>Dirigere la fiamma al centro del metallo principale.</li> </ol>
4	Brasatura	B Cup 1,6mm (2,4mm)	—do—	—do—	—do—	<ol style="list-style-type: none"> <li>Tenere il metallo per saldatura come si tiene una matita e premerlo per congiungere i pezzi. L'angolo di presa è di 45°-50°.</li> <li>Far fondere il materiale per saldatura in piccola quantità dalla parte inferiore di un'apertura e farlo scorrere verso la parte superiore per capillarità.</li> <li>Riscaldare un po' la parte superiore in modo che il materiale fuso possa spostarsi orizzontalmente. Fare attenzione a non farlo gocciolare.</li> <li>La distanza tra la punta della fiamma carbonizzante e il metallo principale deve essere di circa 1-2mm.</li> </ol>
5	Verificare i pezzi per brasatura					<ol style="list-style-type: none"> <li>Il materiale per saldatura viene fuso uniformemente sul pezzo brasato.</li> <li>Assenza di punta di spillo e goccia sul pezzo brasato.</li> </ol>

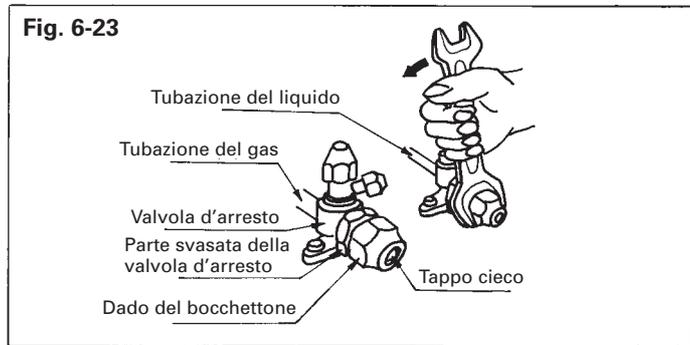
### 6.1.4 Serraggio di giunzioni a bocchettone

Le giunzioni a bocchettone sono utilizzate in quasi tutti i condizionatori d'aria di tipo split. Il serraggio di giunzioni a bocchettone è uno dei compiti più importanti nei lavori relativi alle tubazioni. Per quanto accurata possa essere la fabbricazione del dado del bocchettone, se esso non viene serrato adeguatamente, la tubazione non può essere stesa in modo corretto. Poiché la maggior parte dei problemi relativi ai condizionatori d'aria sono causati da fuoriuscite di refrigerante, si deve conoscere a fondo il proprio lavoro. La parte seguente descrive le operazioni di serraggio standard di dadi per bocchettoni.

1) Togliere i dadi dei bocchettoni che sono stati fissati.

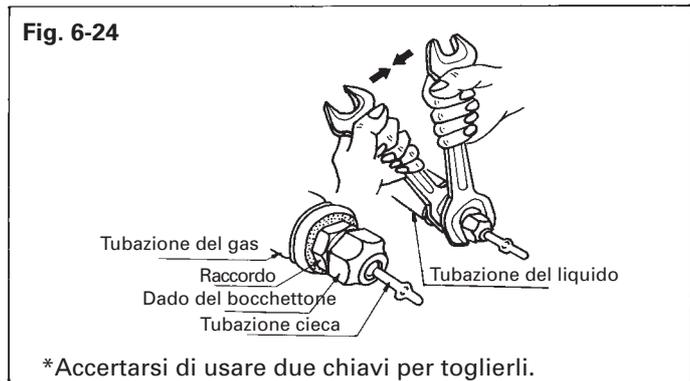
Nel caso di sezione di condensazione (esterna)

- Togliere i dadi dei bocchettoni fissati alle valvole d'arresto per le tubazioni del liquido e del gas e i tappi ciechi.

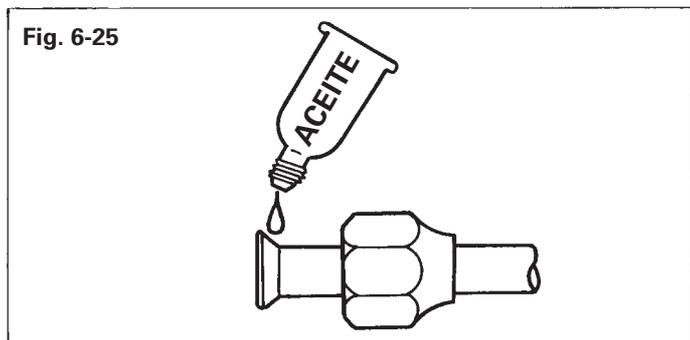


Nel caso della sezione termoventilante (interna)

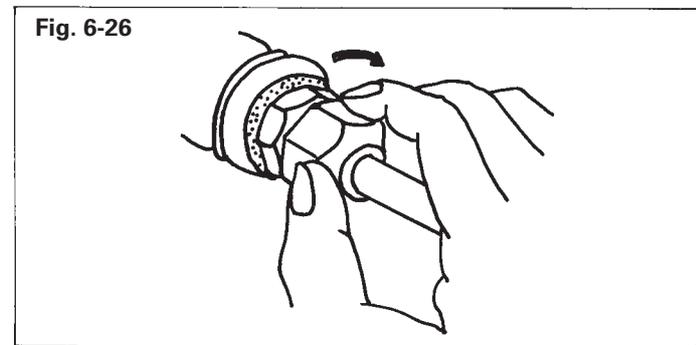
- Togliere i dadi dei bocchettoni dalle tubazioni di collegamento della sezione termoventilante (interna) e della tubazione cieca.



2) Applicare dell'olio sulla parte svasata.



3) Allineare il dado del bocchettone al tubo ausiliario o alla valvola d'arresto e serrarlo manualmente 4-5 volte. Se i dadi vengono serrati girandoli due o tre volte, allinearli nuovamente e serrarli.



4) Serrare i dadi dei bocchettoni delle tubazioni del liquido e del gas (sia per la sezione di condensazione (esterna) che per la sezione termoventilante).

- Se l'aria viene spurgata dalla tubazione mediante il refrigerante gassoso nel condizionatore d'aria, serrare i dadi dei bocchettoni delle valvole d'arresto nella tubazione del gas dopo aver spurgato l'aria.
- Usare due chiavi per serrare i dadi sul lato interno.

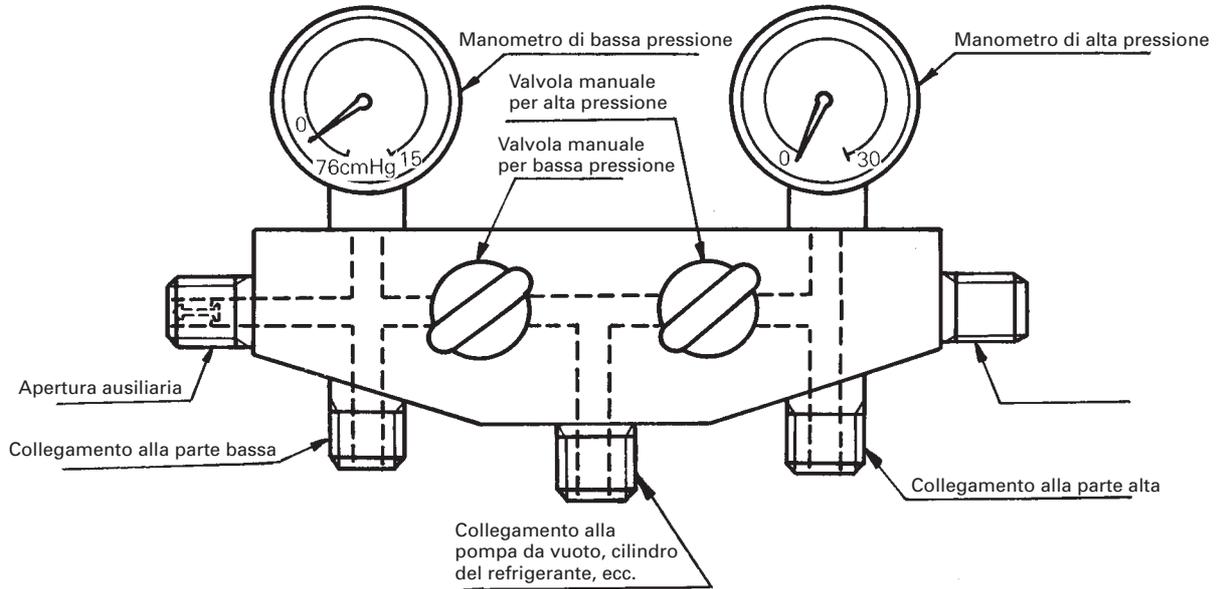
#### Coppia di serraggio

Dimensione del tubo (mm)	Coppia di serraggio (kg-cm)
φ 9,5	330~ 400
φ 12,7	500~ 620
φ 15,9	630~ 770
φ 19,1	1000~1200

## 6.2 Come usare il raccordo del manometro

### 1) Struttura

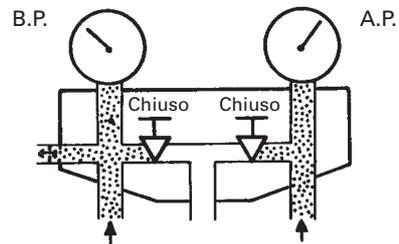
Fig. 6-27



### 2) Funzionamento

#### ① Misurazione della pressione

Fig. 6-28

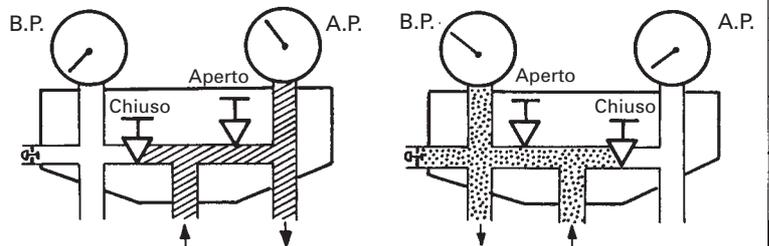


#### ② Refrigerante di carica

Fig. 6-29

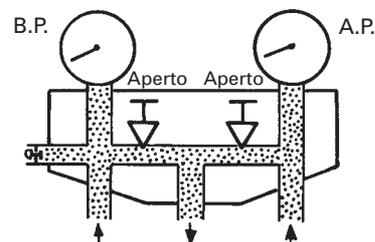
\* Nel caso che il refrigerante sia caricato allo stato liquido

\* Nel caso che il refrigerante sia caricato allo stato gassoso



#### ③ Pompaggio sotto vuoto

Fig. 6-30



### 6.3 Funzionamento delle valvole

È necessario conoscere la struttura delle valvole d'arresto prima di effettuare l'essiccazione sotto vuoto e la carica del refrigerante. Altrimenti si possono commettere errori. Le strutture e i metodi di funzionamento di valvole d'arresto tipiche sono spiegati di seguito.

#### 6.3.1 Valvole d'arresto a tre vie

Togliere il tappo cieco e spostare in su o in giù l'asse della valvola per aprire il passaggio interno tra la tubazione e la sezione di condensazione o tra la tubazione e l'apertura di servizio.

Quando l'asse della valvola viene mantenuto nella posizione neutra, le tre vie sono aperte.

1) L'asse della valvola viene spostato in basso.

- ① Quando l'asse della valvola viene spostato in basso, il passaggio tra la tubazione e l'apertura di servizio è aperto.
- ② Prima di far funzionare l'asse della valvola, allentare il fermo della guarnizione del premistoppa per facilitare la manipolazione, ma non dimenticare di riserrarlo dopo che è stato spostato.
- ③ La valvola d'arresto viene consegnata in questo stato.
- ④ Mantenere la valvola in questo stato fino a quando non è stato completato lo spurgo dell'aria dalla tubazione e dalla sezione termoventilante.
- ⑤ Se si fa funzionare l'asse della valvola a partire da questo stato, il refrigerante viene estratto.

2) L'asse della valvola viene mantenuto nella posizione neutra.

- ① Quando l'asse della valvola viene mantenuto nella posizione neutra, i passaggi delle tre vie sono aperti, la tubazione, l'apertura di servizio e la sezione esterna.
- ② La valvola in questo stato si oppone al flusso di refrigerante. Inoltre, se l'apertura di servizio e il tappo cieco non sono sufficientemente serrati, la valvola può provocare fuoriuscite di refrigerante.
- ③ Mantenera la valvola in questo stato quando è installato il manometro.

3) L'asse della valvola viene spostato in alto.

- ① Quando l'asse della valvola viene spostato in alto, il passaggio tra la tubazione e la sezione di condensazione è aperto.
- ② L'asse della valvola deve essere spostato in alto durante il funzionamento normale.
- ③ Dopo aver spostato in alto l'asse della valvola, serrare saldamente il fermo della guarnizione del premistoppa.
- ④ Serrare il tappo cieco in modo da avere una doppia tenuta d'aria tra il tappo e il corpo della valvola.

Fig. 6-31 Valvola d'arresto a tre vie

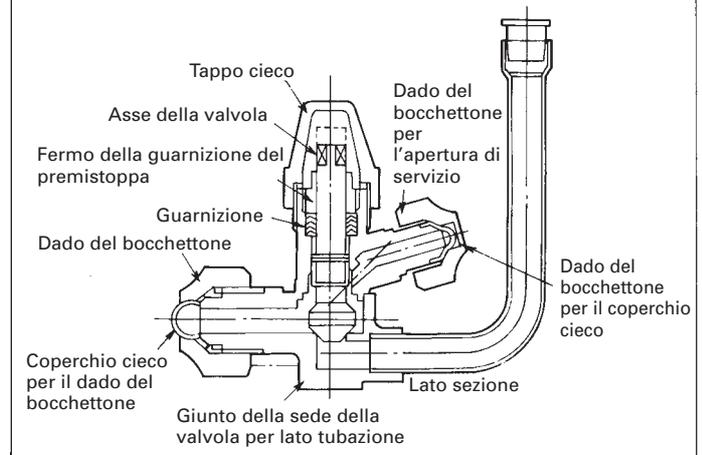


Fig. 6-32

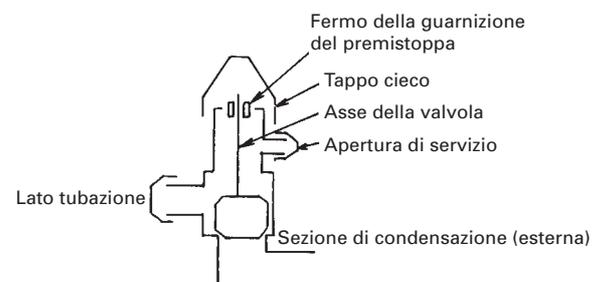


Fig. 6-33

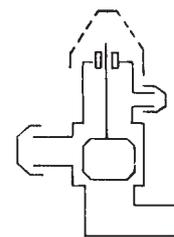
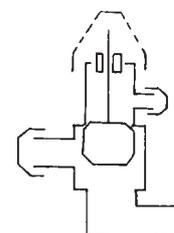


Fig. 6-34



### 6.3.2 Valvole a sfera

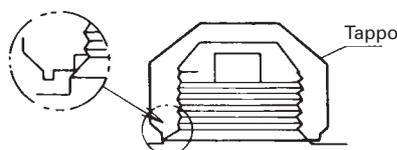
Quando si connette la tubazione alla valvola d'arresto, utilizzare due chiavi: una sull'apertura esagonale del corpo e l'altra sul dado del bocchettone (fare riferimento alla figura 6-35).

Come aprire la valvola a sfera:

- ① Girare in senso antiorario di 1/4 di giro lo stelo della valvola.
- ② Smettere di girare lo stelo quando il perno è in contatto con il fermo e la valvola è aperta.

Come chiudere la valvola a sfera:

- ① Girare in senso orario di 1/4 di giro lo stelo della valvola.
- ② Smettere di girare lo stelo quando il perno è in contatto con il fermo e la valvola è chiusa.



Come fissare il tappo:

- ① La valvola è sigillata nella zona indicata dalla freccia. Posizionare attentamente il tappo in modo da non danneggiarlo.
- ② Dopo aver maneggiato la valvola, accertarsi di serrare accuratamente il tappo.  
Lato del liquido : 150-200 kg.cm  
Lato del gas : 200-250 kg.cm

Come collegare un tubo flessibile di carica all'apertura di servizio:

Collegare il tubo flessibile di carica con l'imboccatura dotata di sbarra spingente sull'apertura di servizio.

### 6.3.3 Valvole a due vie

- Se si hanno fuoriuscite di refrigerante dall'asse della valvola d'arresto nella linea del liquido, girare ripetutamente la valvola da 90° al punto di chiusura completa, fino a quando la superficie di tenuta della guarnizione circolare non si adatta alla sede della valvola. Inoltre, verificare che una guarnizione di rame sia inserita nel tappo cieco, quindi serrarlo.

### 6.3.4 Valvole di controllo automatico

- Valvole di controllo automatico nella linea del gas. L'apertura di servizio della valvola è utilizzata per misurare la bassa pressione e caricare il refrigerante. In questo caso, l'apertura di servizio deve essere dotata di una valvola di controllo. Collegare un tubo flessibile di carica con l'imboccatura dotata di una sbarra spingente su questa apertura. Quando il dado cieco viene tolto dall'apertura principale, si può verificare la fuoriuscita di una piccola quantità di refrigerante gassoso.

Fig. 6-35

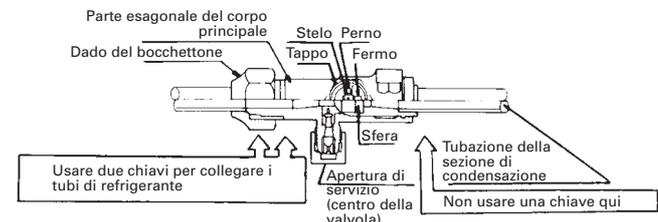


Fig. 6-36

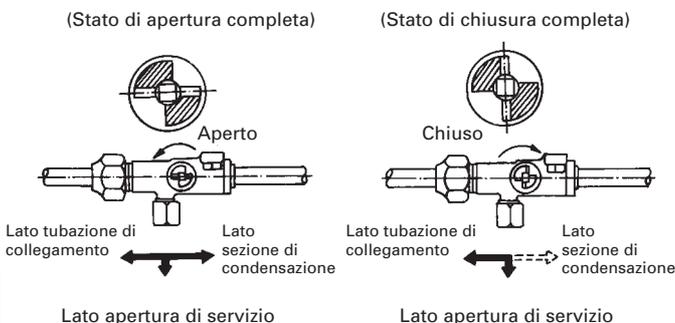


Fig. 6-37

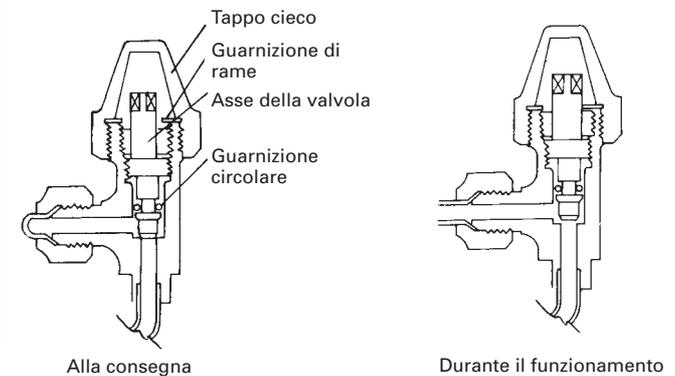
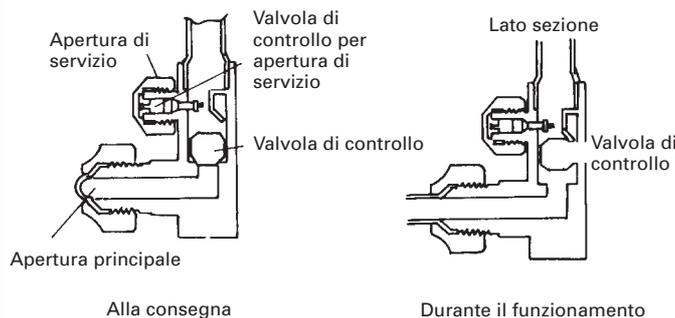


Fig. 6-38

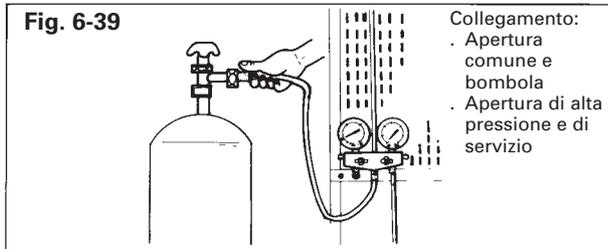


## 6.4 Verifica delle perdite

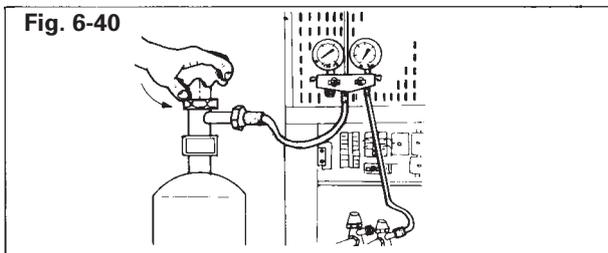
### 6.4.1 Metodo di prova per la tenuta d'aria

Dopo aver effettuato i lavori alle tubazioni, caricare l'azoto e il refrigerante con fluorocarbonio (R-22) dall'apertura di servizio.

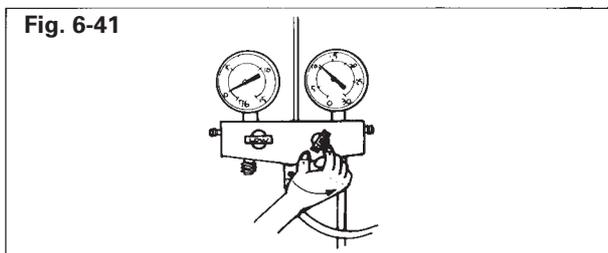
(1) Collegare un raccordo per manometro alla bombola di refrigerante e all'apertura di servizio della valvola d'arresto nella linea del liquido.



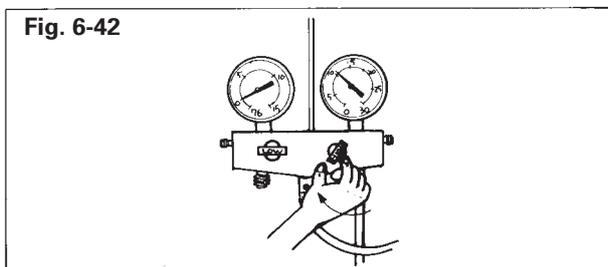
(2) Aprire completamente la valvola d'arresto della bombola di refrigerante.



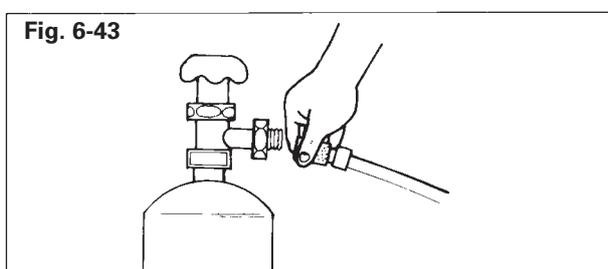
(3) Aprire la valvola del raccordo del manometro (lato alta pressione).



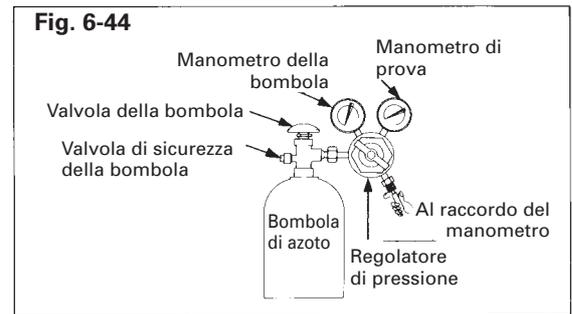
(4) Chiudere la valvola dopo aver riempito il circuito con il refrigerante.



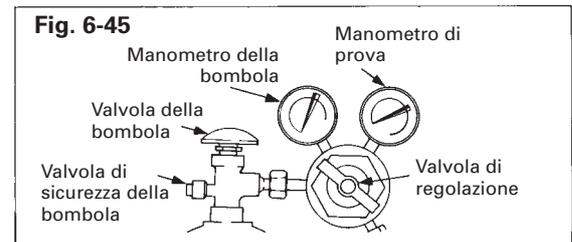
(5) Togliere il tubo flessibile di carica dalla bombola di refrigerante.



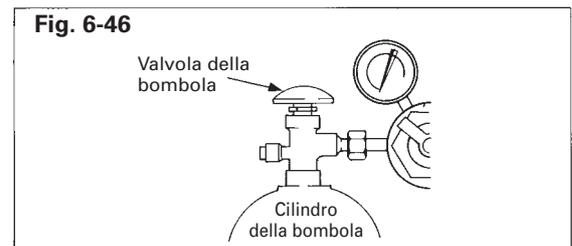
(6) Collegare il tubo flessibile di carica alla bombola di azoto.



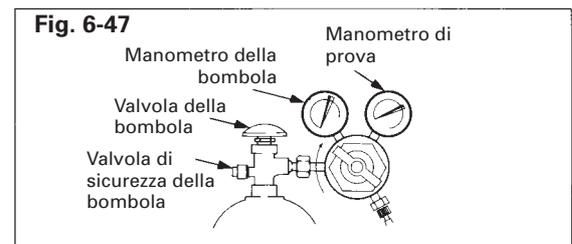
(7) Verificare che la valvola della bombola e le valvole di regolazione siano chiuse.



(8) Aprire la valvola della bombola di azoto e la valvola del raccordo del manometro.



(9) Pressurizzare il circuito fino a 28kgf/cm<sup>2</sup> girando in senso orario a poco a poco la valvola di regolazione (apertura).



- (10) Chiudere la valvola della bombola
- (11) Chiudere la valvola del raccordo del manometro
- (12) Allentare l'imboccatura del tubo flessibile di carica per liberare la pressione nel tubo flessibile.
- (13) Chiudere la valvola di regolazione girandola completamente in senso antiorario.
- (14) Togliere il tubo flessibile di carica dal raccordo del manometro.
- (15) Verificare eventuali fuoriuscite nella tubazione.
- (16) Liberare la pressione nel circuito.

#### Attenzione:

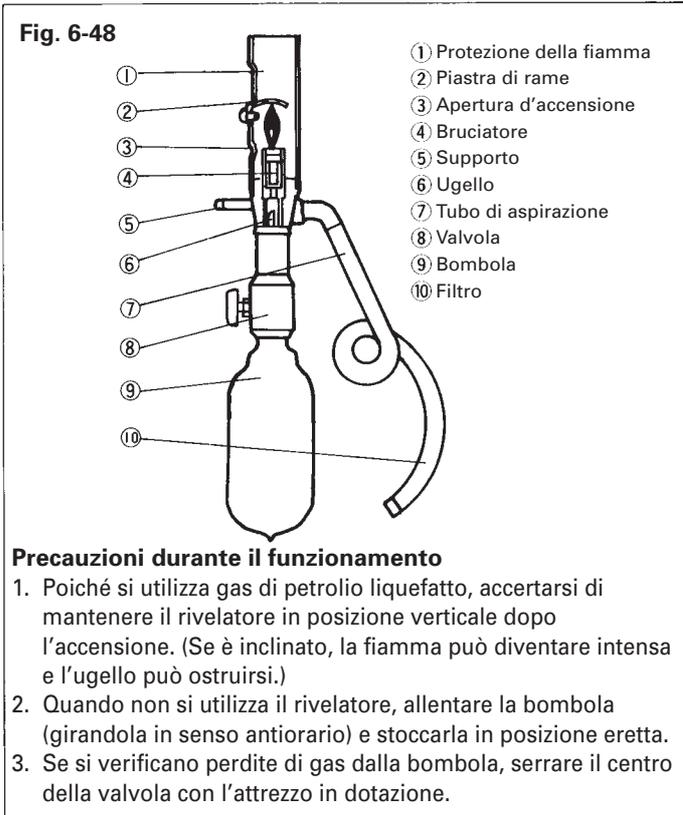
- Non usare mai ossigeno o acetilene per aumentare la pressione del sistema durante il controllo delle perdite.
- Non pressurizzare il circuito oltre 28kgf/cm<sup>2</sup>.
- La prova di tenuta d'aria può non essere applicabile in certi casi, a seconda dei modelli, perciò leggere attentamente il manuale d'installazione prima di eseguire questa prova.

### 6.4.2 Come usare i rivelatori delle perdite di refrigerante

Il modo più semplice per individuare eventuali perdite di refrigerante consiste nell'utilizzare una soluzione di acqua e sapone, ma se il trattamento viene effettuato scorrettamente, si accumula ruggine, che può causare perdite di refrigerante. In questo caso è molto difficile individuare perdite mediante il test della bolla di sapone.

A questo proposito, si consiglia di utilizzare un rivelatore delle perdite di refrigerante per una buona individuazione. I rivelatori di buona qualità sono di recente disponibili, ma in genere si usano i due seguenti rivelatori.

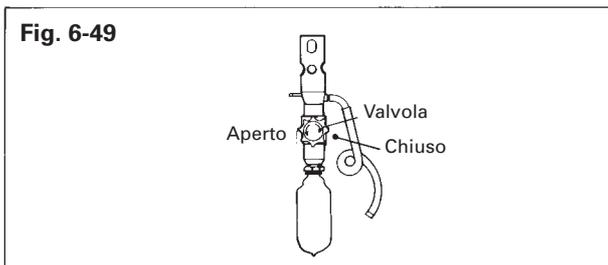
- (1) Rivelatore di perdite di refrigerante con fluorocarbonio McKinley (tipo a bombola di GPL)



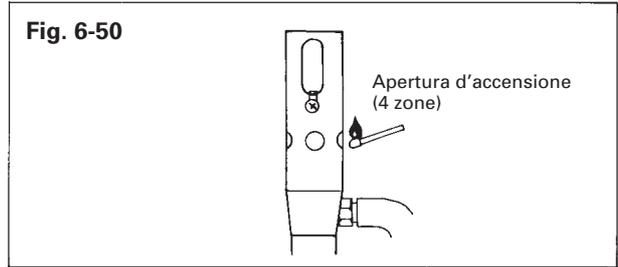
Note:

- Pulire di tanto in tanto il filtro all'estremità del tubo di aspirazione.
- Togliere le incrostazioni sulla piastra di rame. Se la piastra viene sostituita, controllare se la fiamma esce dal foro centrale della piastra.

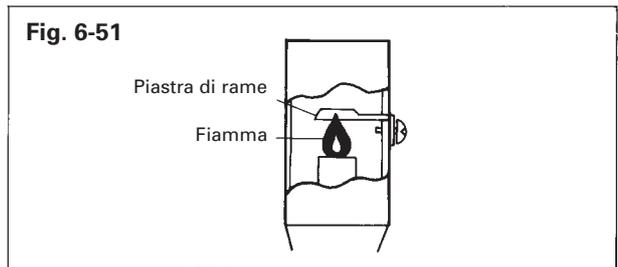
- ① Aprire leggermente la valvola.
- Se viene aperta bruscamente, escono grandi quantità di gas. Di conseguenza, l'accensione è difficile.



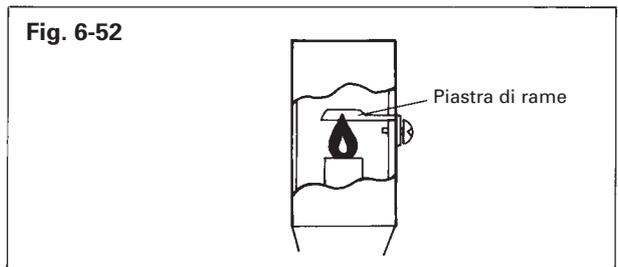
- ② Accendere il rivelatore rapidamente con un accendino o un fiammifero.
- Accendere il GPL dall'apertura d'accensione.



- ③ Regolare la lunghezza della fiamma



- ④ Controllare la reazione della fiamma sulla piastra di rame.
- Dato che si utilizza GPL, accertarsi di mantenere il rivelatore in posizione verticale dopo l'accensione.

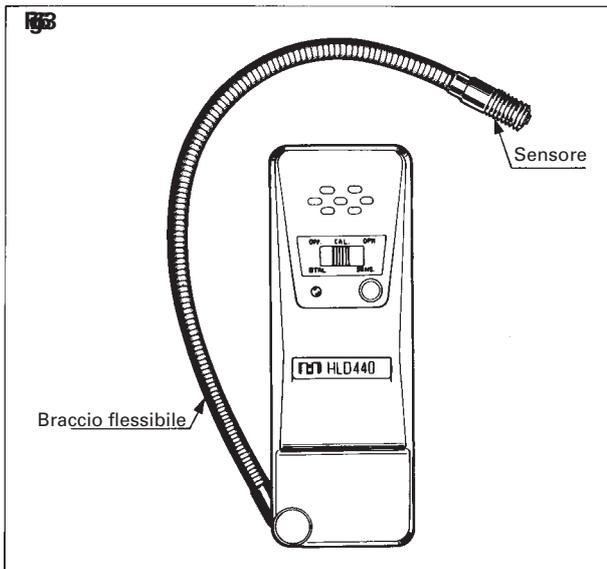


- Se la quantità di refrigerante è piccola  
.....Verde (bassa concentrazione)
- Se la quantità di refrigerante è grande  
.....Blu brillante (alta concentrazione)

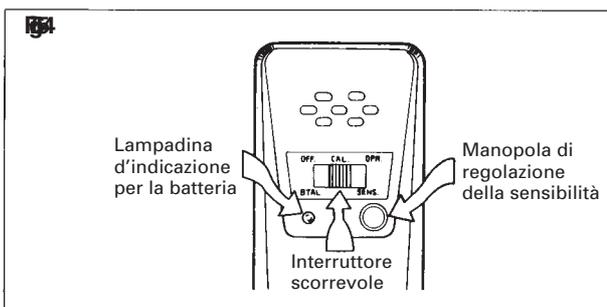
### Reazione nei colori della fiamma

Quantità di perdite Appr. g/mese	Quantità di perdite di refrigerante Appr. mm <sup>3</sup> /sec	Colore della fiamma
5~ 25	0,35~ 0,85	Leggermente verde
25~ 40	0,85~ 3,2	Verde chiaro
40~110	3,2 ~ 8,5	Viola verdastro
110~160	8,5 ~12,5	Viola verdastro purpureo
160~500	12,5 ~38,5	Viola verdastro purpureo cupo

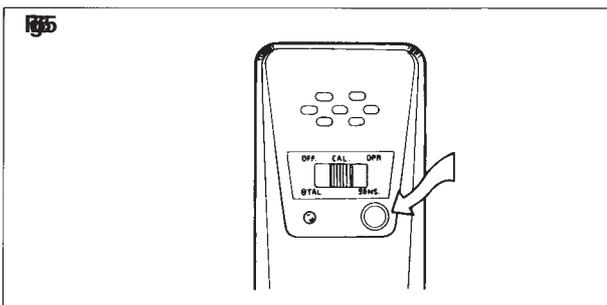
(2) Rivelatore di perdite di refrigerante di tipo a batteria - HLD440 Yamatake



① Spostare l'interruttore scorrevole su CAL.

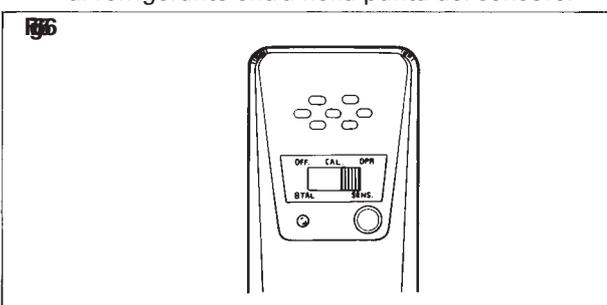


② Girare la manopola di regolazione della sensibilità fino a quando non si sente un rumore pulsatile.



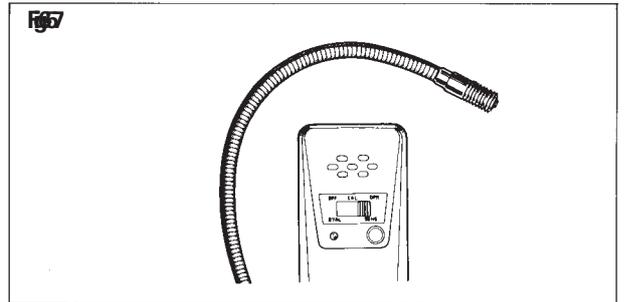
③ Spostare l'interruttore scorrevole su OPR.

- Sebbene la quantità di perdite di refrigerante sia piccola, quando si introduce la punta del sensore, il rumore pulsatile diventa più rapido e l'avvisatore acustico viene azionato quando una maggior quantità di refrigerante entra nella punta del sensore.



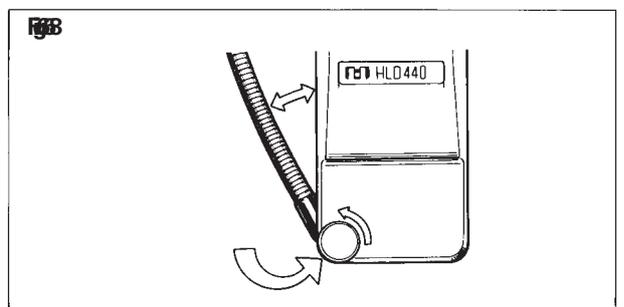
④ Individuare il punto di fuoriuscita.

- È preferibile spostare il sensore ad una velocità di 2-3 cm al secondo.



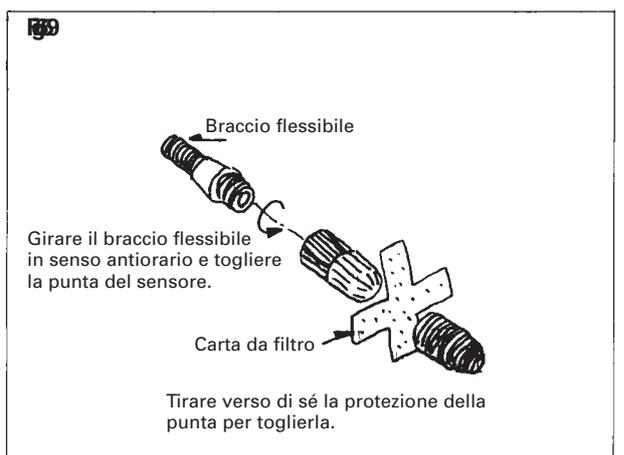
⑤ Allentare la manopola sul fondo di questo rivelatore e spostare il tubo flessibile di 180°.

- Girare due volte in senso antiorario la manopola per allentarla, quindi girare la parte di rivelazione.



Note:

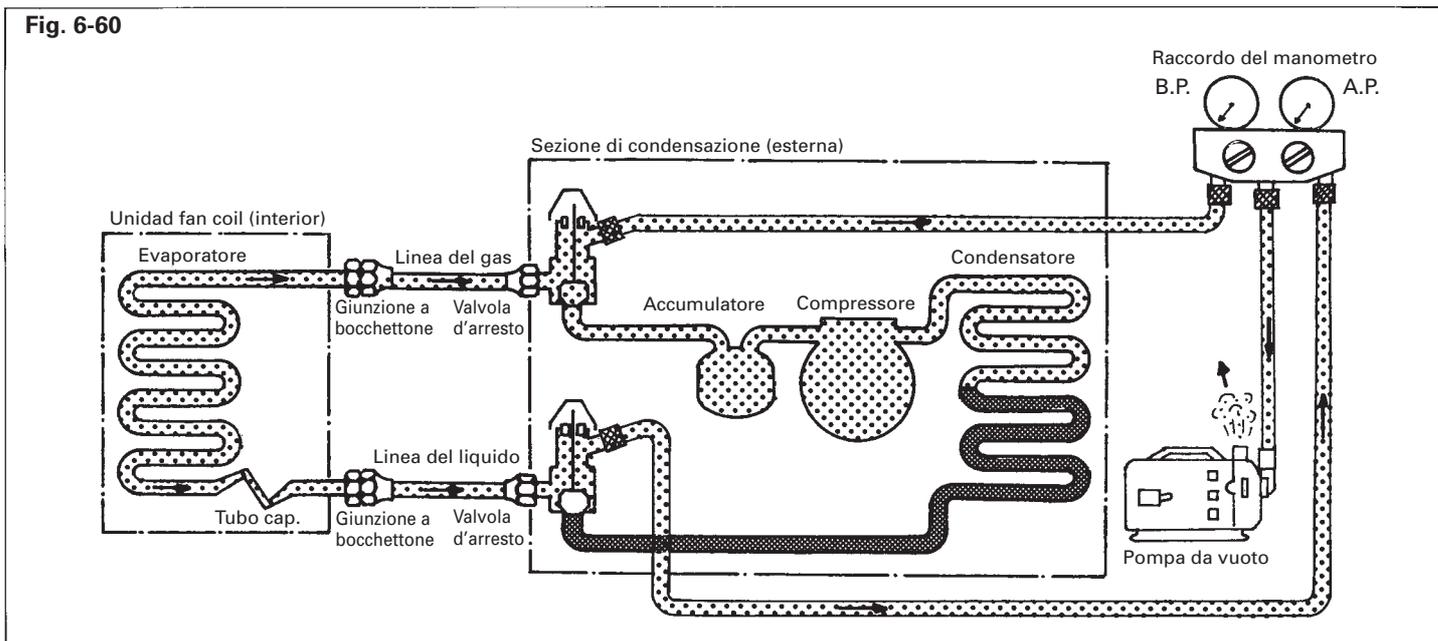
1. Se il test di perdita viene eseguito in una corrente d'aria, il refrigerante che fuoriesce viene soffiato via dal punto di fuoriuscita. In questo caso, far cessare la corrente e ispezionare.
2. Allo scopo di individuare una piccola quantità di refrigerante, regolare l'interruttore scorrevole su CAL, poiché il rumore pulsatile cambia notevolmente in presenza di piccole quantità di alogeni. (La sensibilità del rivelatore su CAL è molto elevata.)
3. Se il rumore pulsatile diventa intermittente o se si sente l'avvisatore acustico in modo continuo, sostituire la punta del sensore con quella giusta.
4. Quando la lampadina d'indicazione per la batteria non si accende, sostituire la batteria a secco alcalina.
5. Quando la punta viene sostituita, accertarsi di spegnere l'interruttore. Girare la punta in senso antiorario per toglierla.



## 6.5 Evacuazione

### Come usare una pompa da vuoto

Fig. 6-60



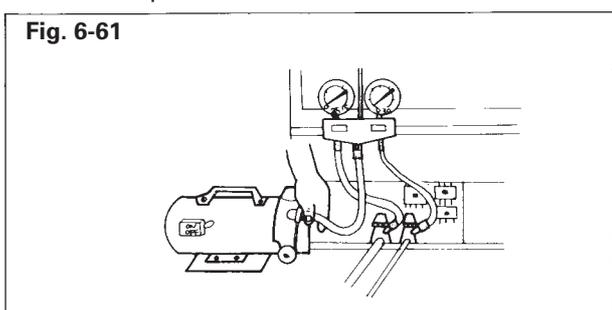
Nota:

- Eseguire la prova di tenuta d'aria (test di perdita) prima di intraprendere questo lavoro.
- Accertarsi di controllare se esiste una pressione residua nella tubazione prima di intraprendere questo lavoro. Se esiste, liberarla dalla tubazione.

Procedura:

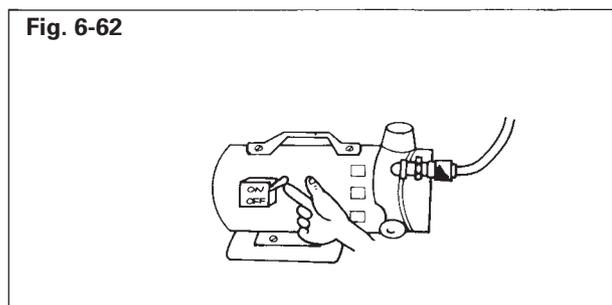
- ① Togliere i dadi ciechi dei bocchettoni dall'apertura di servizio delle valvole d'arresto nelle linee del gas e del liquido.
- ② Collegare il raccordo del manometro alla pompa da vuoto e alle aperture di servizio delle valvole d'arresto.

Fig. 6-61



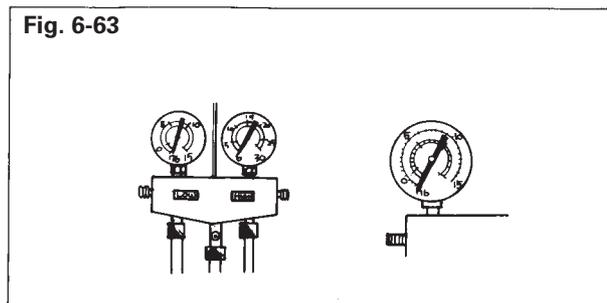
- ③ Aprire le valvole del raccordo del manometro (Hi, Lo).
- ④ Far funzionare la pompa da vuoto per circa 20 minuti.

Fig. 6-62



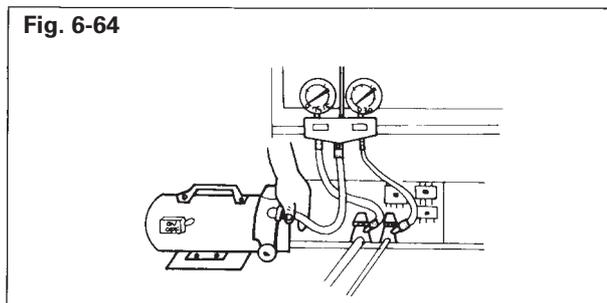
- ⑤ Verificare la pressione relativa (760mmHg).

Fig. 6-63



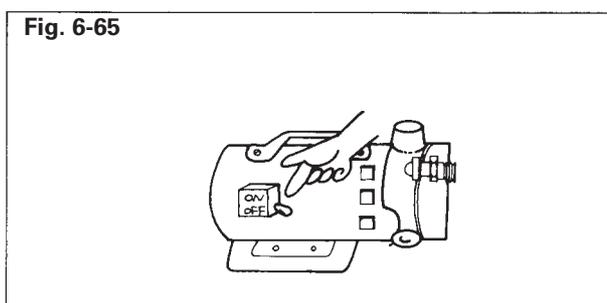
- ⑥ Chiudere le valvole del raccordo del manometro (Hi, Lo).
- ⑦ Allentare il tubo flessibile di mandata per equilibrare la pressione della pompa da vuoto.

Fig. 6-64

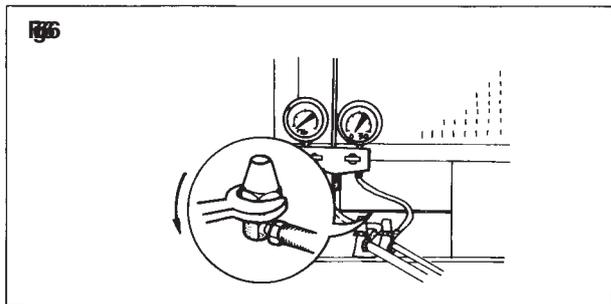


- ⑧ Fermare la pompa da vuoto.

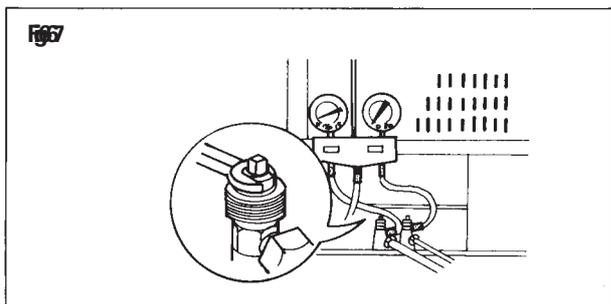
Fig. 6-65



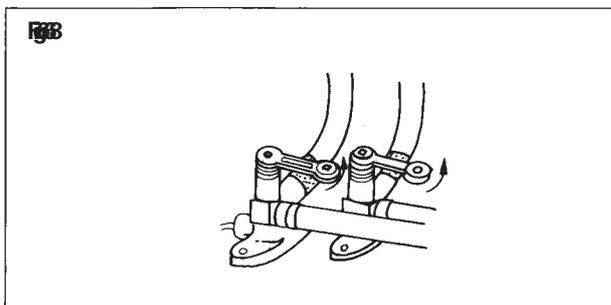
- ⑨ Togliere i tappi ciechi delle valvole d'arresto. Non allentare le guarnizioni di rame.



- ⑩ Allentare il fermo della guarnizione del premistoppa della valvola di circa un quarto di giro (90°).



- ⑪ Aprire completamente le valvole delle tubazioni del gas e del liquido.



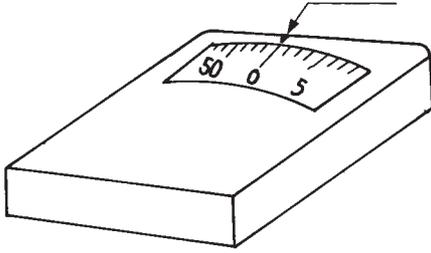
- ⑫ Serrare il fermo della guarnizione del premistoppa.  
⑬ Serrare i tappi ciechi delle valvole d'arresto.

## 6.6 Carica di refrigerante

### 6.6.1 Come usare uno strumento di pesata

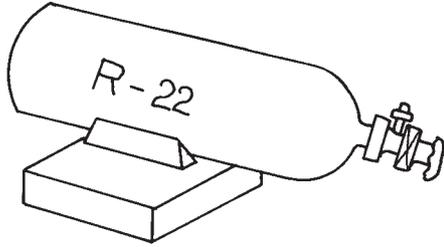
- ① Verificare la graduazione dello strumento di pesata. Accertarsi che l'indicatore sia sullo "0"; altrimenti regolarlo sul valore zero.

Fig. 6-69



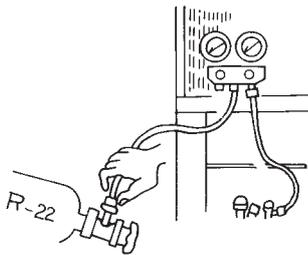
- ② Pesare la bombola di refrigerante

Fig. 6-70



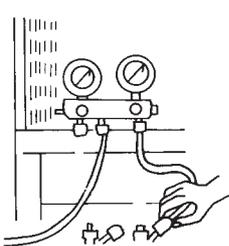
- ③ Collegare i tubi flessibili di carica alla valvola della bombola di refrigerante e all'apertura comune del raccordo del manometro, e rispettivamente all'apertura di servizio della valvola d'arresto nella linea del liquido e all'apertura di alta pressione del raccordo del manometro.

Fig. 6-71



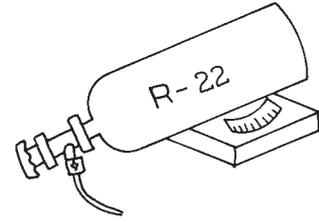
- ④ Aprire le valvole della bombola di refrigerante e la valvola della parte alta del raccordo del manometro.
- ⑤ Allentare leggermente l'imboccatura del tubo flessibile di mandata fissato alla valvola d'arresto per spurgare l'aria.

Fig. 6-72



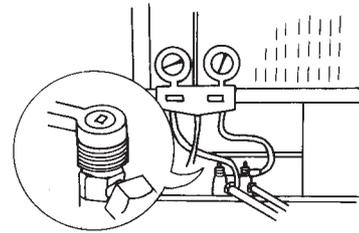
- ⑥ Riserrare l'imboccatura dei tubi flessibili di mandata che sono stati allentati in precedenza.
- ⑦ Verificare la graduazione dello strumento di pesata.

Fig. 6-73



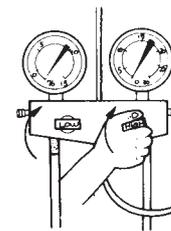
- ⑧ Togliere i tappi ciechi della valvola d'arresto nella linea del liquido.
- ⑨ Allentare il fermo della guarnizione del premistoppa della valvola d'arresto.
- ⑩ Aprire la valvola d'arresto della linea del liquido.

Fig. 6-74



- ⑪ Chiudere la valvola d'arresto della tubazione del liquido dopo aver caricato il volume prestabilito di refrigerante.
- ⑫ Serrare il fermo della guarnizione del premistoppa della valvola d'arresto.
- ⑬ Chiudere le valvole della bombola di refrigerante e la valvola del raccordo del manometro.

Fig. 6-75



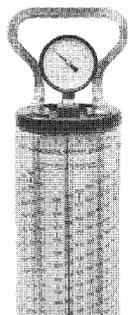
- ⑭ Togliere il tubo flessibile di mandata.
- ⑮ Togliere il raccordo del manometro.
- ⑯ Serrare i tappi ciechi delle valvole.

### 6.6.2 Come usare il cilindro di carica

#### ① Regolare la graduazione del cilindro di carica.

- Regolare la graduazione del cilindro di carica secondo il tipo di refrigerante.
- Regolare la graduazione della pressione al valore di pressione indicato sul manometro del cilindro di carica.

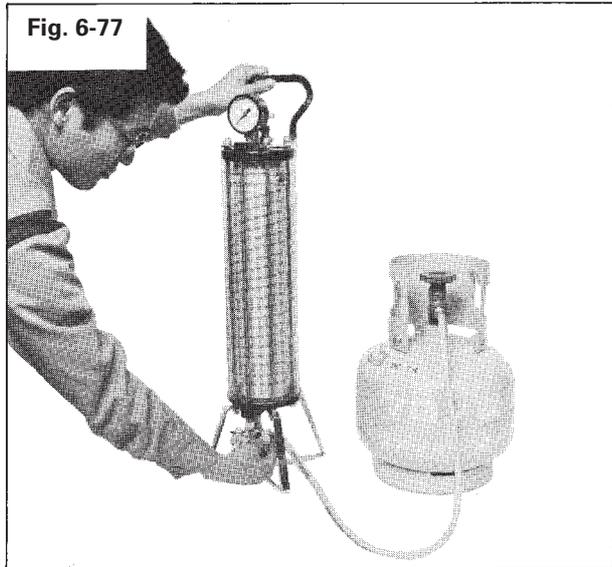
Fig. 6-76



#### ② Collegare la bombola di refrigerante al cilindro di carica.

- Fissare l'imboccatura di un tubo alla bombola di refrigerante.
- Collegare l'apertura di connessione sulla parte inferiore del cilindro di carica alla bombola di refrigerante.
- Aprire la valvola della bombola di refrigerante.
- Spurgare l'aria dal tubo flessibile di carica.

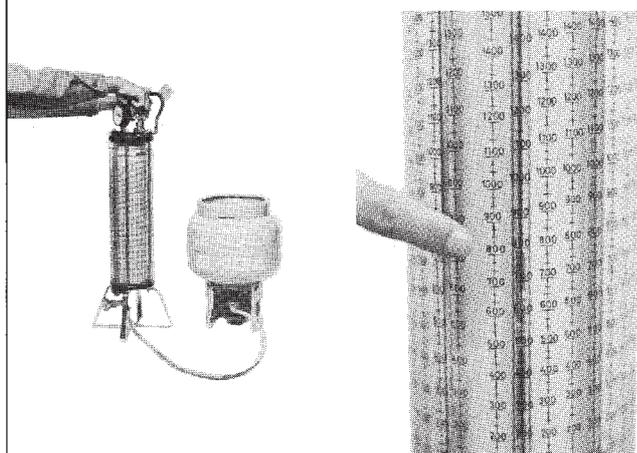
Fig. 6-77



#### ③ Misurare il volume di refrigerante da caricare nel cilindro di carica.

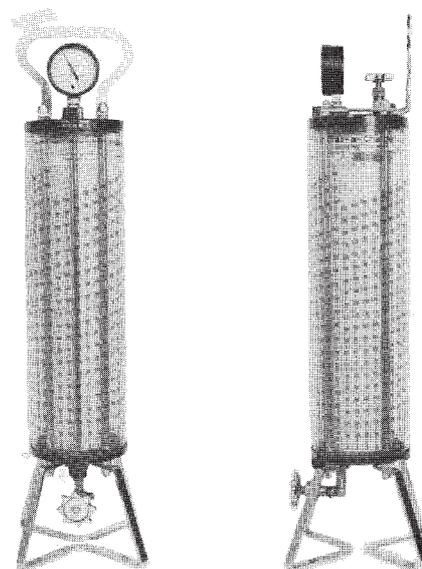
- Aprire la valvola del cilindro di carica e caricare il volume prestabilito di refrigerante.
- Se è difficile caricare il volume prestabilito di refrigerante nel cilindro di carica, si consiglia di aprire la valvola superiore per alcuni secondi in modo da diminuire la pressione nel cilindro.
- Mantenere il refrigerante nel cilindro di carica durante l'evacuazione del circuito del refrigerante.

Fig. 6-78



#### ④ Caricare il refrigerante nel sistema allo stesso modo del punto 6.6.1.

Fig. 6-79

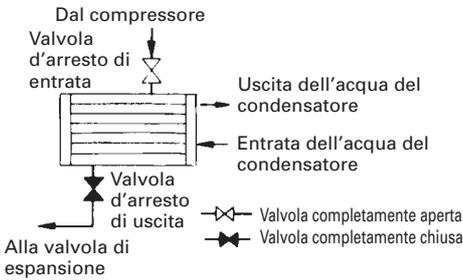
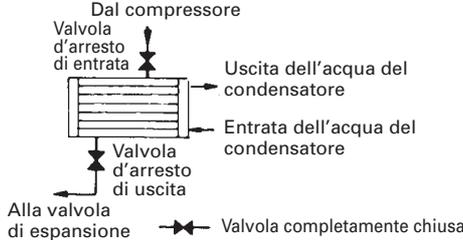


## 6.7 Svuotamento

### Metodo di svuotamento

Strumenti e pezzi necessari per lo svuotamento:

Chiave per valvole, chiave, chiave ad angolo, cacciaviti, coccodrilli (cablaggio di cortocircuito)

Procedura	Punti	Osservazioni
1. Non far funzionare l'interruttore di bassa pressione (se viene fornito).	<ol style="list-style-type: none"> <li>Staccare l'alimentazione.</li> <li>Cortocircuitare i punti di contatto dell'interruttore di bassa pressione con dei coccodrilli.</li> </ol>	<p>Osservare lo schema elettrico e i dati sul coperchio dell'interruttore di pressione.</p> 
2. Far funzionare il condizionatore d'aria o il refrigeratore.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Collegare di nuovo l'alimentazione.</li> <li>Far funzionare la pompa dell'acqua del condensatore (acqua refrigerata) e il ventilatore a torre.</li> <li>Se il termostato funziona durante l'operazione di raffreddamento, cortocircuitarlo.</li> </ol>	<p>Far funzionare le pompe dell'acqua di raffreddamento e dell'acqua di refrigerazione.</p>
3. Chiudere completamente la valvola di uscita del condensatore o la valvola di uscita del ricevitore.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Togliere i tappi dall'uscita del condensatore e le valvole di entrata con una chiave ad angolo.</li> <li>Allentare leggermente il premistoppa della valvola con una chiave.</li> <li>Girare l'asse della valvola di uscita del condensatore in senso orario con una chiave per valvole per chiuderla.</li> <li>Serrare il premistoppa della valvola di uscita del condensatore.</li> </ol>	
4. Raccogliere il refrigerante, leggendo l'indicazione del manometro di bassa pressione.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Arrestare il compressore quando il valore di pressione del manometro di bassa pressione scende a -200~-300 mmHg da 0kgf/cm<sup>2</sup>G.</li> </ol>	<p>Manometro composito</p> 
5. Chiudere completamente la valvola di entrata del condensatore o la valvola di entrata del ricevitore.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Chiudere completamente la valvola di entrata del condensatore con una chiave per valvole non appena il compressore si arresta.</li> <li>Serrare il premistoppa della valvola di entrata del condensatore. (Farlo velocemente, altrimenti l'efficienza di svuotamento diminuisce... l'indicazione del manometro di bassa pressione aumenta.)</li> </ol>	
6. Attendere un certo tempo e verificare sul manometro l'aumento di bassa pressione.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Verificare che il refrigerante e gassoso nell'olio lubrificante evaporino e che il valore del manometro di bassa pressione indichi un aumento fino a 0,5 kgf/cm<sup>2</sup>G o di più.</li> </ol>	<p>Verificare se del refrigerante resta nell'olio lubrificante.</p>
7. Se l'indicazione del manometro di bassa pressione è superiore a 0,5kgf/cm <sup>2</sup> G, raccogliere nuovamente il refrigerante.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Aprire completamente la valvola di entrata del condensatore.</li> <li>Ripetere nell'ordine la procedura descritta ai punti (2), (4) e (5).</li> <li>Arrestare il compressore e attendere un certo tempo. Se l'indicazione del manometro di bassa pressione non supera 0,2~0,5 kgf/cm<sup>2</sup>G, terminare lo svuotamento.</li> </ol>	<p>Verificare che la pressione (0,2~0,5 kgf/cm<sup>2</sup>G) resti nel sistema di refrigerazione. (Se il sistema viene lasciato in evacuazione, l'acqua e l'aria vi entrano quando il sistema è aperto.)</p>
8. Trattamento dopo lo svuotamento.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Serrare i tappi con una chiave ad angolo.</li> <li>Staccare l'alimentazione dalla sezione di refrigerazione.</li> <li>Togliere il filo di cortocircuito dall'interruttore di bassa pressione.</li> <li>Arrestare le pompe dell'acqua di raffreddamento e dell'acqua refrigerata e il ventilatore a torre.</li> </ol>	<p>È preferibile aprire il sistema di refrigerazione quando la sua temperatura diventa uguale alla temperatura ambiente. (Per evitare la formazione di rugiada nella tubazione.)</p>
9. Mettere una targa di avvertimento sulla sezione di refrigerazione.	<p>Mettere una targa di avvertimento con su scritto "In corso di svuotamento" sulla sezione di refrigerazione.</p>	<p>Per evitare problemi.</p>

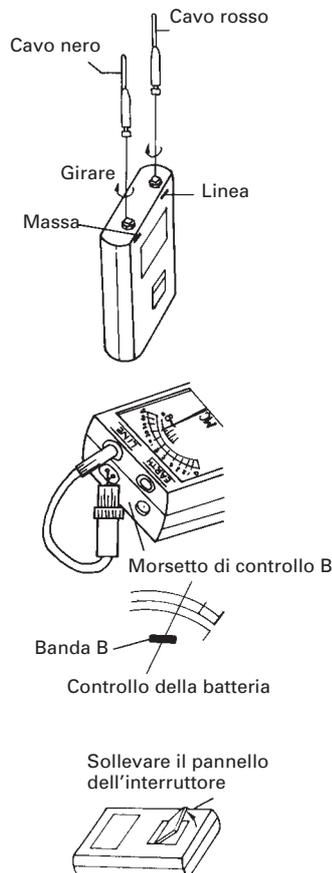
## 6.8 Come usare gli strumenti di misura

### 6.8.1 Megatester

#### Procedura di lettura

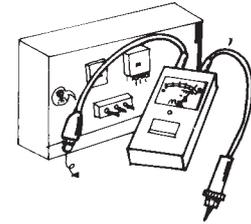
- (1) Inserire il cavo nero nel morsetto a massa e il cavo rosso nel morsetto L (linea). Girarli in senso orario per fissarli.
- (2) Controllo della batteria  
Mettere lo spinotto principale della sonda dalla parte della linea in contatto con il morsetto di controllo della batteria senza premere l'interruttore. Non mettere lo spinotto in contatto con entrambe le polarità. Se l'indice si sposta entro il segno B sulla scala, si può utilizzare la batteria. Se l'indice si trova oltre il segno B, significa che la batteria è scarica e deve essere sostituita.  
**Attenzione:**  
Non si può ottenere una lettura accurata se si preme l'interruttore prima di eseguire il controllo della batteria. Con il metodo del cappuccio dell'indice:  
Quando è impossibile utilizzare lo spinotto principale della sonda, inserire il cavo tra il cappuccio dell'ago e il cappuccio della sonda e bloccarlo con il cappuccio dell'indice.
- (3) Mettere la sonda in contatto con un oggetto da misurare e premere l'interruttore al centro; l'indice indicherà il suo isolamento.
- (4) Durante la lettura del tester continuamente per lunghi periodi, sollevare il pannello dell'interruttore al centro e bloccare in questo modo l'interruttore sulla posizione ACCESO.
- (5) Non dimenticare di spegnere l'interruttore dopo aver letto il valore sul megatester.

Fig. 6-80



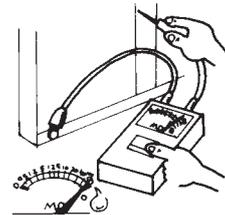
- Collegare il morsetto a massa.

Fig. 6-81



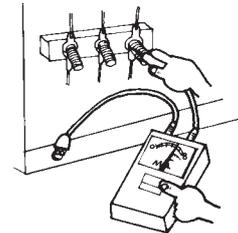
- Verificare il funzionamento del megatester.

Fig. 6-82



- Misurazione.

Fig. 6-83



## 6.8.2 Misuratore di serraggio

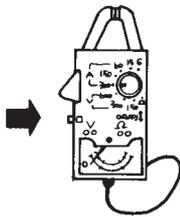
### (1) Precauzioni

- Controllare sempre la selezione della gamma prima di effettuare la misurazione.
- Se la corrente o tensione del circuito da testare è sconosciuta, iniziare sempre il controllo a partire dalla gamma più alta. Quando è stata accertata la gamma corretta, spostarsi su questa gamma.
- Non effettuare misurazioni con oltre 1000A per un periodo di tempo troppo lungo, o l'accumulo di calore nel nucleo influenzerà la lettura. È quindi meglio fare una o due misure di breve durata.
- La tensione nominale massima del circuito per questo strumento è di 600V. Per motivi di sicurezza, non misurare mai correnti alternate di oltre 600V in un circuito.
- Nella misurazione di correnti in presenza di un forte campo magnetico, l'indice può deviare occasionalmente anche se il nucleo di serraggio non è serrato su un conduttore. Se possibile, evitare la lettura in queste condizioni.
- Non lasciare lo strumento in ambienti con temperatura e umidità elevate.

### (2) Procedura di misura della corrente alternata

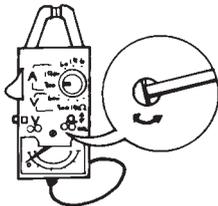
- ① Sbloccare il meccanismo di misurazione facendo scorrere il bloccaggio del misuratore verso destra.

Fig. 6-84



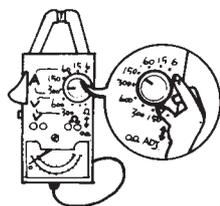
- ② Verificare se l'indice resta sullo "0". Altrimenti, regolarlo su "0" con la vite di regolazione.

Fig. 6-85



- ③ Regolare il selettore di gamma sulla gamma di corrente più elevata.

Fig. 6-86



- ④ Serrare il nucleo su un unico conduttore e mettere il conduttore il più vicino possibile al nucleo di serraggio.

Fig. 6-87

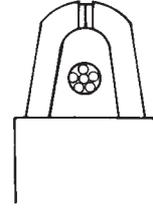
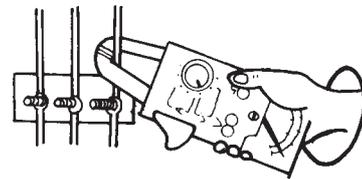
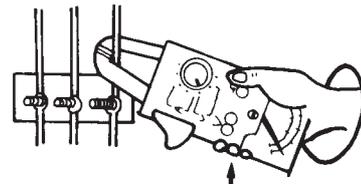


Fig. 6-88



- ⑤ Se l'indice si trova nella parte bassa della scala, scendere di una gamma alla volta fino a quando non si ottenga la gamma adatta per una misurazione accurata.
- ⑥ Se la misurazione viene eseguita in luoghi dove è difficile ottenere un'indicazione accurata, far scorrere l'interruttore di bloccaggio della misurazione verso sinistra e registrare in seguito il valore ottenuto.

Fig. 6-89



### 6.8.3 Misuratore di tensione (HIOKI HI TESTER MODELLO 3000)

In caso di zona di circuito ad elevata corrente (trasformatore di distribuzione e barra collettrice). Prima di eseguire qualsiasi misurazione, verificare due volte che l'interruttore della gamma sia regolato sulla posizione corretta. Se la gamma non è corretta, si può verificare un arco di esplosione pericoloso.

#### (1) Precauzioni

- ① Prima di eseguire la misura, accertarsi sempre che l'indice sia sullo 0 della scala. Altrimenti, regolarlo mediante la vite di regolazione dello zero.
- ② Verificare se il fusibile è saltato cortocircuitando assieme i cavi sonda del tester nella gamma . Se il misuratore è inefficace, accertarsi di verificare se il fusibile è saltato prima di continuare.
- ③ Accertarsi che la gamma selezionata sia più grande della corrente o tensione del circuito prima di provare a misurare. Quando si cambia gamma, interrompere il contatto dal circuito con uno dei cavi del tester.
- ④ Non usare questo tester per misurare alte tensioni su attrezzature che funzionano ad alta frequenza, p.e. forni a microonde, ecc. L'alta frequenza riduce la resistenza dielettrica del misuratore ad una frazione del suo valore nominale di frequenza commerciale e può provocare gravi scosse elettriche all'operatore.
- ⑤ Non lasciare il misuratore in un ambiente a temperatura e umidità elevate.

#### Test della batteria:

La tensione della batteria viene misurata con un carico da 10  $\Omega$  applicato alla batteria. Lo stato della batteria può essere determinato confrontando i valori ottenuti con questo metodo con quelli ottenuti con la gamma CC 3V. La scala è graduata da 0,9 a 1,8V.

Nota:

Quando si regola il tester come sopra, si introduce un carico interno "fittizio" di 10  $\Omega$ , in modo da ottenere un controllo accurato della batteria.

### (2) Istruzioni di funzionamento

#### DC V

Posizionare l'interruttore di gamma sulla gamma DC V (CC V), che è adatta al circuito da testare. Inserire il cavo nero del tester nel terminale  $\ominus$  e il cavo rosso nel terminale  $\oplus$ . Collegare il misuratore in parallelo con il carico: con il cavo nero del tester sul lato negativo  $\ominus$  e con il cavo rosso sul lato positivo  $\oplus$ .

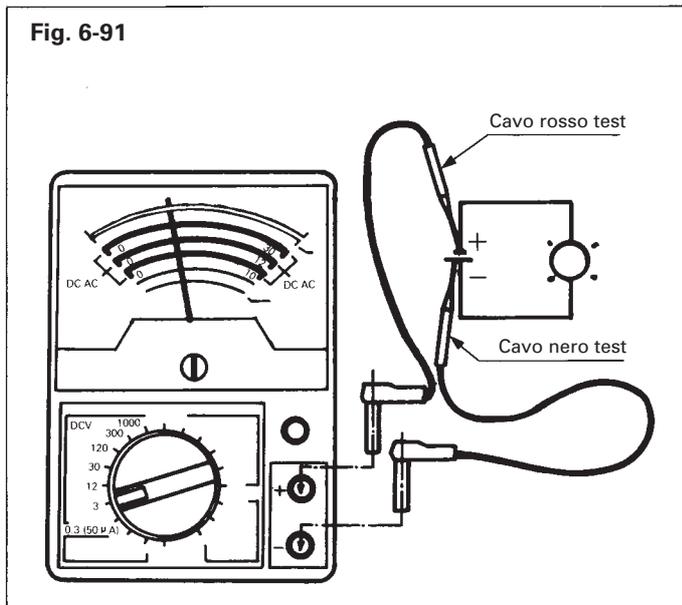


Fig. 6-91

#### DC mA

Posizionare l'interruttore di gamma sulla gamma DC mA (CC mA), che è adatta al circuito da testare. Inserire il cavo nero del tester nel terminale  $\ominus$  e il cavo rosso nel terminale  $\oplus$ . Togliere l'alimentazione al circuito da testare e collegare il misuratore in serie con il circuito; con il cavo nero del tester sul lato negativo  $\ominus$  e il cavo rosso sul lato positivo  $\oplus$ . I valori fino a 50  $\mu$ A si leggono sulla scala 10 e si moltiplicano di un fattore 5.

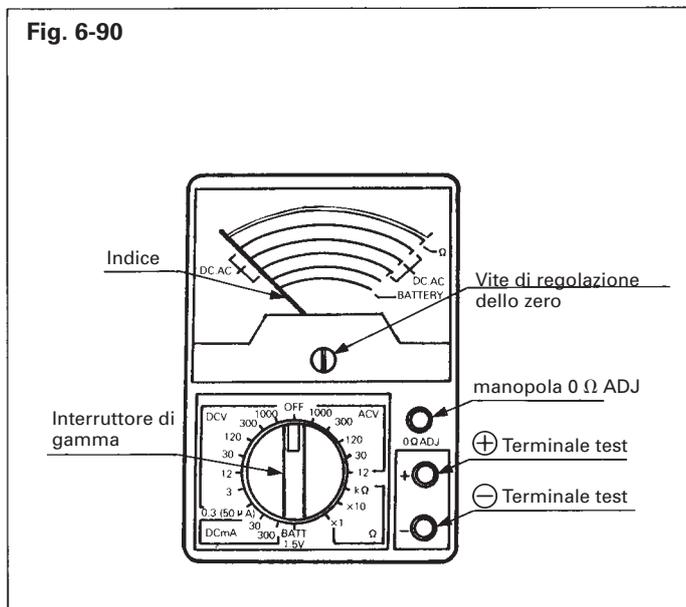


Fig. 6-90

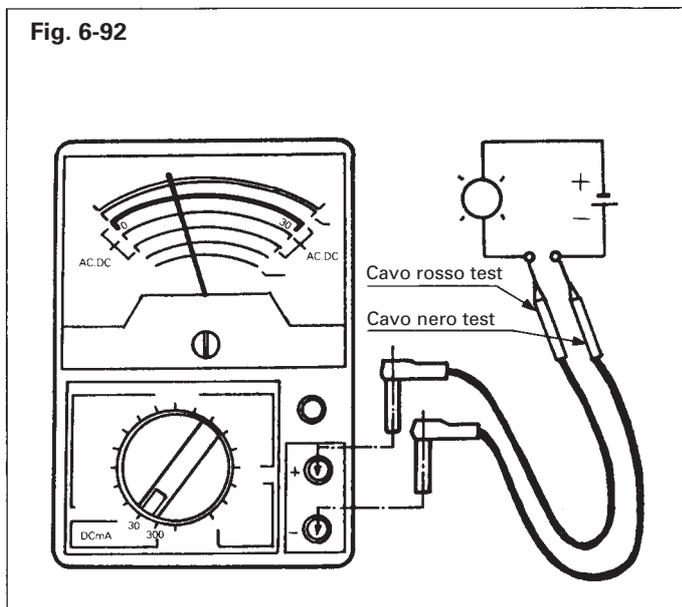
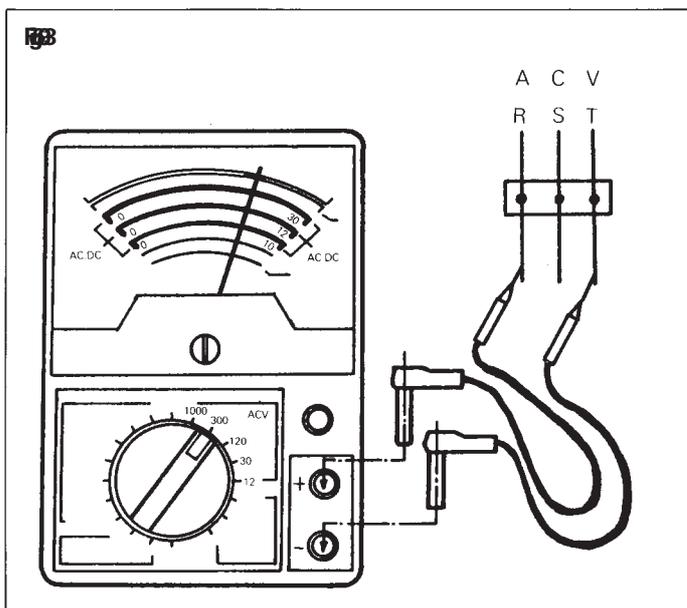


Fig. 6-92

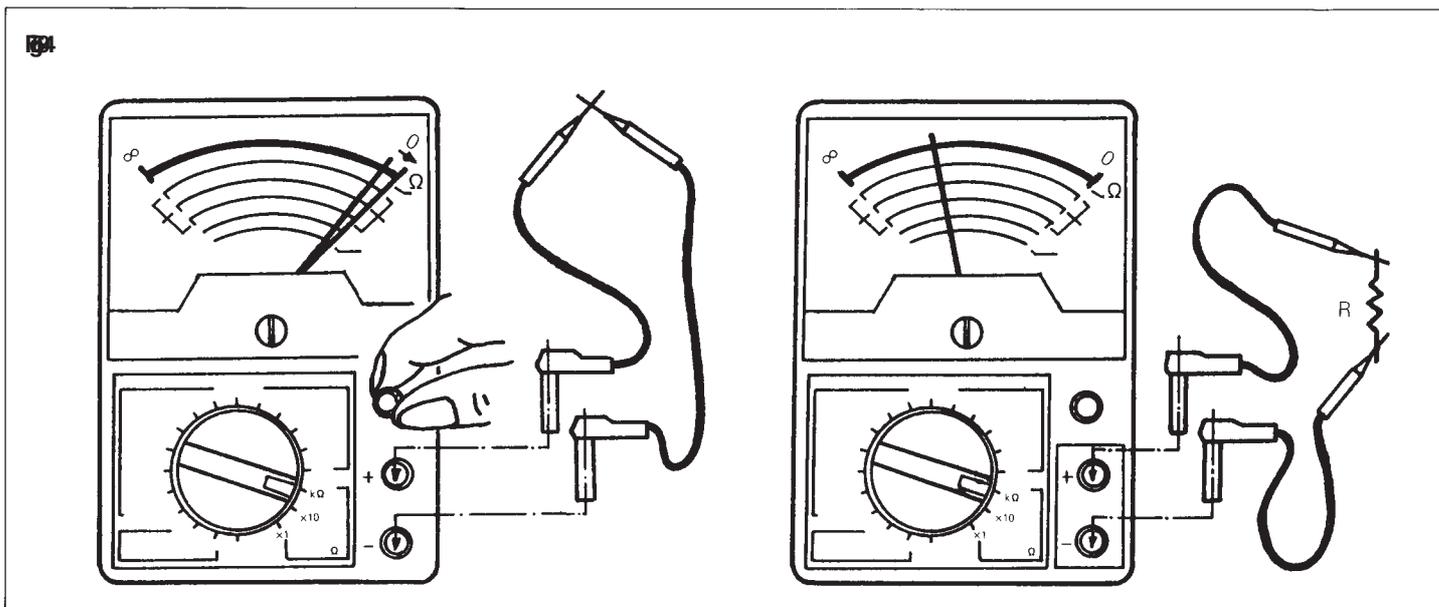
### AC V

Posizionare l'interruttore di gamma sulla gamma AC V (CA V) che è adatta al circuito da testare e procedere come per le misurazioni DC V.



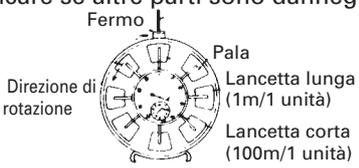
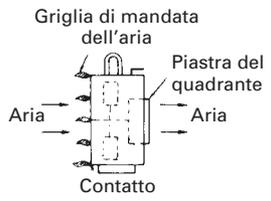
### $\Omega$

Posizionare l'interruttore di gamma sulla  $\Omega$  gamma adatta al circuito o strumento da testare. Inserire il cavo nero del tester nel terminale  $\ominus$  e il cavo rosso nel terminale  $\oplus$ . Cortocircuitare assieme i due cavi del tester e regolare l'indice su 0  $\Omega$  mediante la manopola  $\Omega$  ADJ. Se l'indice non devia completamente oltre il segno 0  $\Omega$ , sostituire la batteria di misurazione. Togliere sempre la corrente al circuito prima di eseguire misurazioni di resistenza.



### 6.8.4 Anemometro

Applicazione: misurazione della velocità dell'aria (1~15m/s)

Procedura	Punti	Osservazioni
1. Ispezione dell'anemometro	1. Verificare se le pale e l'alloggiamento sono deformati. 2. Verificare se altre parti sono danneggiate. <div style="text-align: center;">  </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Non lubrificare i cuscinetti. (Poiché l'abrasione dei cuscinetti deve essere costante.)</li> </ul>
2. Preparazione alla misurazione	1. Inserire l'anemometro in un supporto o metterlo su un ripiano in un punto di misura. 2. Regolare la lancetta d'indicazione su 0 e arrestarlo con il fermo. (Regolare la lancetta corta con la maniglia fissata e la lancetta lunga soffiando sulle pale.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Non tenerlo in mano poiché la resistenza varia. Ciò aumenta gli errori.</li> <li>● Non toccare le pale, altrimenti si verificano errori.</li> </ul>
3. Misurazione	1. Posizionare l'anemometro in modo che le lancette d'indicazione siano girate in senso orario. (Le pale dovrebbero essere girate in senso antiorario viste dal lato della graduazione.) 2. Rilasciare il fermo e misurare la velocità dell'aria per un certo periodo. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Misurarla almeno per 20 secondi in un punto e per oltre un'ora in totale.</li> </ul> Quando i siti di misura vengono spostati da un punto ad altri punti, osservare quanto riportato di seguito: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Arrestare le lancette d'indicazione mediante il fermo.</li> <li>● Registrare i valori misurati. (La registrazione è necessaria quando la distribuzione dell'aria non è equilibrata o il periodo di misura è lungo o i punti di misura sono tanti.)</li> <li>● Spostare l'anemometro al punto di misura successivo e rilasciare il fermo.</li> <li>● Arrestare le lancette d'indicazione mediante il fermo e leggere la graduazione per il periodo di misura. (La graduazione per la lancetta piccola è 100m e quella per la lancetta grande è 1m.)</li> <li>● Misurare la velocità dell'aria in ciascun punto di misura.</li> </ul>	<div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Non misurare la velocità dell'aria oltre i 15m/s.</li> <li>● Proteggere l'anemometro dalle gocce d'acqua.</li> <li>● Le misurazioni brevi aumentano gli errori.</li> <li>● La velocità dell'aria non può essere misurata se il diametro dell'uscita dell'aria di mandata è inferiore a 11cm.</li> <li>● Gli standard d'ispezione per l'anemometro regolati dall'Agenzia meteorologica sono i seguenti:           <ol style="list-style-type: none"> <li>1. L'errore deve essere inferiore a 1~10m/s -&gt; ±1m/s.</li> <li>2. L'errore deve essere inferiore a 10~15m/s -&gt; ± 10%.</li> </ol>           Perciò è consigliabile utilizzare l'anemomaster per misurazioni accurate.         </li> <li>● L'anemometro non può essere usato per misurare distribuzioni irregolari della velocità dell'aria.</li> </ul>
4. Completamento della misurazione	1. Registrare Mfg No. dell'anemometro e il fattore di correzione. 2. Rimettere l'anemometro nella custodia.	

#### Precauzione per la misurazione:

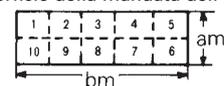
a. Dividere l'area di distribuzione dell'aria come indicato sotto e misurare la velocità dell'aria in molti punti. Ciò si applica sia all'anemometro che all'anemomaster, e ottenere la portata dell'aria mediante la somma della velocità dell'aria media e dell'area della mandata dell'aria.

● Velocità dell'aria (V) =  $\frac{(1)+(2) \dots\dots\dots + (9)+(10)}{10}$  (m/sec)

● Portata dell'aria (Q) = a x b x V x 60(m³/min.)

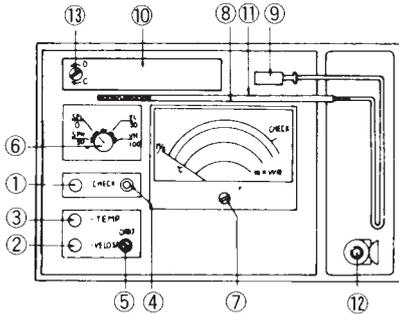
b. Se è difficile misurare la velocità dell'aria alla connessione del condotto o all'uscita di distribuzione dell'aria, effettuare la misurazione nello stesso modo all'entrata di aspirazione dell'aria.

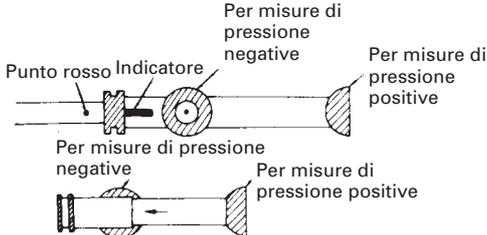
Superficie della mandata dell'aria



### 6.8.5 Anemomaster

Applicazione: misurazione della temperatura (-50°C~+150°C), misurazione della velocità dell'aria (0~40m/s), misurazione della pressione statica (0~500mmH<sub>2</sub>O)

Procedura	Punti	Osservazioni																
1. Taratura dell'indicatore	<p>1. Mettere lo strumento di misura in posizione orizzontale.</p> <p>2. Verificare che l'indicatore sia sullo 0 della graduazione di temperatura.</p> <p>(Se necessario regolarlo girando lentamente il correttore dello zero ⑦.)</p> 	<p>Regolazione delle batterie: Girare il dispositivo di fissaggio ⑬ del pannello della batteria ⑩ sulla posizione 0 e togliere il pannello. Inserire 4 pile a secco (CC 1,5V - tipo a prevenzione di perdite) con i poli nelle direzioni corrette, rimettere la molla nella posizione di partenza e fissare il dispositivo di fissaggio ⑬ sulla posizione C. (Se lo strumento non viene usato per lunghi periodi di tempo, togliere le batterie per evitare eventuali perdite di elettrolita.)</p> <p>① Pulsante dell'interruttore di controllo ② VELO SP ③ TEMP ④ Manopola di controllo ⑤ OADJ ⑥ Interruttore di gamma ⑦ Correttore dello zero</p> <p>⑧ Sensore ⑨ Elemento ⑩ Pannello della batteria ⑪ Interruttore di sicurezza ⑫ Adattatore della pressione statica ⑬ Dispositivo di fissaggio</p>																
2. Controllo della tensione	<p>Controllare la tensione prima di effettuare la misurazione.</p> <p>1. Togliere il sensore ⑧ dal supporto.</p> <p>2. Regolare la gamma di misura mediante l'interruttore di gamma ⑥ e premere VELO.SP ② o TEMP. ③.</p> <p>3. Girare la manopola di controllo ④ per verificare il segno, premendo il pulsante dell'interruttore di controllo ①.</p> <p>4. Quando questo interruttore viene rilasciato ①, si può iniziare a misurare.</p>	<p>Verificare la batteria con il metodo di controllo della tensione; p.e. fino a quando l'indicatore si trova sul lato destro del segno CHECK, la tensione è corretta (utilizzabile). (Girare completamente in senso orario la manopola ④. Se l'indicatore non può essere regolato sul lato destro del segno CHECK, la tensione non è corretta.)</p>																
3. Misurazione della temperatura (-50°C~+150°C)	<p>1. Regolare l'interruttore di gamma ⑥ entro i limiti di misura.</p> <p>2. Premere l'interruttore a pulsante TEMP ③, per la misurazione della temperatura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Se la misura viene eseguita in assenza di velocità dell'aria, far oscillare il sensore in aria a circa 1 m/s e leggere l'indicazione quando l'indice si è stabilizzato.</li> <li>● Gamma di misura e gamma di regolazione dell'interruttore di gamma ⑥.</li> </ul> <table border="1" data-bbox="933 1500 1460 1780"> <thead> <tr> <th></th> <th>Gamma di misura</th> <th>Parametri dell'interruttore di gamma</th> <th>Gamma di regolazione dell'interruttore di gamma</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temp.</td> <td>-50~+150°C</td> <td>-50 0 50 100</td> <td>-50~ 0°C 0~ 50°C 50~100°C 100~150°C</td> </tr> <tr> <td>Velocità dell'aria</td> <td>0~40m/s</td> <td>VL AH</td> <td>0~ 5m/s 3~40m/s</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0~500mmH<sub>2</sub>O</td> <td>SPL SPH</td> <td>0~ 50mmWG 50~500mmWG</td> </tr> </tbody> </table>		Gamma di misura	Parametri dell'interruttore di gamma	Gamma di regolazione dell'interruttore di gamma	Temp.	-50~+150°C	-50 0 50 100	-50~ 0°C 0~ 50°C 50~100°C 100~150°C	Velocità dell'aria	0~40m/s	VL AH	0~ 5m/s 3~40m/s		0~500mmH <sub>2</sub> O	SPL SPH	0~ 50mmWG 50~500mmWG
	Gamma di misura	Parametri dell'interruttore di gamma	Gamma di regolazione dell'interruttore di gamma															
Temp.	-50~+150°C	-50 0 50 100	-50~ 0°C 0~ 50°C 50~100°C 100~150°C															
Velocità dell'aria	0~40m/s	VL AH	0~ 5m/s 3~40m/s															
	0~500mmH <sub>2</sub> O	SPL SPH	0~ 50mmWG 50~500mmWG															

Procedura	Punti	Osservazioni
4. Velocità dell'aria	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fissare l'adattatore della pressione statica ⑫ al sensore ⑧ e posizionarli verticalmente (La zona di rivelazione si trova in alto). Tappare con un dito il foro sul lato per non far entrare la corrente d'aria.</li> <li>2. Regolare l'interruttore di gamma ⑩ alla velocità dell'aria di V.L o V.H.</li> <li>3. Premere VELO.SP ② e misurare la velocità dell'aria con l'indicatore su 0 m/s. (Se l'indicatore non si trova su 0 m/s, girare OADJ (5) per regolarlo su 0 m/s.)</li> <li>4. Togliere l'adattatore della pressione statica e dirigere il segno della direzione dell'aria (punto rosso) sopravvento per misurare la velocità dell'aria.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Quando l'indicazione diventa stabile, leggere il valore sulla graduazione.</li> </ul>
5. Misurazione della pressione statica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fissare l'adattatore della pressione statica ⑫ al sensore ⑧ e posizionarli verticalmente con la zona di rivelazione rivolta verso il basso. Tappare con un dito il foro per non far entrare la corrente d'aria.</li> <li>2. Posizionare l'interruttore di gamma ⑥ sulla pressione statica S.P.L. o S.P.H.</li> <li>3. Premere il pulsante VELO.SP ② e misurare la pressione statica con l'indicatore su 0 mmH<sub>2</sub>O (pressione statica). (Se l'indicatore non si trova su 0 mmH<sub>2</sub>O, girare 0 ADJ per regolarlo su 0 mmH<sub>2</sub>O.)</li> <li>4. Dopo aver completato la misurazione, fare un foro di diametro 10mm in punto di misura, come ad esempio un condotto, e premere il disco di aspirazione dell'adattore della pressione statica ⑫ verticalmente sul foro per sigillarlo, quindi misurare la pressione statica.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Regolare la linea d'indicazione dell'adattatore della pressione statica ⑫ sul punto rosso del sensore e serrare l'adattatore. Per misurare pressioni positive, premere sulla testa. Per misurare pressioni negative, premere sul lato. Fare in modo che l'aria passi nella direzione indicata dalla freccia sull'adattatore della pressione statica.</li> </ul> 
6. Completamento della misurazione	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dopo aver completato la misura, premere leggermente il pulsante TEMP ③ o il pulsante VELO.SP ②, e questi due pulsanti escono dalle loro posizioni iniziali. (A questo punto il circuito è disattivato.)</li> <li>2. Viene fornito un interruttore di sicurezza ⑪ per togliere l'alimentazione quando il sensore è premuto nel supporto. Perciò non dimenticare di premerlo.</li> <li>3. Estrarre l'elemento ⑨.</li> </ol>	



## 6 Vuoto

### (Misurazione tipo 201)

#### Misurazione delle vibrazioni (ACC)

##### (1) Preparazione-taratura

- 1-1 Selezionare l'interruttore di alimentazione ⑥ su BATT, e verificare che la tensione della batteria si trovi nella gamma dell'indicatore ③. ((Se è oltre il limite, sostituire la batteria con una nuova.)
- 1-2 Girare la manopola di livello ① in senso antiorario e selezionare "SENS" nella finestra ③ dell'indicatore.
- 1-3 Selezionare l'interruttore di alimentazione ⑥ su ACCESO (ON).
- 1-4 Selezionare il commutatore del tipo di rivelazione ④ su "P-P".
- 1-5 A questo punto, il valore numerico di  $\square$  mV/kgal indicato nella tabella di sensibilità pickup allegata a questo strumento viene uguagliato all'indicazione del misuratore, girando il regolatore di livello ⑤ per la taratura.  
Le scale da uguagliare vanno da 120 a 80 graduate nella linea inferiore.

##### (2) Misurazione

- 2-1 Selezionare il commutatore di misurazione degli elementi ② su "ACC" e "10Hz".
- 2-2 Girare la manopola di livello in senso orario e selezionarla sulla posizione che è più facile da leggere, purché l'indicazione del misuratore non sia nella gamma di vibrazione.
- 2-3 Il modo di leggere i valori della misurazioni è il seguente. Le cifre rappresentate nella finestra dell'indicatore sono i valori in grandezza naturale. Per esempio, quando viene rappresentato il valore numerico 100 nella finestra ed è indicato 5, si deve leggere come segue:  
 $50 \times 10 \times 500\text{Gal} = 0,5\text{G}$   
A condizione che il commutatore del tipo di rivelazione ④ sia stato in selezionato precedenza su P-P, il fattore moltiplicativo nella suddetta equazione è x 10 nel caso di accelerazione delle vibrazioni.

#### Misurazione delle vibrazioni (VEL)

##### (1) Preparazione-taratura

- 1-1 Selezionare l'interruttore di alimentazione ⑥ su BATT, e verificare che la tensione della batteria si trovi nella gamma dell'indicatore ③. (Se è oltre il limite, sostituire la batteria con una nuova.)
- 1-2 Girare la manopola di livello ① in senso antiorario e selezionare "SENS" nella finestra ③ dell'indicatore.
- 1-3 Selezionare l'interruttore di alimentazione ⑥ su "ACCESO" (ON).
- 1-4 Selezionare il commutatore del tipo di rivelazione ④ su "P-P".
- 1-5 A questo punto, il valore numerico di  $\square$  mV/kgal indicato nella tabella di sensibilità pickup allegata a questo strumento viene uguagliato all'indicazione del misuratore, girando il regolatore di livello ⑤ per la taratura.  
Le scale da uguagliare vanno da 120 a 80 graduate nella linea inferiore.

##### (2) Misurazione

- 2-1 Selezionare il commutatore di misurazione degli elementi ② su "VEL" e "10Hz".
- 2-2 Girare la manopola di livello in senso orario e selezionarla sulla posizione che è più facile da leggere, purché l'indicazione del misuratore non sia nella gamma di vibrazione.
- 2-3 Il modo di leggere i valori della misurazioni è il seguente. Le cifre rappresentate nella finestra dell'indicatore sono i valori in grandezza naturale. Per esempio, quando viene rappresentato il valore numerico 300 nella finestra ed è indicato 2, si deve leggere come segue:  
 $200 \times 1 = 200\text{mm/S}$   
A condizione che il commutatore del tipo di rivelazione ④ sia stato selezionato in precedenza su "P-P", il fattore moltiplicativo nella suddetta equazione è x 1 nel caso di velocità delle vibrazioni (sul lato di 10Hz).

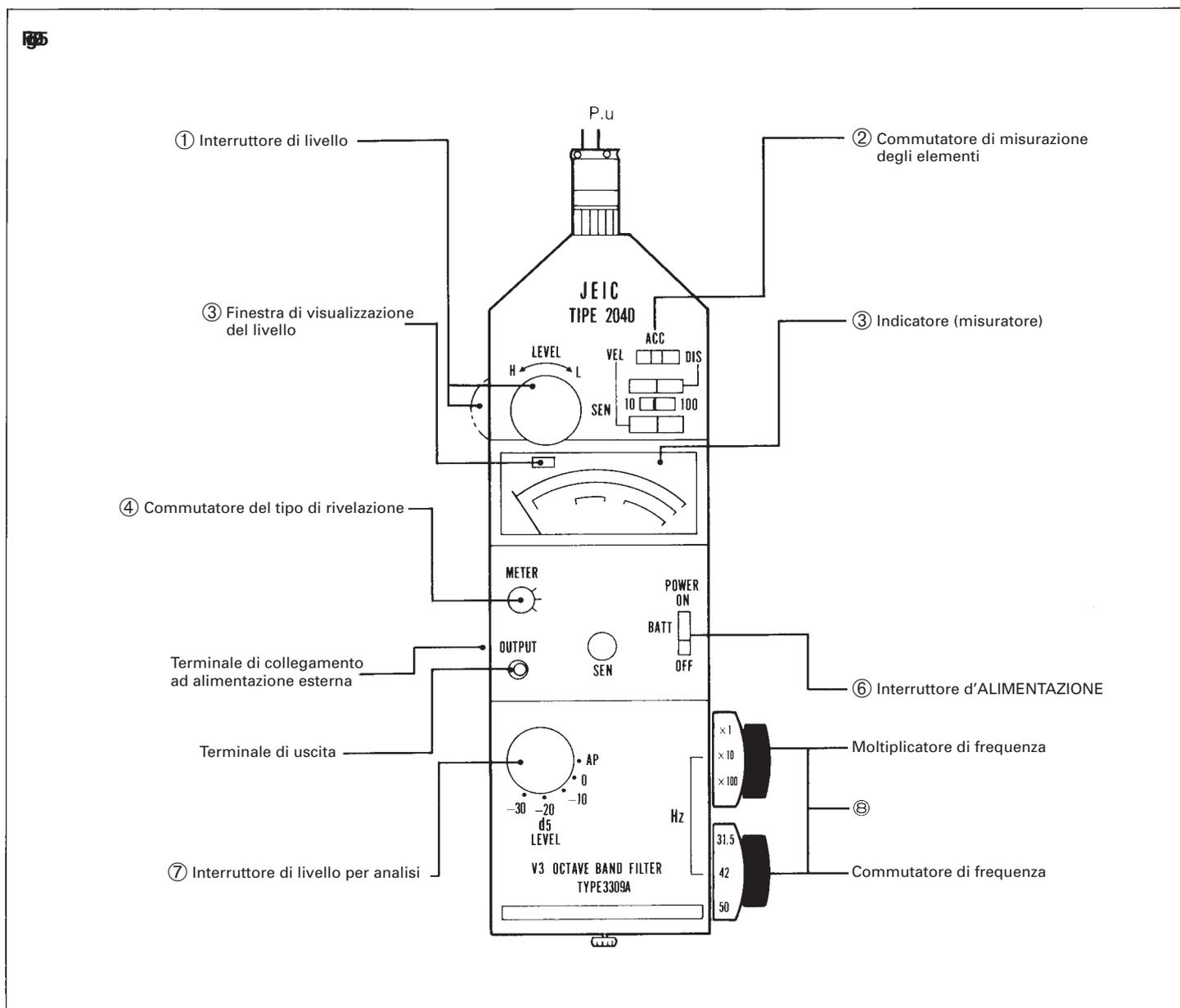
### Misurazione di ampiezza delle vibrazioni

#### (1) Preparazione-taratura

- 1-1 Selezionare l'interruttore di alimentazione ⑥ su BATT, e verificare che la tensione della batteria si trova nella gamma dell'indicatore ③. (Se è oltre il limite, sostituire la batteria con una nuova.)
- 1-2 Girare la manopola di livello ① in senso antiorario e selezionare "SENS" nella finestra ③ dell'indicatore.
- 1-3 Selezionare l'interruttore di alimentazione ⑥ su "ACCESO" (ON).
- 1-4 Selezionare il commutatore del tipo di rivelazione ④ su "P-P".
- 1-5 A questo punto, il valore numerico di  $\square$  mV/kgal indicato nella tabella di sensibilità pickup allegata a questo strumento viene uguagliato all'indicazione del misuratore, regolando il volume del regolatore di livello ⑤ per la taratura.  
Le scale da uguagliare vanno da 120 a 80 graduate nella linea inferiore.

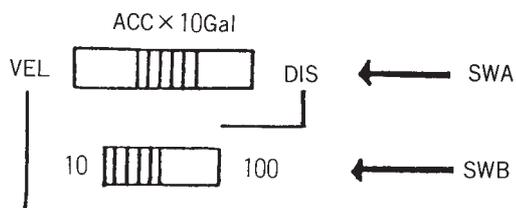
#### (2) Misurazione

- 2-1 Quando si esegue una misurazione nella gamma di frequenza da 10 a 100Hz, selezionare il commutatore di misurazione degli elementi ② su "DIS" e "10Hz".
- 2-2 Girare la manopola di livello in senso orario e selezionarla sulla posizione che è più facile da leggere, purché l'indicazione del misuratore non sia nella gamma di vibrazione.
- 2-3 Il modo di leggere i valori della misurazioni è il seguente. Le cifre rappresentate nella finestra dell'indicatore sono i valori in grandezza naturale. Per esempio, quando viene rappresentato il valore numerico ③ nella finestra ed è indicato 1,4, si deve leggere come segue:  
 $1,4 \times 100 = 140 \mu m$   
A condizione che il commutatore del tipo di rivelazione ④ sia stato selezionato in precedenza su "P-P", il fattore moltiplicativo nella suddetta equazione è  $\times 100$  nel caso di ampiezza delle vibrazioni.



**Supplemento 1**  
**Commutatore di misurazione degli elementi**

②



In questo caso, SWA è l'interruttore superiore e SWB è l'interruttore inferiore. Selezionando SWA, sono possibili le seguenti misurazioni.

Con ACC accelerazione delle vibrazioni

Con VEL velocità delle vibrazioni

Con DIS ampiezza delle vibrazioni

Mediante combinazioni SWA-SWB, la gamma di frequenza e la gamma di misura sono indicate nella seguente tabella

SWA	SWB	gamma di frequenza (Hz)	gamma di misura
ACC (Accelerazione)	10*	10~8.000	3~30.000
	100	10~8.000	3~30.000
VEL (Velocità)	10*	10~1.000	0,3~3.000mm/s
	100	100~8.000	0,03~ 300mm/s
DIS (Ampiezza)	10	10~ 100	30~100.000 μ
	100	100~1.000	0,3~ 1.000 μ

Inoltre, SWB con il segno \* viene generalmente utilizzato molte volte.

**Supplemento 2**

Modo di leggere il valore indicato (con P.U. TYPE 2155)  
 Come esempio, verrà descritta la misurazione dell'accelerazione delle vibrazioni (ACC).

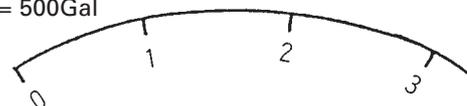


Quando viene visualizzato "100<sub>110</sub>" nella finestra di visualizzazione del livello ③ mediante azionamento dell'interruttore di livello ①, il valore "10" in grandezza naturale su questa scala graduata diventa "100" in cifre nere. E, se si calcola tenendo conto del fattore moltiplicativo ACC di "x 10Gal", il valore in grandezza naturale è il seguente:

$$100 \times 10 = 1000\text{Gal}$$

Quando viene indicata la scala "5", si deve leggere come segue:

$$50 \times 10 = 500\text{Gal}$$



Quando viene visualizzato "30<sub>100</sub>" nella finestra di visualizzazione del livello ③ mediante azionamento dell'interruttore di livello ①, il valore "3" in grandezza naturale su questa scala graduata diventa "30" in cifre nere. E, se si calcola tenendo conto del fattore moltiplicativo ACC di "x 10Gal", il valore in grandezza naturale è il seguente:

$$30 \times 10 = 300\text{Gal}$$

Quando viene indicata la scala "1,6", si deve leggere come segue:

$$16 \times 10 = 160\text{Gal}$$



## Capitolo 7 Installazione

7.1 Problemi connessi al lavoro d'installazione .....	132
7.2 Procedura d'installazione .....	133
7.3 Scelta di un luogo d'installazione adatto .....	135
7.3.1 Sezioni di condensazione (esterne) .....	135
7.3.2 Sezioni termoventilanti (interne) .....	135
7.4 Introduzione del condizionatore d'aria .....	136
7.5 Precauzioni durante l'installazione .....	137
7.5.1 Spazio per la manutenzione .....	137
7.5.2 Installazione delle sezioni .....	137
7.6 Fare un foro in un tubo .....	137
7.7 Tubazione del refrigerante .....	138
7.7.1 Installazione della tubazione del refrigerante .....	138
7.7.2 Lunghezza della tubazione e differenza di livello ammissibili .....	143
7.7.3 Lunghezza effettiva e lunghezza equivalente della tubazione .....	144
7.7.4 Controllo delle perdite .....	144
7.7.5 Evacuazione .....	145
7.7.6 Carica di refrigerante .....	145
7.8 Connessione dei cavi d'alimentazione e dei cavi di collegamento .....	146
7.8.1 Un esempio di condizionatori d'aria di tipo split .....	146
7.8.2 Spessore dei fili elettrici .....	146
7.8.3 Procedura di messa a terra .....	149
7.9 Isolamento termico .....	150
7.10 Tubazione di drenaggio .....	151
7.11 Lavoro di finitura .....	151
7.12 Controlli finali .....	151
7.13 Prova di funzionamento .....	151
7.14 Punti di controllo dell'installazione (Sommaro) .....	152

## Capitolo 7 Installazione

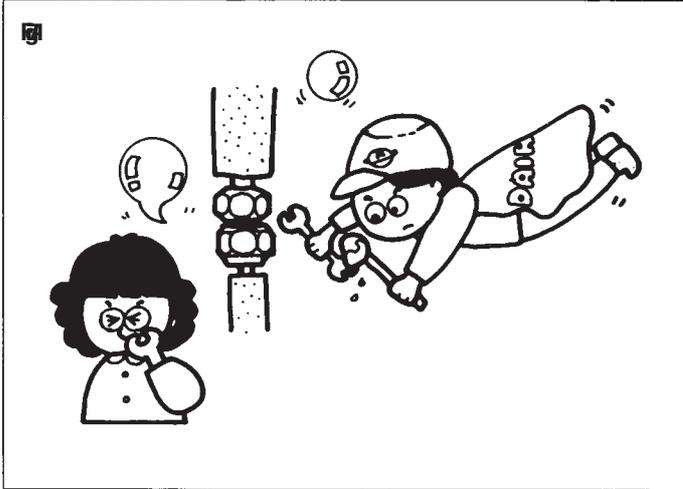
### 7.1 Problemi connessi al lavoro d'installazione

Per quanto buone possano essere le condizioni del condizionatore d'aria, se non viene installato correttamente non è in grado di fornire la massima capacità.

Un'installazione non corretta del condizionatore d'aria può causare vari problemi che necessitano interventi di assistenza. Le seguenti cinque illustrazioni descrivono i problemi tipici che si possono verificare in seguito ad installazione errata.

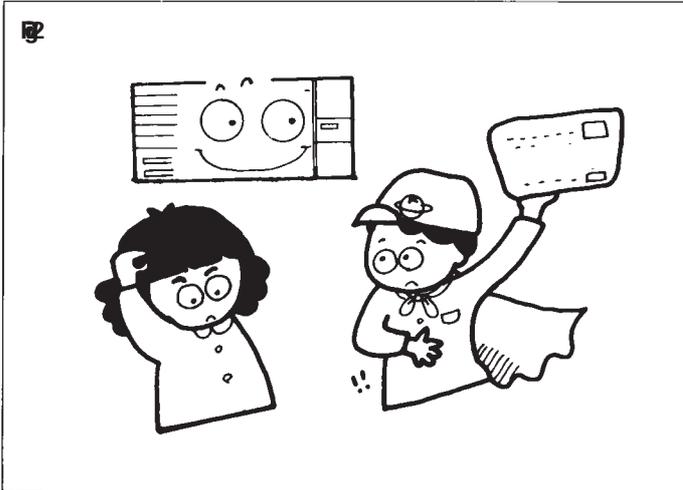
#### (1) Assenza di raffreddamento o raffreddamento insufficiente

- Perdita di refrigerante



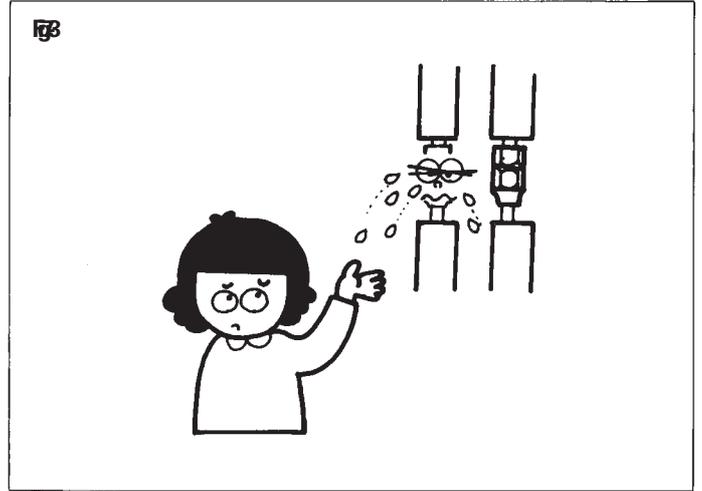
#### (2) Funzionamento errato

- Spiegazione insufficiente al cliente sul modo di funzionamento del condizionatore d'aria.



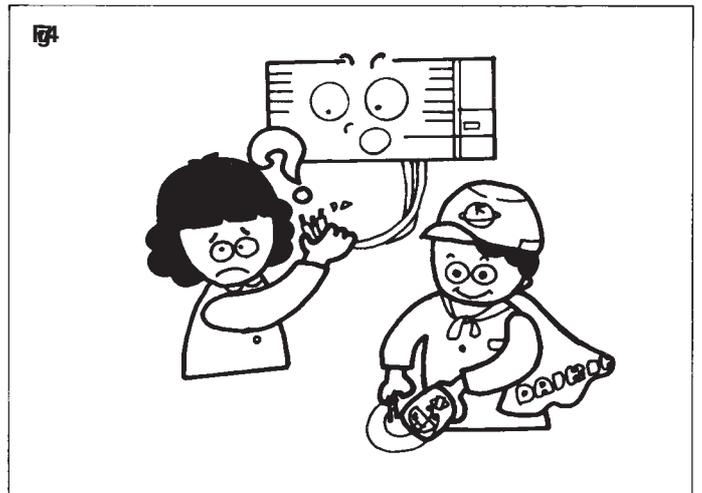
#### (3) Fuoriuscita d'acqua

- Il tubo di drenaggio non è collegato correttamente.
- La tubazione non è isolata correttamente.



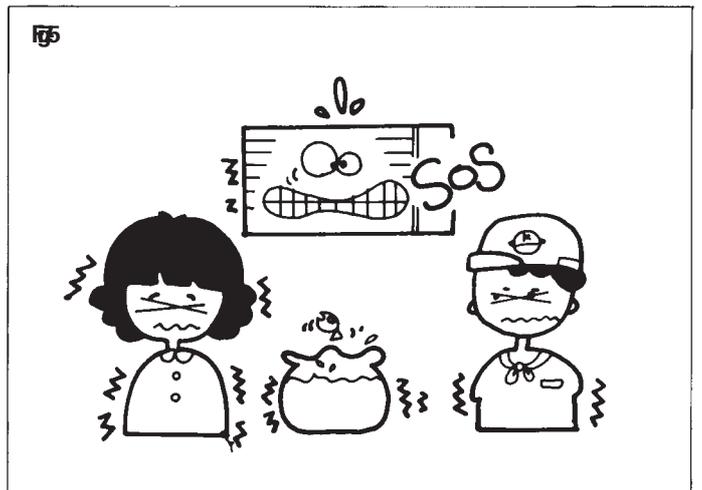
#### (4) Non funzionante

- Il cablaggio locale non è connesso correttamente.
- La tensione è sbagliata.



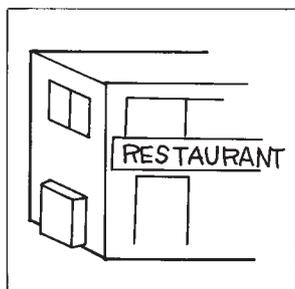
#### (5) Funzionamento rumoroso

- Una o entrambe le sezioni termoventilante (interna) e di condensazione (esterna) non sono installate correttamente.
- La tubazione fornita localmente non è adatta.

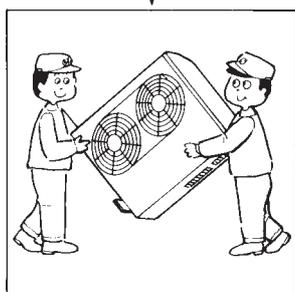


## 7.2 Procedura d'installazione

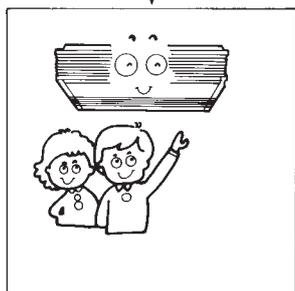
Viene descritto di seguito l'ordine dei lavori d'installazione. Esso differisce naturalmente a seconda dei modelli, per cui si deve leggere attentamente il manuale d'installazione fornito assieme a ciascun prodotto.



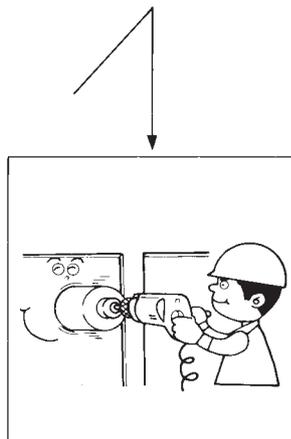
(1) Scelta di un luogo d'installazione adatto.  
Vedere 7.3.



(2) Introduzione del condizionatore d'aria.  
Vedere 7.4.



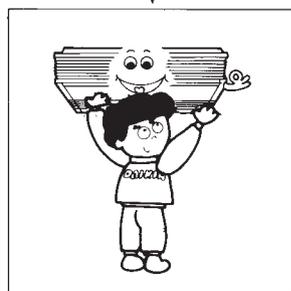
(3) Determinazione di una posizione d'installazione per la sezione termoventilante (interna).  
Vedere 7.5.



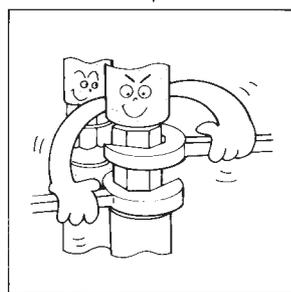
(4) Fare un foro in un tubo.  
Vedere 7.6.



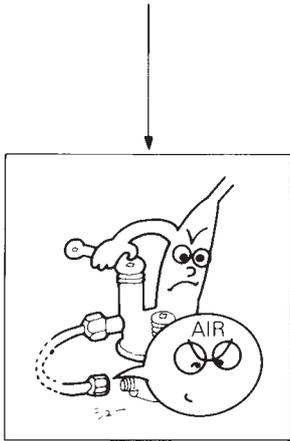
(5) Installazione della sezione di condensazione (esterna).  
Vedere 7.5



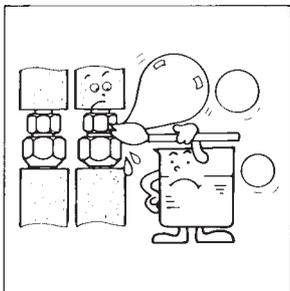
(6) Installazione della sezione termoventilante (interna).  
Vedere 7.5



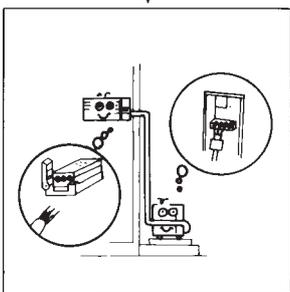
(7) Collegamento della tubazione.  
Vedere 7.7.



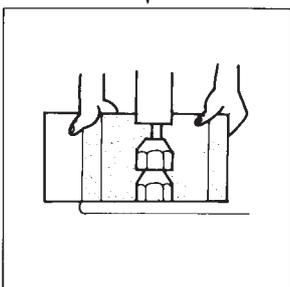
(8) Evacuazione.  
Vedere 7.7.5.



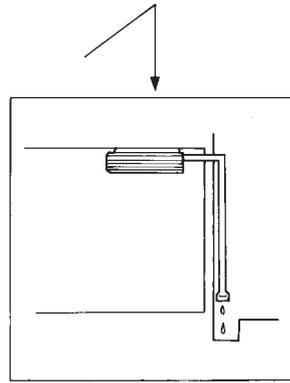
(9) Controllo delle  
perdite.  
Vedere 7.7.4.



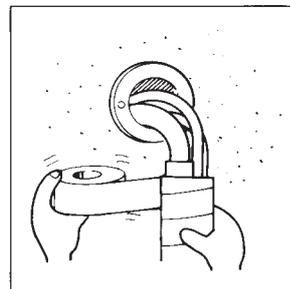
(10) Cablaggio locale.  
Vedere 7.8.



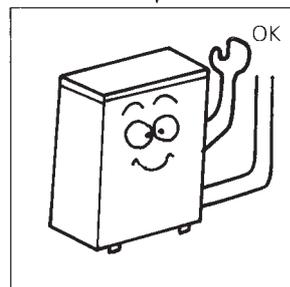
(11) Isolamento.  
Vedere 7.9.



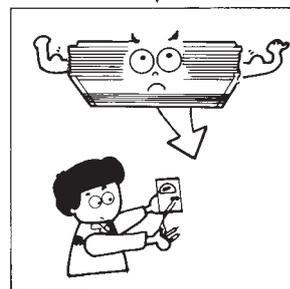
(12) Tubazione di  
drenaggio.  
Vedere 7.10.



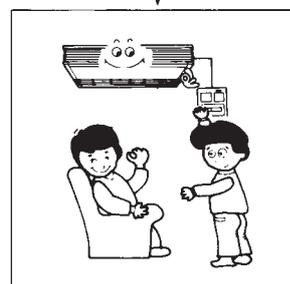
(13) Lavoro di finitura.  
Vedere 7.11.



(14) Controlli finali.  
Vedere 7.12.



(15) Prova di  
funzionamento.  
Vedere 7.13.



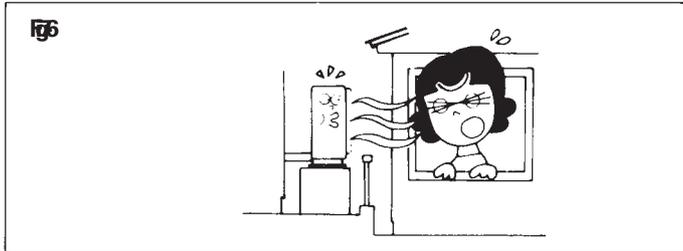
(16) Incarico  
Spiegare al cliente  
come far funzionare  
correttamente il  
condizionatore  
d'aria in conformità  
con il manuale di  
funzionamento.

### 7.3 Scelta di un luogo d'installazione adatto

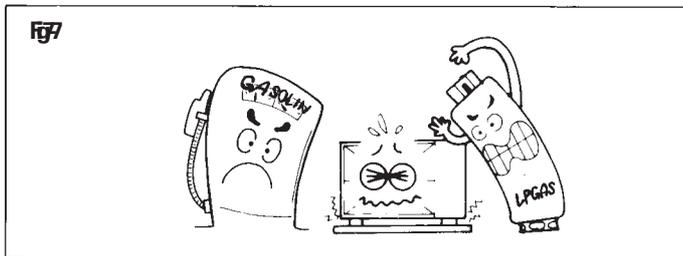
#### 7.3.1 Sezione di condensazione (esterna)

Scegliere un luogo adatto per le sezioni di condensazione (esterne), considerando le seguenti condizioni.

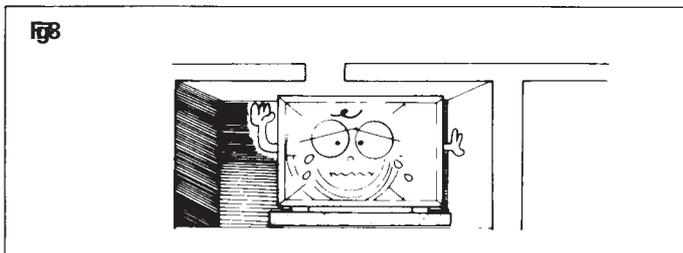
(1) Un luogo dove l'aria di mandata non disturbi i vicini.



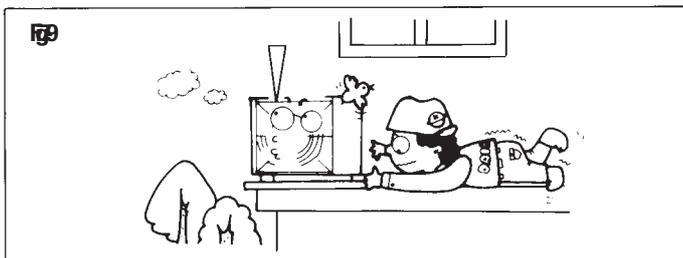
(2) Un luogo autorizzato dalle disposizioni amministrative.



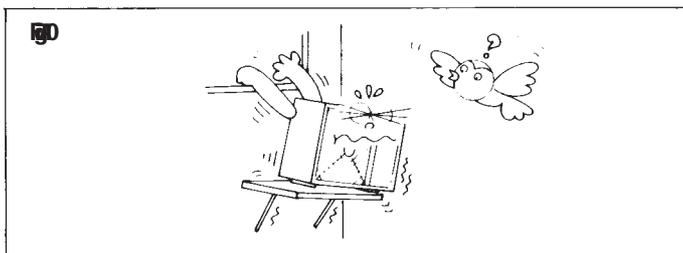
(3) Un luogo in cui non vi siano ostacoli al flusso d'aria entrante e uscente dalla sezione di condensazione (esterna).



(4) Un luogo facilmente accessibile alla manutenzione.



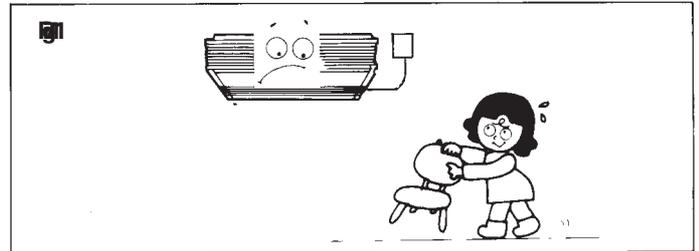
(5) Un luogo in cui la sezione di condensazione (esterna) possa essere installata saldamente.



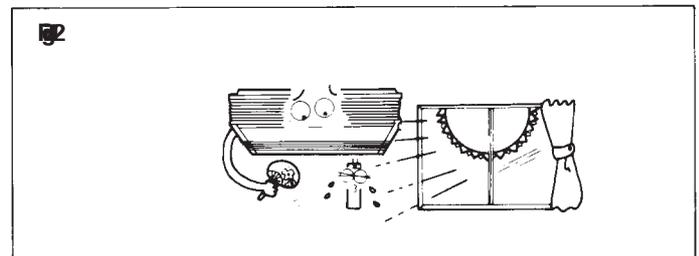
#### 7.3.2 Interni

Scegliere un luogo adatto per le sezioni termoventilanti (interne), considerando le seguenti condizioni.

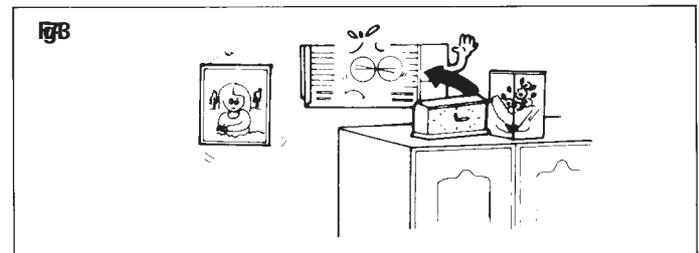
(1) Un luogo dal quale sia possibile far funzionare facilmente la sezione termoventilante (interna).



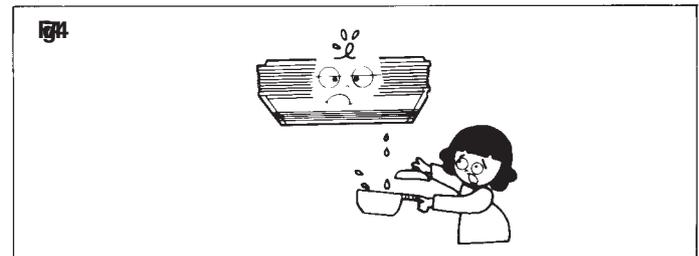
(2) Un luogo in cui il comando a distanza non sia colpito direttamente dalla luce del sole.



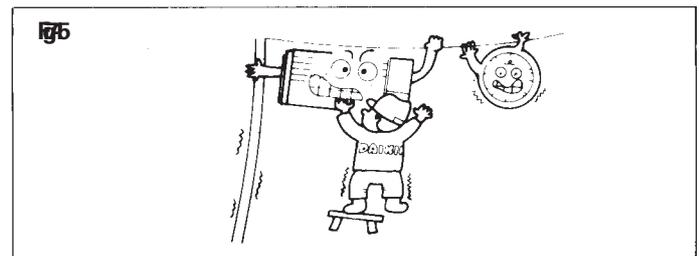
(3) Un luogo dove l'aria scaricata dalla sezione termoventilante (interna) non sia trascinata di nuovo dentro.



(4) Un luogo dal quale l'acqua di drenaggio possa essere facilmente estratta verso l'esterno.



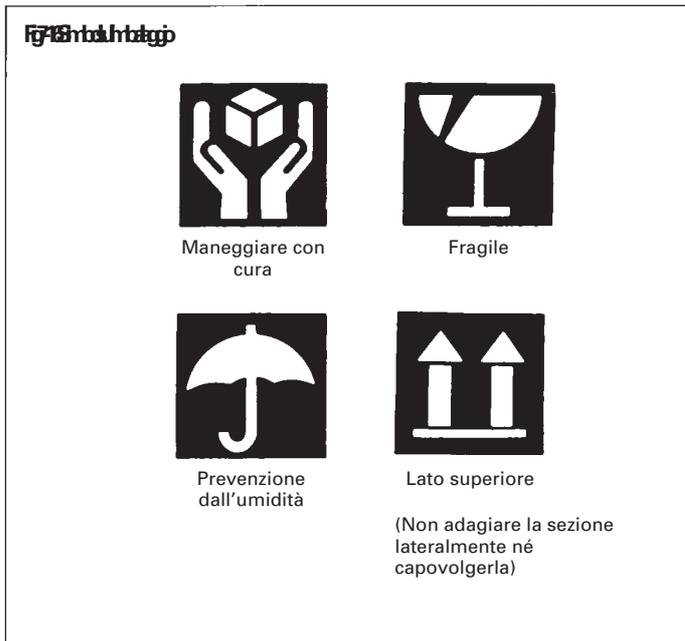
(5) Un luogo sufficientemente resistente da poter sostenere la sezione.



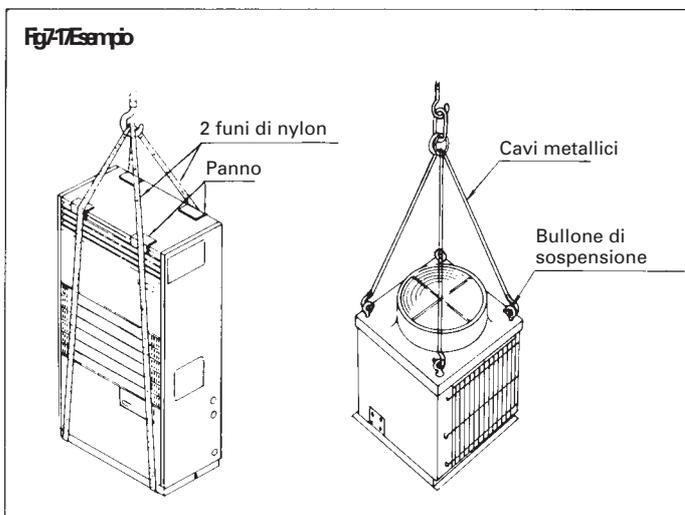
## 7.4 Introduzione del condizionatore d'aria

In questo paragrafo vengono fornite le informazioni generali su come introdurre il condizionatore d'aria. Prima di introdurre il prodotto, determinare in che modo introdurlo, quindi farlo entrare con cautela, facendo riferimento al manuale d'installazione e al manuale di assistenza tecnica.

- (1) Introdurre la sezione imballata, il più vicino possibile al sito d'installazione, facendo attenzione a non danneggiare l'unità interna.
- (2) Vengono riportati di seguito i simboli utilizzati durante il trasporto, indicanti le rispettive precauzioni necessarie. Maneggiare quindi il prodotto tenendo conto delle avvertenze indicate dai simboli sull'imballaggio.



- (3) Non adagiare la sezione sulla quale è montato il compressore.
- (4) En caso de utilizar cuerdas de nilón (o cables metálicos) para la entrada del material, suspenda la unidad tal como se indica en la Fig. 7-17.

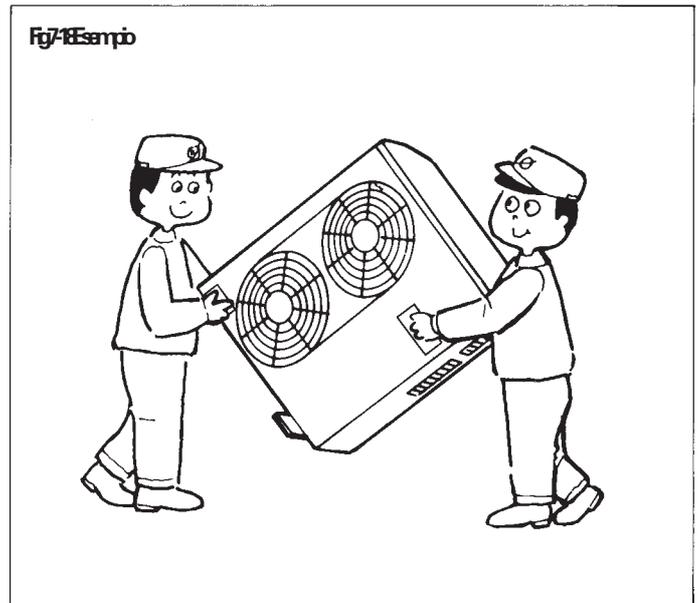


- \* Ciascun prodotto è studiato per essere introdotto correttamente in tutta sicurezza purché si seguano le istruzioni indicate nei rispettivi manuali d'installazione e di funzionamento o di assistenza tecnica.

- (5) Seguire le istruzioni relative alle posizioni di presa per introdurre il prodotto.

### Esempio

- Usare le impugnature sulla destra e sulla sinistra e introdurre la sezione come indicato nella figura. (Il compressore è sulla destra.)



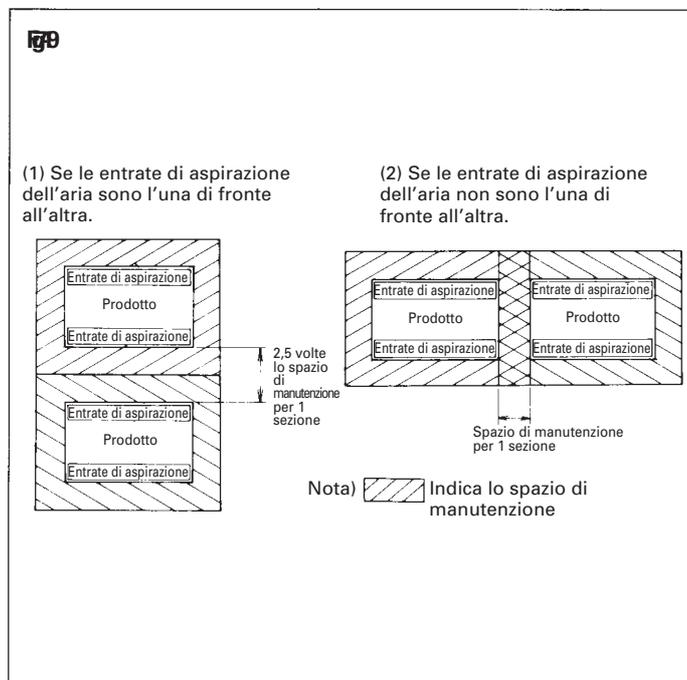
- (6) Durante il disimballaggio, controllare che gli accessori siano custoditi correttamente, quindi immagazzinarli attentamente in modo da non perderli.

## 7.5 Precauzioni durante l'installazione

Prima d'installare la sezione nella posizione prestabilita, accertarsi di lasciare uno spazio per la manutenzione, come indicato nei rispettivi manuale tecnico e d'installazione e, al tempo stesso, esaminare il locale.

### 7.5.1 Spazio per la manutenzione

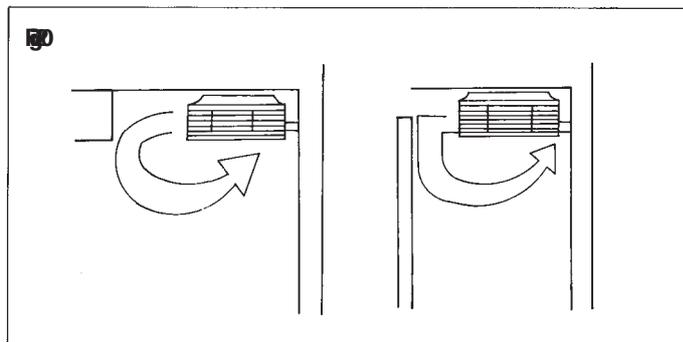
- In generale, lo spazio per i lavori d'installazione è di oltre 600mm e lo spazio per la manutenzione è di oltre 1200mm. Tenendo presenti questi dettagli, consultare il manuale tecnico.
- Nel caso in cui due sezioni di condensazione raffreddate ad aria siano installate in parallelo. Lo spazio minimo per la manutenzione è indicato sotto. Tuttavia, questo spazio differisce a seconda dei modelli, per cui si devono seguire le rispettive istruzioni di installazione.



### 7.5.2 Avvertenze

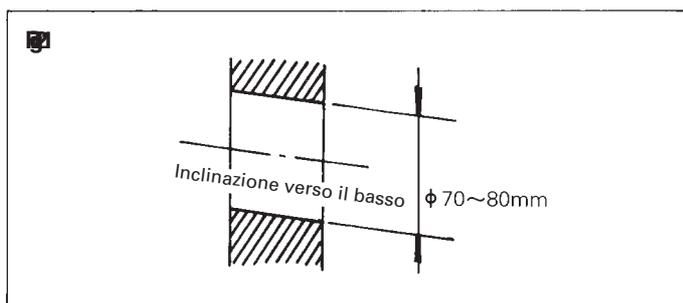
- Si consideri la distribuzione dell'aria in un locale sulla base della struttura del locale e la disposizione degli occupanti e dei mobili.
- Installare la sezione in un luogo in cui le pareti o gli ostacoli non interrompano i percorsi dell'aria dentro e fuori dalla sezione. (Se il percorso dell'aria viene disturbato, non si può ottenere l'efficienza di raffreddamento predefinita e inoltre si ha formazione di rugiada nel rivestimento, che può provocare perdite d'acqua.)
- Evitare d'installare la sezione in posti vicino a porte o alla cucina in modo da non aspirare aria o aria viziata non necessaria.
- Se la sezione viene montata sulla parete, installarla attentamente in modo da non trasmettere le vibrazioni di funzionamento alla parete. Lasciare uno spazio sufficiente per l'assistenza tecnica.

Esempi di installazione non corretta  
Se l'aria distribuita è cortocircuitata, la capacità di raffreddamento o di riscaldamento verrà notevolmente ridotta.



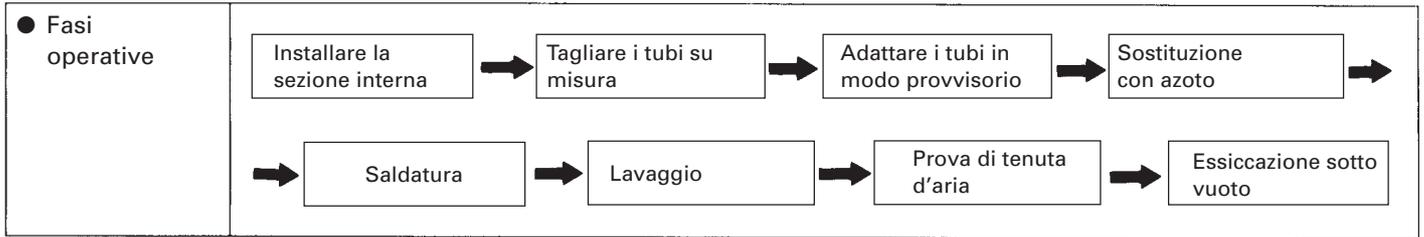
## 7.6 Fare un foro in un tubo

Fare un foro in un tubo. Nel caso di condizionatori d'ambiente, il diametro adatto per il foro è di 70-80mm. La posizione del foro deve essere inferiore a quella dell'uscita di scarico in modo che l'acqua di drenaggio può essere estratta facilmente verso l'esterno. Inoltre, il foro deve essere inclinato verso il basso, come indicato nella figura qui sotto.



## 7.7 Tubazione del refrigerante

### 7.7.1 Tubazione del refrigerante

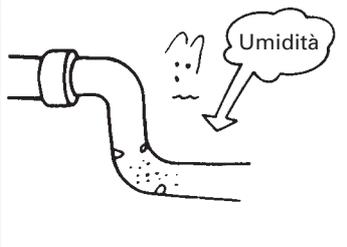
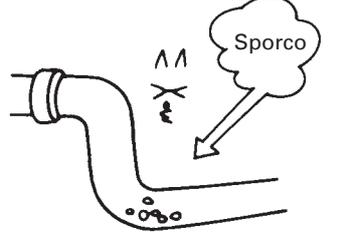
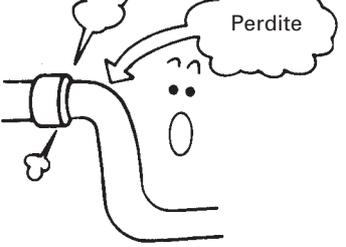


1) I 3 principi delle tubazioni di refrigerante

I "3 principi delle tubazioni di refrigerante" devono essere osservati rigorosamente.

	Causa del problema	Azione correttiva
Essiccare	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acqua piovana, acqua industriale, ecc. che entra nei tubi dall'esterno.</li> <li>Umidità generata all'interno dei tubi dovuta alla condensazione.</li> </ul>	Rivestimento dei tubi → Lavaggio → Essiccazione sotto vuoto Vedere a pagina 35
Pulire	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formazione di ossidi all'interno dei tubi durante la saldatura</li> <li>Sporco, polvere o altro materiale estraneo entra nei tubi dall'esterno</li> </ul>	Sostituzione con azoto → Lavaggio Rivestimento dei tubi → Lavaggio
Tenuta d'aria	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perdite dalla zona di saldatura</li> <li>Perdite dalla zona di svasatura</li> <li>Perdite dalla zona di flangiatura</li> </ul>	Usare il materiale adatto (tubi di rame, lega per saldatura, ecc.) Conformarsi agli standard di saldatura correnti Conformarsi agli standard di svasatura correnti Conformarsi agli standard di flangiatura correnti → Prova di tenuta d'aria Vedere a pagina 33

### I 3 principi delle tubazioni di refrigerante

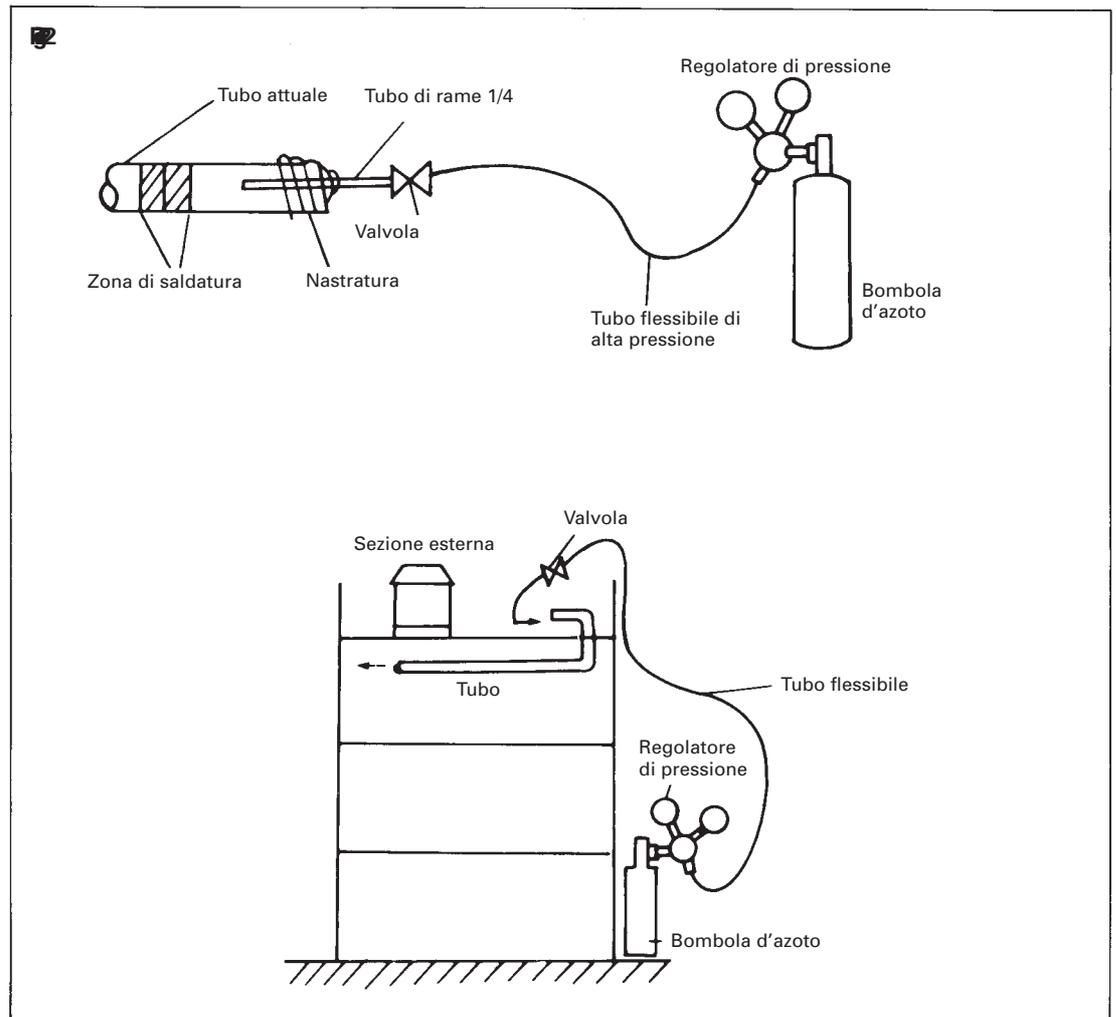
Essiccare	Pulizia	Tenuta d'aria
Accertarsi che non vi sia umidità all'interno dei tubi.	Accertarsi che non vi sia sporcizia all'interno dei tubi.	Accertarsi che il refrigerante non fuoriesca.
		

2) Metodo di sostituzione con azoto (saldatura)

Se il lavoro di saldatura viene eseguito senza passare azoto attraverso i tubi da saldare, ciò può causare la formazione di bolle di ossidazione all'interno della superficie dei tubi. Queste bolle di ossidazione vengono quindi trasportate lungo la tubazione e provocano danni ai vari componenti del sistema, come le valvole o i compressori; il sistema cessa di funzionare correttamente.

Per evitare questo problema, si deve far passare azoto attraverso i tubi durante il lavoro di saldatura. Questa operazione si chiama sostituzione con azoto. (L'aria è sostituita dall'azoto.)

Questa è la procedura standard per tutti i lavori di saldatura.



**Risultati**

- ① Il gas adoperato deve essere azoto (ossigeno, biossido di carbonio e freon non sono adatti).
- ② Si deve usare un regolatore di pressione.

3) Rivestimento dei tubi di refrigerante

Il rivestimento è un'operazione estremamente importante poiché impedisce all'acqua, alla sporcizia o alla polvere di penetrare nei tubi. L'umidità all'interno dei tubi ha provocato molti problemi in passato. È necessaria la massima cura per eliminare questo problema alla radice.

Si deve rivestire l'estremità di ciascun pezzo di tubo. Il "restringimento" è il metodo più efficace, ma la "nastratura" è una semplice alternativa che può essere usata a seconda della superficie da rivestire e della durata del lavoro.

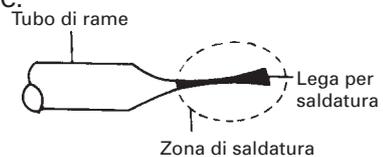
Localizzazione	Durata del lavoro	Metodo di rivestimento
Esterne	Oltre 3 mesi	Restringimento
	Meno di 3 mesi	Restringimento o nastratura
Interne	Irrilevante	Restringimento o nastratura

① Metodo del restringimento

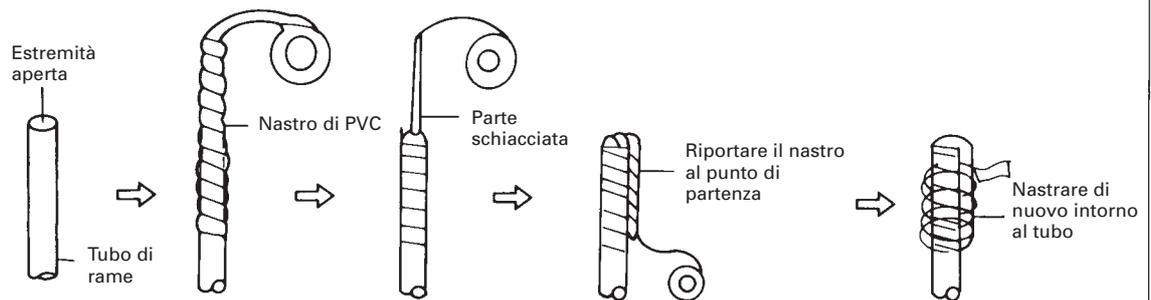
L'estremità del tubo di rame viene schiacciata e l'apertura saldata.

② Metodo della nastratura

L'estremità del tubo di rame viene ricoperta con nastro di PVC.

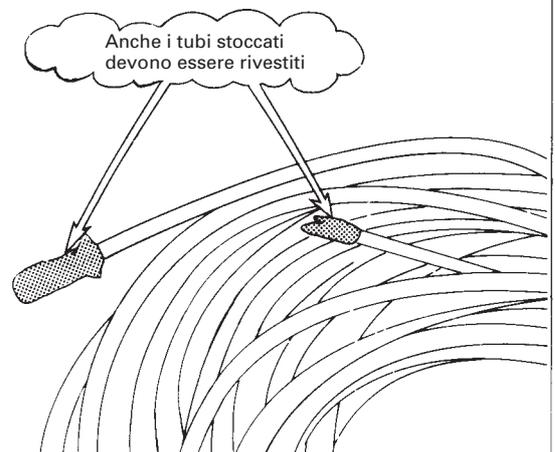
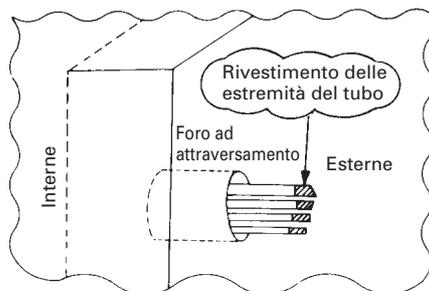


< Metodo della nastratura >



Si deve fare molta attenzione alle seguenti operazioni:

- Quando si fa passare un tubo di rame attraverso un foro ad attraversamento (lo sporco entra nel tubo).
  - Quando il tubo di rame viene spinto verso l'esterno (l'acqua piovana penetra all'interno).
- (È necessario fare molta attenzione quando i tubi si trovano in posizione verticale.)



4) Lavaggio del tubo del refrigerante

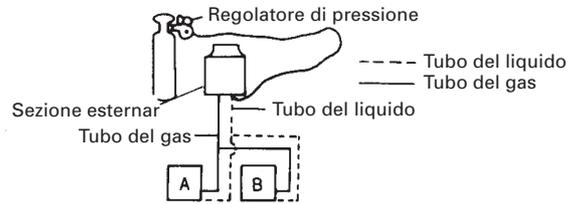
Il lavaggio mediante un gas sotto pressione è un metodo per ripulire i tubi da sostanze estranee.

[3 effetti principali]

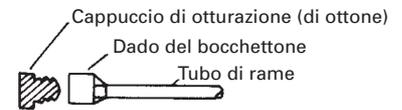
- ① Rimozione di bolle di ossidazione formate all'interno dei tubi di rame quando "la sostituzione con azoto è insufficiente" durante il lavoro di saldatura.
- ② Rimozione di materiale estraneo e umidità dai tubi quando il rivestimento è insufficiente.
- ③ Controllare i collegamenti tra le sezioni interne ed esterne. (Sia la tubazione del liquido che quella del gas.)

[Esempi di procedura]

- ① Regolare il regolatore di pressione sulla bombola d'azoto.  
\* Si deve utilizzare azoto.  
(Vi è il rischio di condensazione se si usa freon o biossido di azoto e un rischio di esplosione se si usa ossigeno.)

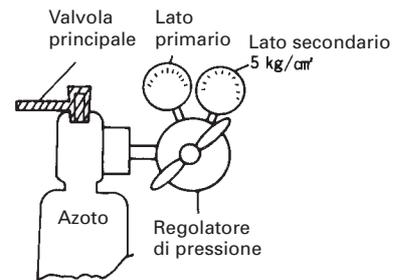


- ② Collegare il tubo flessibile di carica dal regolatore di pressione all'apertura di servizio sulla tubazione del liquido della sezione esterna.



- ③ Adattare dei cappucci di otturazione a tutte le sezioni interne (B) diverse dalla sezione (A).

- ④ Aprire la valvola principale sulla bombola d'azoto e regolare il regolatore di pressione su 5 kg/cm<sup>2</sup>.



- ⑤ Verificare che l'azoto passi attraverso il tubo del liquido della sezione A.

⑥ Lavaggio

- Bloccare l'estremità del tubo con un isolante.



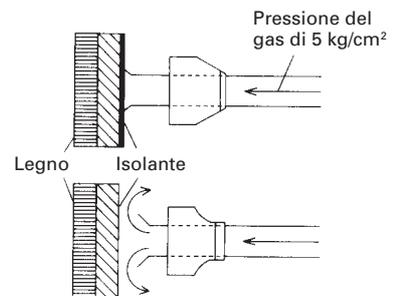
- Quando la pressione del gas diventa troppo grande per trattenerlo, togliere rapidamente l'isolante. (Primo lavaggio)



- Bloccare di nuovo l'estremità del tubo con l'isolante.



(Eeguire un secondo lavaggio)



(La natura e la quantità di materiale estraneo all'interno del tubo può essere controllata durante il lavaggio mettendo un panno sopra l'estremità del tubo. Nel caso improbabile che venga trovata persino una piccola quantità di umidità, essiccare completamente l'interno del tubo.)

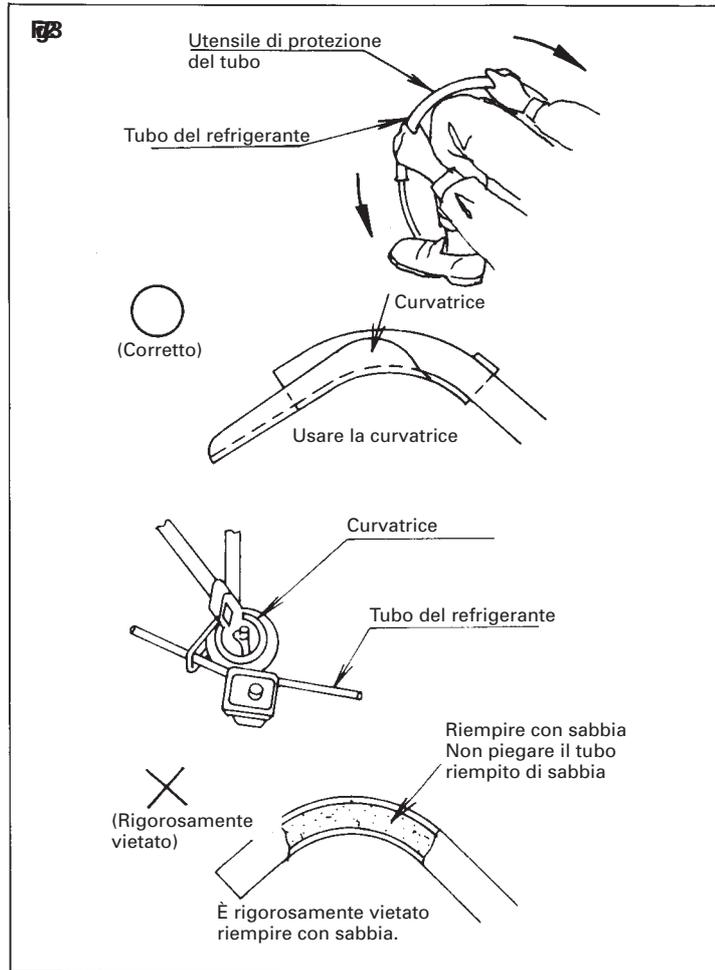
Azione correttiva:

- (1) Lavare l'interno del tubo con azoto.  
(Fino a scomparsa dell'umidità.)
- (2) Eseguire un'accurata operazione di essiccazione sotto vuoto.

- ⑦ Cierre la válvula principal en el cilindro de nitrógeno.
- ⑧ Repita la operación arriba mencionada para la unidad B.
- ⑨ Cuando se han terminado las operaciones en el tubo de líquido, repítalas con los tubos de gas.

5) Piegatura del tubo del refrigerante

- Diminuire per quanto possibile il numero di zone di piegatura.
- Aumentare per quanto possibile la lunghezza del raggio di piegatura.
- Se si effettua una piegatura senza impiegare la curvatrice, si deve usare un utensile di protezione del tubo per non danneggiare il tubo, come indicato qui sotto.



- Evitare di sollevare o abbassare inutilmente il tubo.
- Fare attenzione a non esercitare una forza eccessiva sul tubo o sulla parte di collegamento.
- Se il tubo è lungo, installare il supporto, come indicato qui sotto.

Diametro esterno	Gioco tra i supporti (max.) m
$\phi$ 22,2 o meno	2,0
$\phi$ 25,4 ~ $\phi$ 38,1	2,5
$\phi$ 44,5 ~ $\phi$ 50,8	3,0

- Evitare di bloccare sconsideratamente il corso della tubazione.
- Il sistema di tubazioni deve passare attraverso il locale senza essere influenzato da altre fonti di calore.
- La tubazione nelle zone di passaggio deve essere rivestita.

### 7.7.2 Lunghezza della tubazione e differenza di livello ammissibili

Quanto più è lungo il tubo tanto più bassa diventa la capacità del condizionatore d'aria. Perciò stendere la tubazione del refrigerante in modo che sia per quanto possibile corta e rettilinea.

Per le seguenti ragioni, si deve fare in modo che la tubazione del refrigerante sia più corta e più bassa dei valori ammissibili indicati nel manuale d'installazione.

- **Differenza di livello ammissibile**

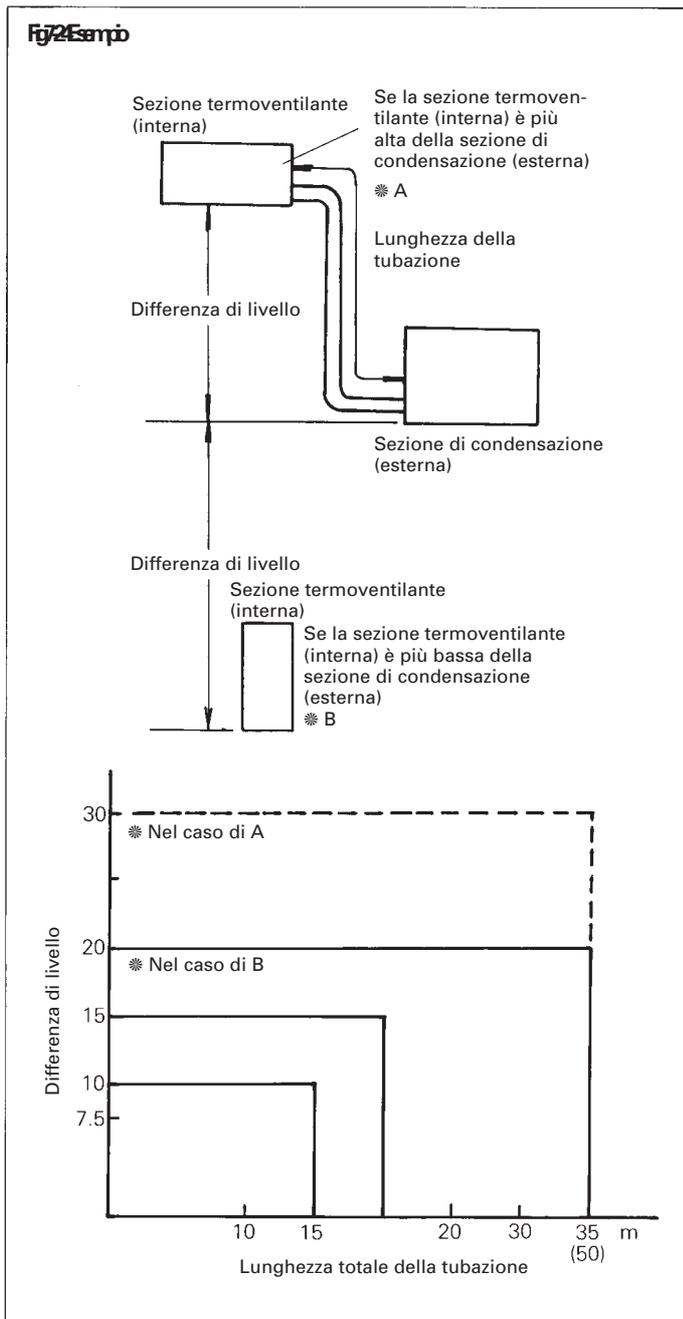
Se la differenza di livello tra la sezione termoventilante (interna) e la sezione di condensazione (esterna) è più grande della gamma ammissibile, l'altezza piezometrica diventa eccessivamente grande. Viene quindi generato del gas a rapida evaporazione (miscela di refrigerante liquido e gassoso) prima di raggiungere la parte più alta della tubazione, che ostacola le operazioni di refrigerazione.

- **Lunghezza ammissibile**

Se la lunghezza della tubazione è maggiore della gamma ammissibile, la perdita di carico attraverso la tubazione diventa importante, riducendo la capacità. Inoltre, l'olio per la refrigerazione si deposita nella tubazione, provocando la bruciatura del motore del compressore.

Note)

1. Se la lunghezza effettiva della tubazione supera la lunghezza standard, è necessario caricare il refrigerante in aggiunta.
2. La differenza ammissibile varia tra le posizioni della sezione termoventilante (interna); p.e. se la sezione termoventilante (interna) è situata ad un livello più alto (\*A) o più basso (\*B) della sezione di condensazione (esterna).
3. Come interpretare la tabella:  
Se la sezione è SH 4HP e la sezione di condensazione (esterna) si trova più bassa della sezione termoventilante (interna), la tubazione del refrigerante ammissibile è 35m (L) per la lunghezza totale e 30m (H) per la differenza di livello.
4. Le cifre tra parentesi indicano la lunghezza equivalente della tubazione.

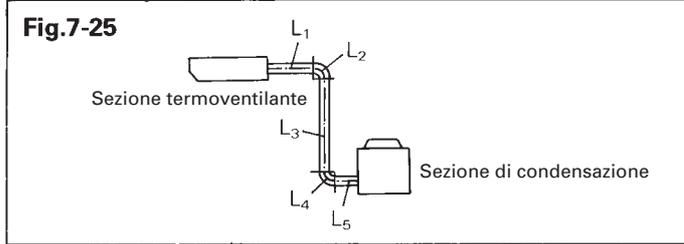


### 7.3 Lunghezza effettiva e lunghezza equivalente della tubazione

#### ● Lunghezza effettiva della tubazione

Lunghezza della linea centrale della tubazione: LA

$$LA = LA_1 + LA_2 + LA_3 + LA_4 + LA_5$$



#### ● Lunghezza equivalente della tubazione

I giunti, le curvature, ecc. forniti in lunghezze effettive sono convertiti nelle lunghezze corrispondenti ai tubi rettilinei, aggiunte alla lunghezza della tubazione.

Lunghezza equivalente della tubazione = Lunghezza effettiva della tubazione +  $N_L \times L_L + N_T \times L_T$

$L_L$ : Lunghezza di tubo equivalente per il giunto a L

$L_T$ : Lunghezza di tubo equivalente per curvature di sifoni

$N_L$ : Numero di giunti a L

$N_T$ : Numero di curvature di sifoni

### Tabella 7.1 Lunghezze equivalenti ai sifoni

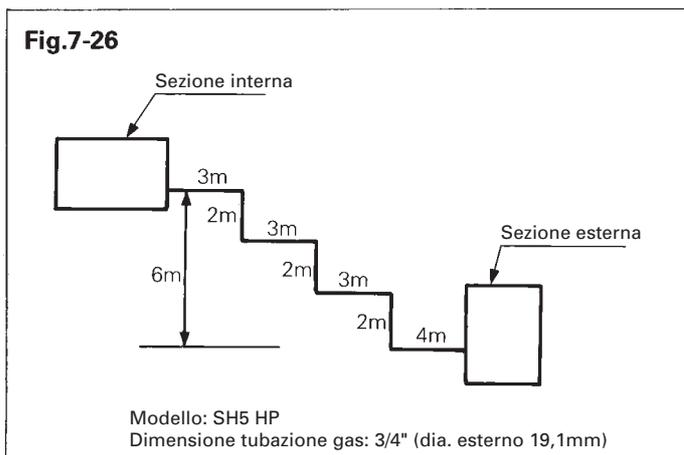
Dimensione del tubo	(Unità: m)	
	Giunto a L	Curvatura del sifone
3/8" (DE 9,5 mm)	0,18	1,3
1/2" (DE 12,7 mm)	0,20	1,5
5/8" (DE 15,9 mm)	0,25	2,0
3/4" (DE 19,1 mm)	0,35	2,4
7/8" (DE 22,2 mm)	0,40	3,0
1" (DE 25,4 mm)	0,45	3,4
1 1/4" (DE 31,8 mm)	0,55	4,0

#### Note)

1. La lunghezza equivalente della tubazione viene ottenuta mediante la lunghezza effettiva della tubazione del gas.
2. La curvatura a 90° della tubazione è equivalente al giunto a L.

### Esempio

- Calcolare la lunghezza effettiva e la lunghezza equivalente della tubazione dalla seguente figura.



### Soluzione

- Lunghezza totale ammissibile della tubazione: 35m
- Differenza di livello ammissibile: 30m
- Lunghezza equivalente della tubazione max.: 50m (dalla fig. 7-24)

(1) Differenza di livello ..... 6m < 30m

(2) Lunghezza effettiva della tubazione (LA)

$$LA = 3 + 2 + 3 + 2 + 3 + 2 + 4 = 19m < 35m$$

(3) Lunghezza equivalente della tubazione (LE)

$$LE = 19 + 6 \times 0,35 = 21,1m < 50m$$

### 7.4 Controllo perdite

Poiché le perdite di refrigerante dalla tubazione possono causare problemi, è necessario controllare la tenuta d'aria della tubazione fornita sul sito prima di caricare il refrigerante ed eseguire l'isolamento.

Verificare l'assenza di perdite di refrigerante mediante uno dei seguenti metodi.

(1) Soluzione di acqua e sapone

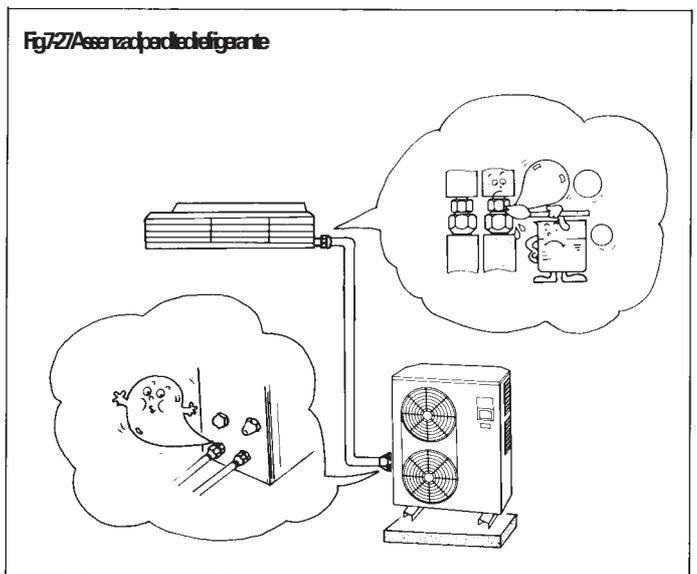
(2) Rivelatore di perdite di refrigerante di tipo a torcia ad alogenuro

- Tipo ad alcool

- Tipo a bombola GPL

(3) Rivelatore di perdite di refrigerante di tipo elettrico

\* Come per il metodo operativo, vedere il paragrafo 6.4.2 del Capitolo 6.



I due metodi seguenti di prova di tenuta d'aria sono disponibili a seconda del tipo di prodotti. Leggere quindi attentamente il manuale d'installazione prima di eseguire il controllo delle perdite.

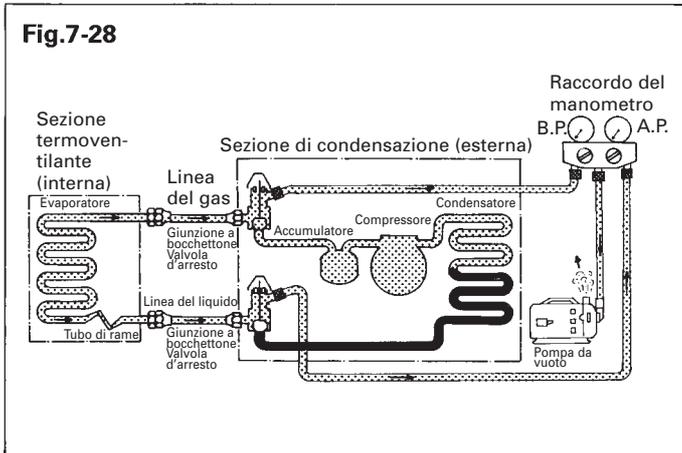
(1) Metodo che usa la pressione del gas del refrigerante

(2) Metodo che aumenta la pressione del refrigerante ad un valore prestabilito (con azoto).

## 7.7.5 Evacuazione

Se l'aria o l'umidità entrano nella tubazione del refrigerante, si possono verificare dei problemi. È quindi necessario evacuare la tubazione mediante essiccazione sotto vuoto.

Poiché i metodi di evacuazione variano a seconda dei prodotti, fare riferimento al manuale d'installazione per ulteriori informazioni.



## 7.7.6 Caricamento

I condizionatori d'aria attuali richiedono una quantità di refrigerante eccessivamente più piccola per produrre la massima capacità. Al contrario, la capacità è fortemente influenzata dal fatto che il refrigerante sia sovraccaricato o lo sia troppo poco. È perciò necessario caricare il volume preciso di refrigerante dopo aver terminato l'essiccazione sotto vuoto.

Il refrigerante si considera caricato nei due casi seguenti:

- Il volume prestabilito di refrigerante è stato caricato.
  - Il refrigerante supplementare è stato caricato.
1. Il volume prestabilito di refrigerante deve essere caricato nei due casi seguenti.
    - Se il refrigerante non è stato caricato in fabbrica deve essere caricato sul sito.
    - Dopo aver riparato la tubazione del refrigerante, questo viene ricaricato.In ogni caso, eseguire l'essiccazione sotto vuoto prima di caricare.
  2. Il refrigerante deve essere caricato in aggiunta quando la lunghezza della tubazione supera la lunghezza standard della tubazione. Il volume di carica supplementare del refrigerante differisce a seconda dei diametri dei tubi del refrigerante liquido, della lunghezza della tubazione e dei modelli. Calcolare il volume di carica supplementare in conformità con le istruzioni del manuale d'installazione.

### Esempio

Ottenere il volume di carica supplementare del refrigerante utilizzando l'esempio nel paragrafo 7.7.3, "Lunghezza effettiva e lunghezza equivalente della tubazione".

### Soluzione

Dal manuale tecnico

		FH5HP+ R5HP
Carica di refrigerante supplementare	kg/m	0,02
Diametro della tubazione del liquido	mm	12,7

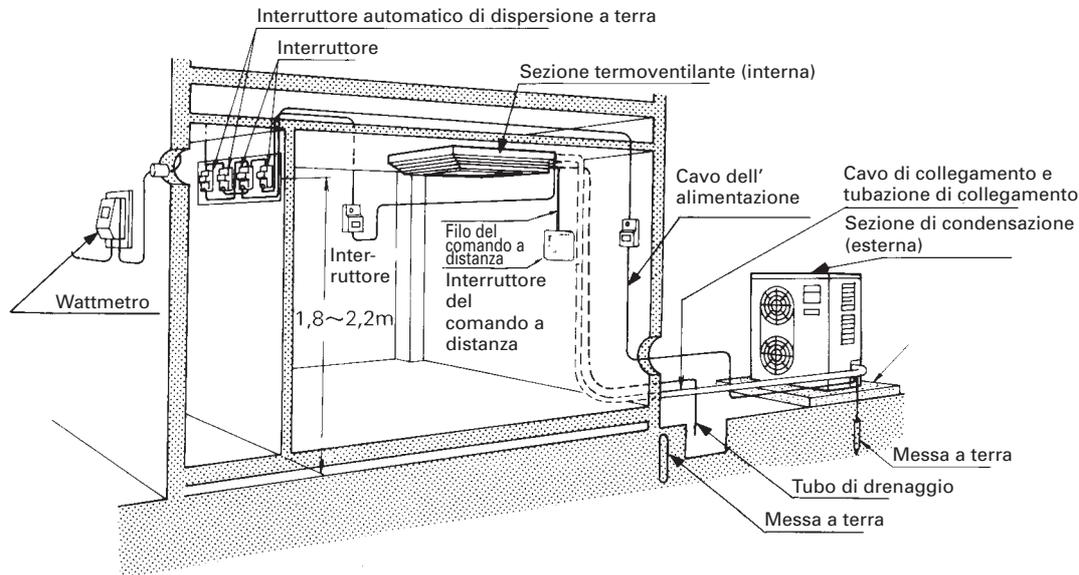
- \* Si deve caricare del refrigerante supplementare se la lunghezza della tubazione del refrigerante (LA) è più lunga di 5m.

$$\begin{aligned} \text{Lunghezza effettiva della tubazione (LA)} &= 19\text{m} \\ \text{Volume supplementare} &= (19-5) \times 0,02 \\ &= 0,28\text{kg} = 280\text{g} \end{aligned}$$

## 7.8 Connessione dei cavi d'alimentazione e dei cavi di collegamento

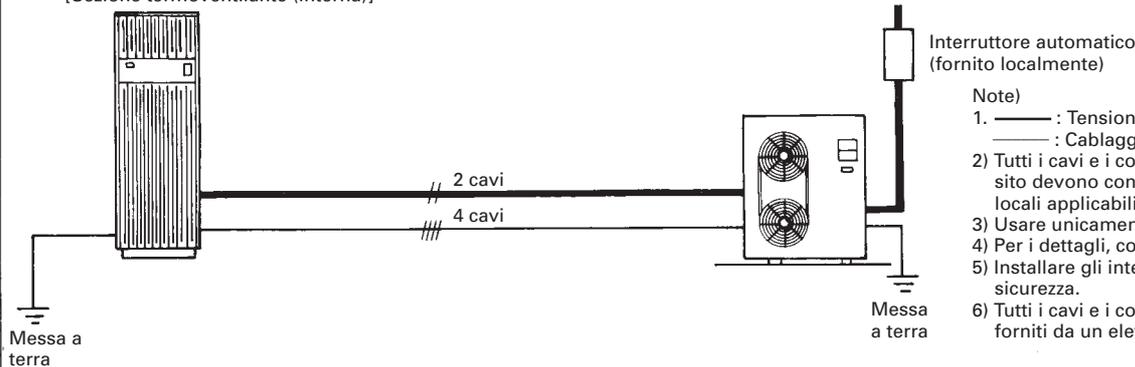
78 Un esempio di connessione ai posti

Fig.7-29



[Sezione termoventilante (interna)]

[Sezione di condensazione (esterna)]



Note

1. ——— : Tensione di linea  
 - - - - - : Cablaggio 24V
- 2) Tutti i cavi e i componenti che vengono forniti sul sito devono conformarsi alle norme nazionali e locali applicabili.
- 3) Usare unicamente conduttori di rame.
- 4) Per i dettagli, consultare lo schema elettrico.
- 5) Installare gli interruttori automatici per motivi di sicurezza.
- 6) Tutti i cavi e i componenti locali devono essere forniti da un elettricista diplomato.

### 7.9 Specifiche

Lo spessore minimo dei fili elettrici viene stabilito dai seguenti punti.

- 1) Resistenza meccanica
- 2) Corrente ammissibile
- 3) Caduta di tensione

(1) Resistenza meccanica

È vietato utilizzare cavi sottili per il circuito elettrico anche se sembrano abbastanza spessi, per evitare che si spezzino a causa delle vibrazioni o per impatto. Sono necessari per tutti i circuiti cavi di almeno 1,6mm di spessore, poiché i cavi sottili si spezzano facilmente a causa di delle vibrazioni o per impatto.

(2) Corrente ammissibile

Quando la corrente passa attraverso un cavo, viene prodotto calore a seconda della corrente che passa e della resistenza del filo. Se una corrente molto elevata passa attraverso un cavo molto lungo e sottile, il calore prodotto aumenta e la corrente ammissibile deve essere maggiore della corrente del carico massimo. Il metodo di calcolo della corrente ammissibile è riportato sulla destra.

Tab.7.20 Corrente ammissibile per sezione

Conduttore		Corrente ammissibile (A)
Dia. cavi pieni (mm)	1,6	27
	2,0	35
	2,6	48
	3,2	62
	4,0	81
	5,0	107

Conduttore		Corrente ammissibile (A)	Conduttore		Corrente ammissibile (A)
Area della sezione dei cavi standard (mm <sup>2</sup> )	2,0	27	Area della sezione dei cavi standard (mm <sup>2</sup> )	80	257
	3,5	37		100	298
	5,5	49		125	344
	8,0	61		150	395
	14	88		200	469
	22	115		250	556
	30	139		325	650
	38	162		400	745
	50	190		500	842
	60	217			

Corrente ammissibile per cavi isolati, i cui limiti d'impiego variano da 0 a 2000V e da 60 a 90°C.

Nel caso in cui vengano stesi meno di tre cavi in un condotto o vengano interrati nel suolo sulla base della temperatura ambiente di 30°C (86°F).

**Tab. 73**

Dimensioni	Temperature nominali dei cavi			
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	85°C (185°F)	90°C (194°F)
AWG MCM	†TRUW, †T, †TW, †UF tipo	†FEPW, †RH, †RHW, †RUH, †THW, †THWN, †XHHW, †USE, †ZW tipo	V, MI tipo	TA, TBS SA, AVB, SIS, FEP †FEPB, †RHH, †THHN, †XHHW, * Tipo
Rame				
18	.....	.....	.....	14
16	.....	.....	18	18
14	20†	20†	25	25†
12	25†	25†	30	30†
10	30†	35†	40	40†
8	40	45	50	55
6	55	65	70	75
4	70	85	90	95
3	80	100	105	110
2	95	115	125	130
1	110	130	145	150
0	125	150	165	170
00	145	175	190	195
000	165	200	215	225
0000	195	230	250	260
250	215	255	275	290
300	240	285	310	320
350	260	310	340	350
400	280	335	365	380
500	320	380	415	430
600	355	420	460	475
700	385	460	500	520
750	400	475	515	535
800	410	490	535	555
900	435	520	565	585
1000	455	545	590	615
1250	495	590	640	665
1500	520	625	680	705
1750	545	650	705	735
2000	560	665	725	750

**Tab. 74** Fattore di correzione

Temperatura ambiente °C	Fattore di correzione				Temperatura ambiente °F
	Quando la temperatura ambiente supera 30°C, moltiplicare la corrente ammissibile indicata sopra per il seguente fattore di correzione allo scopo di determinare il max.				
31-40	,82	,88	,90	,91	86-104
41-45	,71	,82	,85	,87	105-113
46-50	,58	,75	,80	,82	114-122
51-60	.....	,58	,67	,71	123-141
61-70	.....	,35	,52	,58	142-158
71-80	.....	.....	,30	,41	159-176

La corrente di carico nominale per i cavi contrassegnati con ¯ non supera 12A nel caso di 14AWG, 25A nel caso di 12AWG e 40A nel caso di 10AWG per il rame.

### (3) Caduta di tensione

La caduta di tensione dei cavi a basso voltaggio deve essere entro il 2%.

Circuiti principali e diramazioni

- Dato che i cavi sono molto lunghi, la tensione cade. È quindi necessario determinare anche la lunghezza dei cavi.

La tabella seguente indica la lunghezza max. dei cavi.

~~Tabella caduta tensione 2V/10dame~~

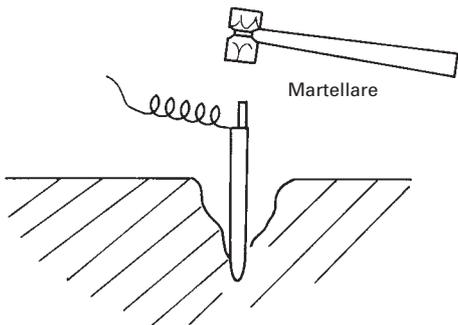
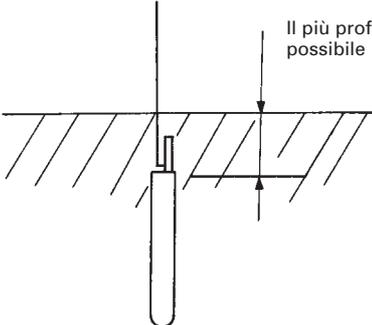
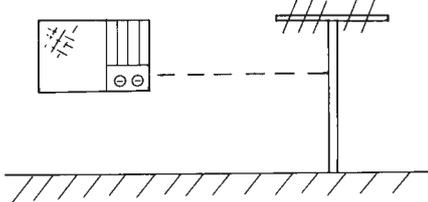
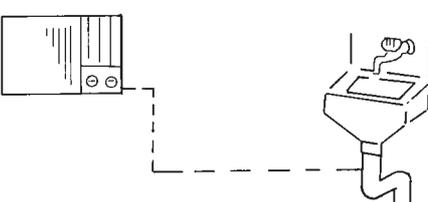
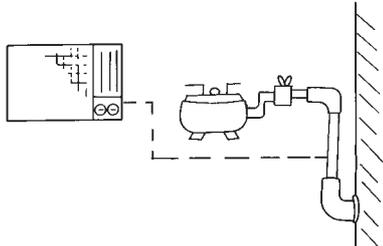
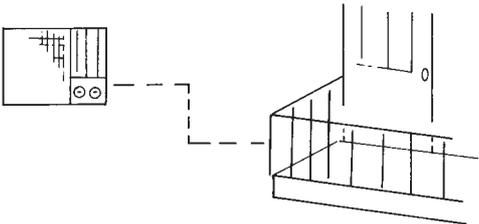
Corrente (A)	Cavo riempito (mm <sup>2</sup> )				Treccia (mm <sup>2</sup> )					
	1,6	2,0	2,6	3,2	14	22	30	38	50	60
	Lunghezza dei cavi max.									
1	129	204	345	522	888	1400	1850	2370	3050	3800
2	65	102	172	261	444	701	926	1180	1520	1900
3	43	68	115	174	296	467	617	788	1020	1270
4	32	51	86	131	222	351	463	592	762	951
5	26	41	69	104	178	280	370	473	609	760
6	22	34	57	87	148	234	309	394	508	634
7	18	29	49	75	127	200	264	338	436	543
8	16	26	43	65	111	175	231	296	381	475
9	14	23	38	58	99	156	206	263	339	422
12	11	17	29	44	74	117	154	197	254	317
14	9.2	15	25	37	63	100	132	169	218	272
15	8.6	14	23	35	59	93	123	158	203	253
16	8.1	13	22	33	55	88	116	148	190	238
18	7.2	11	19	29	49	78	103	131	169	211
25	5.2	8.2	14	21	36	56	74	95	122	152
35	3.7	5.8	9.9	15	25	40	53	68	87	109
45	2.9	4.5	7.7	12	20	31	41	53	68	84

Corrente (A)	Treccia (mm <sup>2</sup> )								
	80	100	125	150	200	250	325	400	500
	Lunghezza dei cavi max.								
1	5030	6430	8000	9800	12500	16100	20600	25700	31200
2	2510	3210	4000	4900	6260	8070	10300	12800	15600
3	1670	2140	2660	3270	4170	5380	6870	8550	10400
4	1260	1610	2000	2450	3130	4030	5150	6410	7810
5	1000	1290	1600	1960	2500	3230	4120	5130	6250
6	837	1070	1330	1630	2080	2690	3440	4280	5210
7	718	918	1140	1400	1790	2310	2950	3660	4460
8	628	803	1000	1230	1560	2020	2580	3210	3900
9	558	714	888	1090	1390	1790	2290	2850	3470
12	419	535	666	816	1040	1340	1720	2140	2600
14	359	459	570	700	894	1150	1470	1830	2230
15	335	428	533	653	834	1060	1370	1710	2080
16	314	401	500	612	782	1010	1290	1600	1950
18	279	357	444	544	695	896	1150	1430	1740
25	201	257	320	392	500	645	825	1030	1250
35	144	184	228	280	357	461	589	733	893
45	112	143	178	218	278	359	458	570	694

- Note)
1. Se la caduta di tensione è 4V o 6V, moltiplicare le cifre nel grafico per 2 o per 3.
  2. Se la corrente è 20A o 200A, moltiplicare le cifre di 2A per 1/10 o 1/100.
  3. Il fattore di potenza è 1.

### 7.3 Procedura di messa a terra

Se il condizionatore d'aria è messo a terra in modo da permettere la dispersione della corrente elettrica al suolo, vi è un rischio molto basso di scosse elettriche dal momento che il corpo umano ha in confronto una grande resistenza elettrica.

Procedura	Descrizione	Osservazioni
1. Determinare il luogo in cui deve essere interrata l'asta della terra.	È preferibile un terreno bagnato o umido. Evitare i luoghi dove possono trovarsi le condotte del gas, dell'acqua o i cavi elettrici.	Sabbia o ghiaia non sono adatte a causa della loro elevata resistenza di terra. Tutti i condizionatori d'aria devono essere messi a terra indipendentemente. Non mettere a terra assieme ai cavi telefonici.
2. Conficcare l'asta della terra nel terreno con un martello.		
3. Collegare il cavo di terra.	Fissare il cavo di terra con delle forcelle. * Nel caso di fili elettrici corti collegati all'asta della terra, saldare una prolunga al filo elettrico e avvolgerla attorno alla connessione con nastro isolante.	La prolunga da collegare al filo elettrico di terra deve trovarsi al di sopra del terreno. (Prevenzione della corrosione).
4. Esempi di messa a terra sbagliata.	<p>La messa a terra è collegata con l'antenna della televisione.</p>  <p>La messa a terra è collegata alle tubature dell'acqua.</p>  <p>La messa a terra è collegata alla condotta del gas.</p>  <p>La messa a terra è collegata con il guardrail della veranda.</p> 	

## 7.9 Isolamento termico

Dopo aver terminato il controllo delle perdite e l'essiccazione sotto vuoto, si devono isolare termicamente le tubazioni, come indicato nelle seguenti figure.

- I seguenti punti spiegano perché è necessario isolare termicamente le tubazioni.
  - 1) Per proteggere il vapore di refrigerante dall'estremo surriscaldamento mentre passa nella tubazione di aspirazione. Altrimenti, la capacità diminuisce e il compressore può bruciare.
  - 2) Per evitare la formazione di rugiada attorno alla tubazione di aspirazione, si deve isolare termicamente la tubazione di aspirazione.
  - 3) Per evitare che le persone subiscano ustioni se in contatto con la tubazione di mandata del vapore di refrigerante, dal momento che la temperatura del vapore di refrigerante di mandata è molto alta (circa 70-100°C).

Tabella

Necessità di isolamento termico		Tubazione del gas	Tubazione del liquido
Tipo split:	Se il tubo capillare si trova nella sezione di condensazione (esterna)	Necessario	Necessario
	Se la valvola di espansione si trova nella sezione termoventilante (interna)	Necessario	Non necessario (Nota 1)
Tipo condensatore a distanza		Non necessario (Nota 2)	

\* Utilizzare un materiale la cui durabilità termica sia superiore a 120°C. (Es. Fibre di vetro.)

Note)

1. Proteggere la tubazione in contatto diretto con la luce del sole mediante una lamiera di ferro zincato.
2. Proteggere la tubazione in contatto diretto per errore con oggetti o con il corpo umano mediante una lamiera di ferro zincato.

Fig. 30 Esempio isolamento

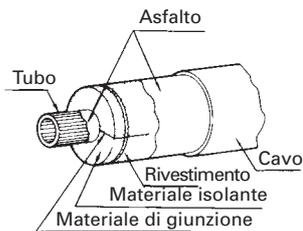


Fig. 31 Isolamento termico con cingoli di pannello

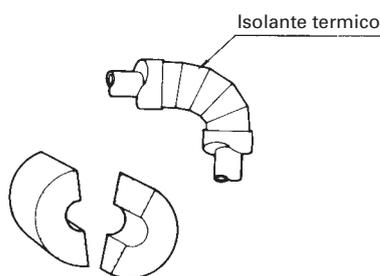
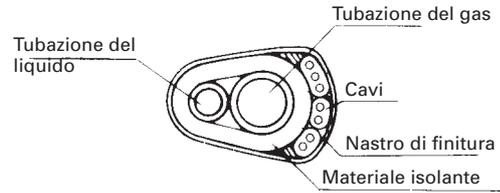


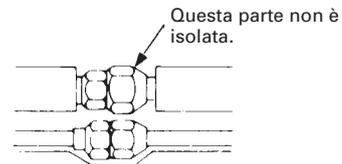
Fig. 32 Puntate e bande di isolamento

### ● Esempio di isolamento errato

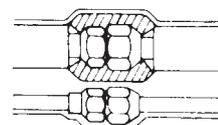
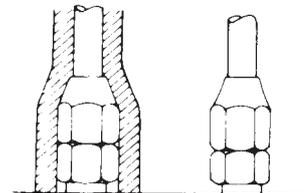
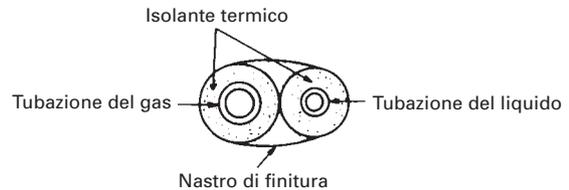
- Non isolare la tubazione del gas assieme a quella del liquido.



- Isolare completamente attorno ai collegamenti dei tubi.

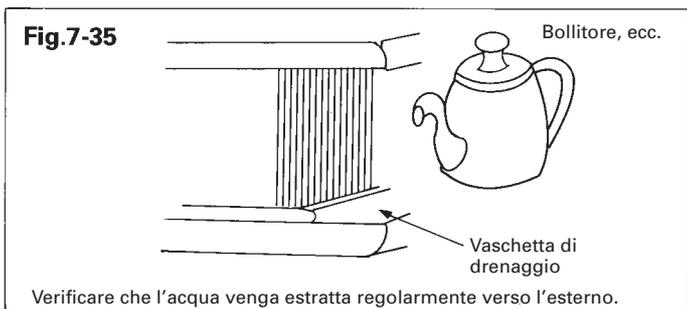
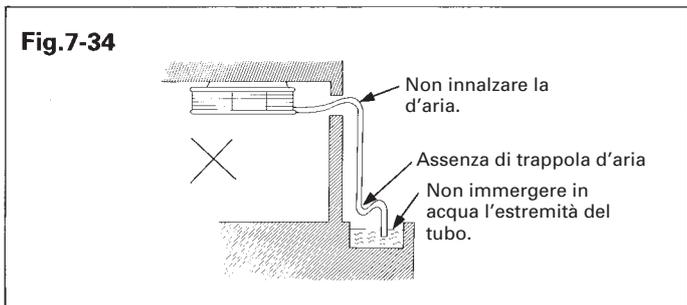
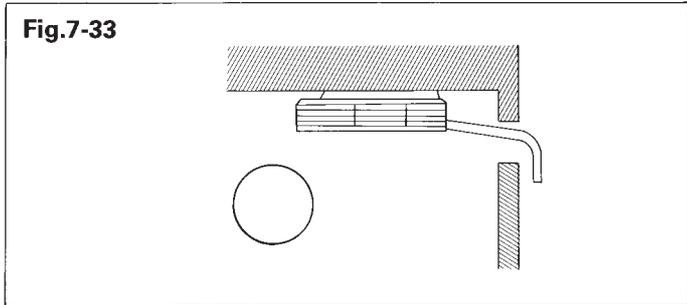


### ● Esempio di isolamento corretto



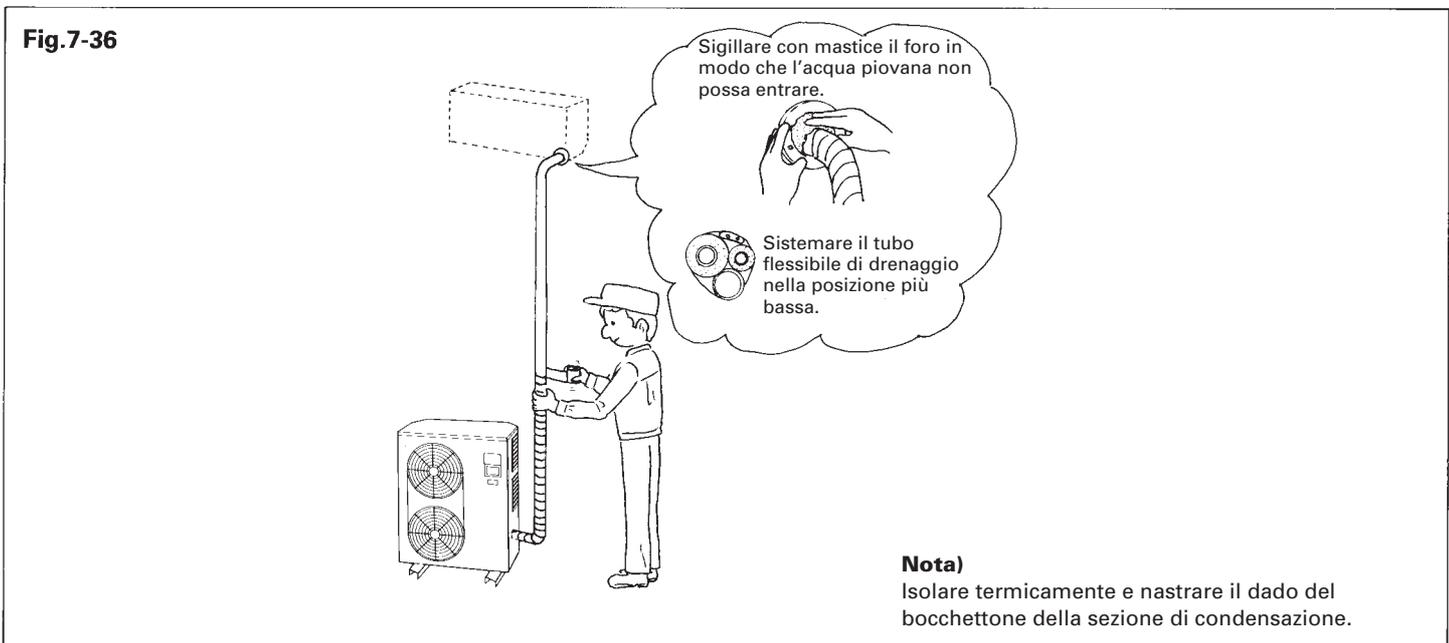
## 7.10 Tubazione di drenaggio

Disporre di una tubazione di drenaggio corta e inclinata verso il basso senza trappole d'aria.



## 7.11 Lavoro di finitura

- Effettuare accuratamente il lavoro di finitura in modo che l'acqua piovana non entri nella stanza.

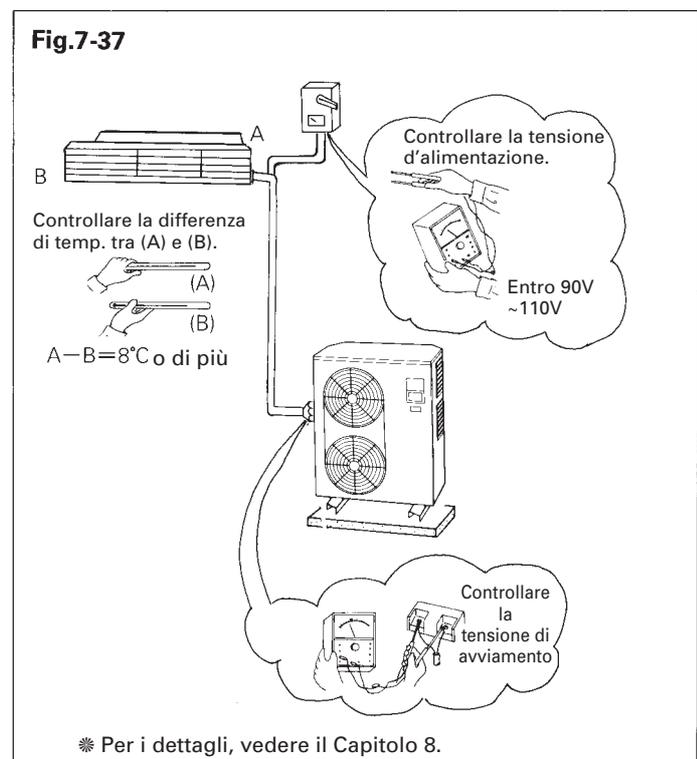


## 7.12 Controlli finali

- Togliere la piastra di spedizione.
- Controllare il collegamento di messa a terra.
- Verificare che le viti non siano allentate.
- Aprire completamente le valvole d'arresto nelle linee del liquido e del gas.

## 7.13 Prova di funzionamento

- Controllare i seguenti punti.
1. Verificare che la differenza di temperatura tra l'aria di aspirazione e l'aria di mandata sia superiore a 8°C.
  2. Verificare che la tensione d'alimentazione sia corretta.
- Verificare che la tensione di avviamento sia corretta.



## 7.14 Punti di controllo dell'installazione (Sommario)

### 1. Punti di controllo generali

- Prima dell'installazione (o del funzionamento), avete ottenuto le autorizzazioni legali?
- La temperatura degli oggetti raffreddati (o riscaldati) o i limiti di utilizzazione dei componenti principali sono appropriati?
- La qualità dell'acqua è adatta al condizionamento dell'aria?
- Le parti circostanti influenzano negativamente l'apparecchiatura?
- Vi è spazio sufficiente per la manutenzione?

### 2 Apparecchiatura

#### (1) Apparecchiatura principale

- Il sifone di drenaggio è installato?
- La dimensione a tenuta idraulica del sifone è uguale o maggiore della pressione statica del soffiante?
- Il drenaggio scorre fuori versando acqua nella vaschetta di drenaggio?
- Prendete in considerazione delle contromisure in caso di neve o vento forte?
- Vi sono oggetti che possono cadere nel soffiante?

#### (2) Apparecchiatura ausiliaria

##### ■ Pompa della colonna di raffreddamento

- La pompa si trova ad un livello inferiore a quello dell'acqua della colonna di raffreddamento?
- Il canale di drenaggio attorno alla colonna di raffreddamento e alla pompa è installato?
- La colonna di raffreddamento si trova ad un livello superiore a quello dell'apparecchiatura principale?

##### ■ Fissaggio dell'acqua e scarico vapore

- Vi sono possibilità di spurgo e scarico dell'aria?
- Tenete conto delle misure antigelo?

##### ■ Fissaggio dell'umidificatore

- È stato regolato il dispositivo di blocco per il soffiante?
- L'acqua fornita all'umidificatore è acqua di rubinetto?
- È stato installato il filtro?

### 3 Tubazioni

#### (1) Tubazione soffiante

- La lunghezza e l'altezza della tubazione sono conformi alle specifiche dell'apparecchiatura principale?
- La protezione termica è conforme alle specifiche dell'apparecchiatura principale?
- Se la lunghezza del tubo di innalzamento è maggiore di 10m, è stato montato il sifone adatto?
- Avete eseguito la prova di tenuta del gas secondo le specifiche?
- Se la lunghezza della tubazione è maggiore della lunghezza standard specificata, si è riempito con il refrigerante indicato dopo l'essiccazione sotto vuoto?

#### (2) Tubazione acqua

- Quando il numero di apparecchiature principali condivide una colonna di raffreddamento, vi è un'apertura in modo che sia possibile la pulitura chimica di una singola unità?
- Vi è una valvola di scarico nella parte più bassa della tubazione (sia di andata che di ritorno)?
- L'acqua può essere scaricata completamente dal sistema dalla valvola di scarico?
- La tubazione fornita con i tubi che hanno lo stesso diametro del lato della colonna di raffreddamento non si trova con i tubi che hanno lo stesso diametro del lato dell'apparecchiatura principale?

#### 4.4.1.1.1.1.1

- Vi è un'apertura d'accesso nel luogo richiesto (sezione ritorno, posizioni F, V, D)?
- È stato tolto lo sporco all'interno?
- Il collegamento con l'apparecchiatura è costituito da tele in modo da non causare vibrazioni?
- L'ingresso dell'aria esterna è appropriato?
- I materiali isolanti per l'apparecchiatura e gli utensili possono essere facilmente staccati per l'ispezione?

#### 4.4.1.1.1.1.2

- L'alimentazione è conforme alle specifiche dell'apparecchio (tensione, numero di fasi, frequenza)? Lo spessore del cavo esterno e la capacità dell'interruttore sono conformi alle specifiche?
- Quali sono le dimensioni dei cavi e le loro posizioni nell'installazione?
- L'apparecchiatura ausiliaria (colonna di raffreddamento, pompa) è interbloccata con l'apparecchiatura principale?
- Tutte le apparecchiature sono state collegate a terra?
- Si è misurato l'isolamento di tutte le apparecchiature?
- Non c'è una valvola per la tubazione dell'acqua direttamente sopra l'apparecchio?

#### 4.4.1.1.1.2

##### ■ Odori

##### ① Meccanismo di sviluppo

I materiali principali utilizzati nei condizionatori d'aria sono metalli come alluminio, rame, ferro, ecc., e resine come ABS, polistirene, polistirene espanso, ecc. Da questi materiali non si sviluppano odori. Lo sviluppo di odori è causato dalle condizioni in cui si trova l'aria quando il condizionatore viene installato. Il meccanismo di sviluppo di odori viene considerato qui di seguito.

##### ② Contromisure

Non vi sono misure preventive se il condizionatore d'aria viene usato nelle condizioni di cui sopra. La misura preventiva più efficace è di preoccuparsi della ventilazione per mezzo di un ventilatore. Se si ritiene di avere ancora dei problemi di cattivo odore, lavare l'interno del condizionatore d'aria ogni volta che si sviluppa un odore. Si deve naturalmente effettuare con regolarità la manutenzione del filtro dell'aria e della parte esterna del condizionatore per non fare entrare lo sporco.

##### ③ Altri punti

In alcuni casi, l'odore proveniente dal canale esterno può entrare dalla cima del tubo di scarico. Controllare perciò le condizioni d'installazione. Verificare se è stato installato il sifone nella tubazione di drenaggio.

#### Tab. 6

	Saloni di bellezza	Ristoranti	Salone mah-jong	Materiali da costruzione
Compositi solforati come l'acido solfidrico	Permanente (capelli)	Preparazioni alimentari		
Composti azotati come l'ammoniaca	Colorante (capelli)	Preparazioni alimentari		
Acido nitrico o acido nitroso	Shampoo, spray	Preparazioni alimentari		
Aldeidi come la formaldeide				Adesivi per l'interno
Piridina, ammoniaca			Fumo di tabacco	



Le particelle degli oggetti sopra menzionati sono in sospensione nell'aria.



Passano attraverso il condizionatore d'aria



Sviluppo di odori

Le particelle odorose tendono a depositarsi e si modificano nel tempo.

##### **Tendenza generale**

- Durante le operazioni di raffreddamento (termostato ACCESO), l'odore non è forte perché la superficie delle alette dello scambiatore di calore è ricoperta di acqua di deumidificazione.
- Durante il funzionamento del ventilatore o del riscaldamento, l'odore è piuttosto forte perché non vi è acqua di deumidificazione sulla superficie delle alette.



## Capitolo 8 Prova di funzionamento

8.1	Ispezione prima della prova di funzionamento .....	156
8.2	Prova di funzionamento .....	158
8.3	Elementi da misurare .....	160
8.4	Dati di funzionamento standard .....	162
8.4.1	Condizionatori d'aria monoblocco raffreddati ad aria .....	162
8.4.2	Condizionatori d'aria monoblocco raffreddati ad acqua in combinazione con colonne di raffreddamento .....	163
8.4.3	Refrigeratori d'acqua monoblocco raffreddati ad aria .....	164
8.4.4	Refrigeratori d'acqua monoblocco raffreddati ad acqua .....	165
8.4.5	Sezioni di refrigerazione di piccole dimensioni .....	166
8.5	Tendenza generale delle prestazioni in seguito a cambiamento della temperatura media di condensazione ed evaporazione .....	167
8.6	Misurazioni locali dei dati .....	168

## Capitolo 8 Prova di funzionamento

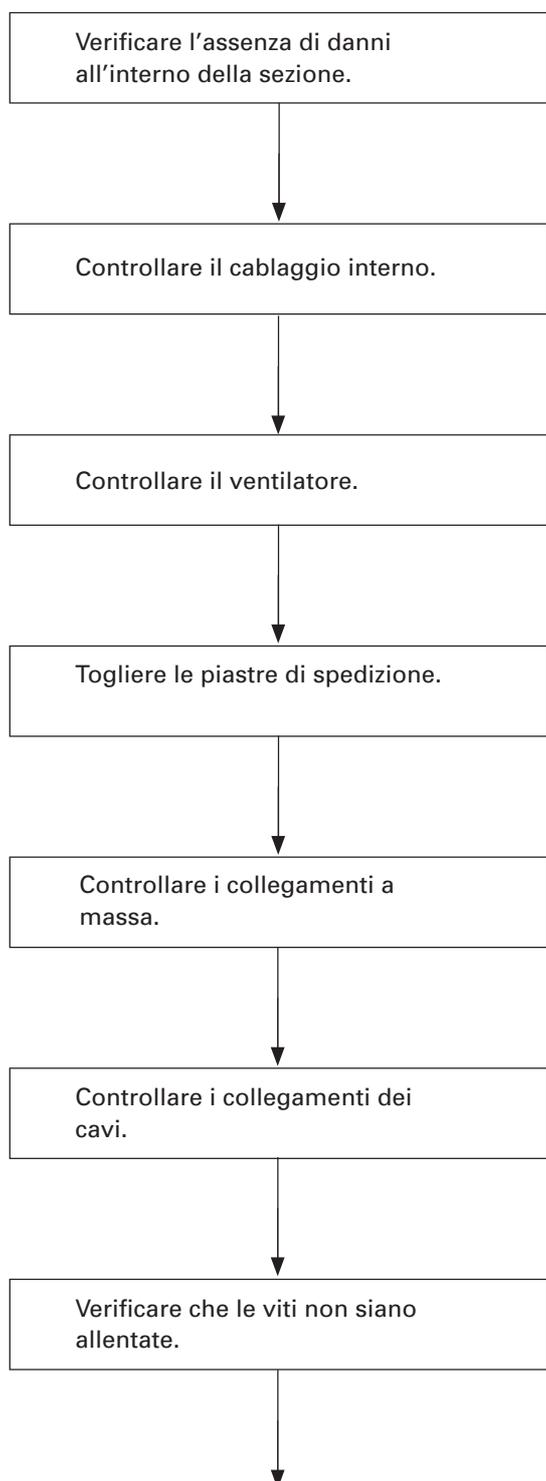
### 8.1 Ispezione prima della prova di funzionamento

Dopo aver terminato il lavoro d'installazione e prima di far funzionare il condizionatore d'aria, controllare nuovamente i seguenti elementi.

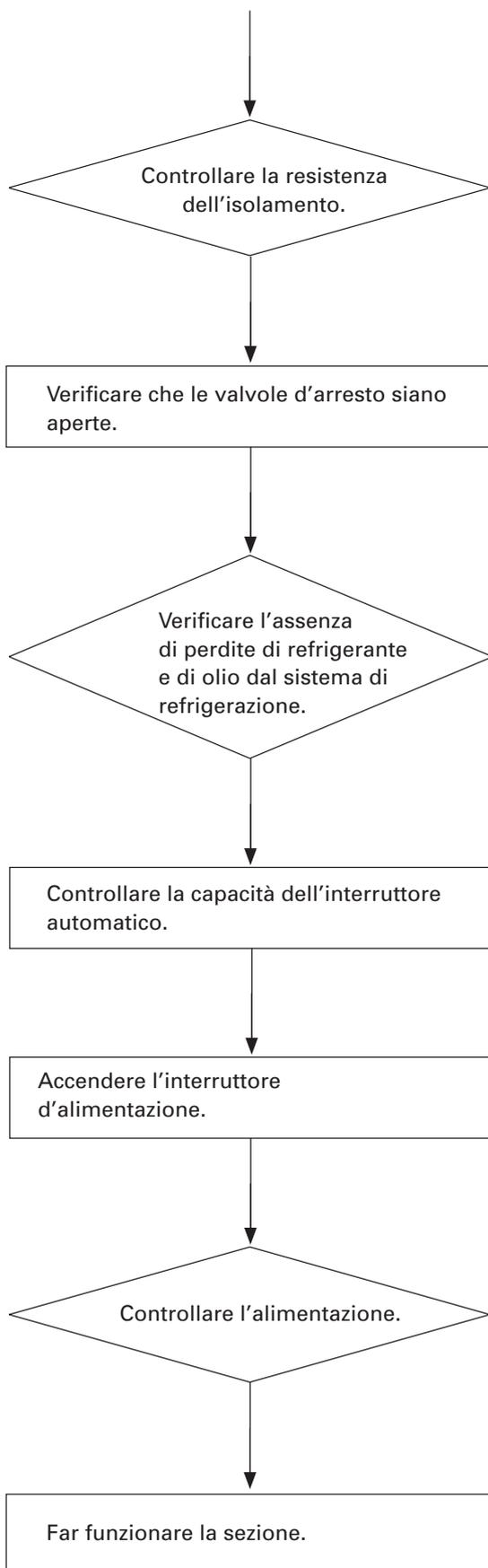
Nota)

◊ : Controllo mediante strumenti.

◻ : Controllo mediante osservazione o altro.



- Ispezionare la sezione per verificare se vi siano danni all'interno provocati durante il trasporto.
- Il cablaggio interno non dovrebbe essere in contatto con le zone ad alta temperatura o la vaschetta di drenaggio.
- Girare manualmente il ventilatore parecchie volte e verificare l'assenza di guasti causati da oggetti estranei nell'alloggiamento del ventilatore.
- Prima di far funzionare la sezione, togliere le piastre di spedizione (piastre di colore giallo) e accertarsi di serrare nuovamente i bulloni.
- Tutti i cablaggi da effettuare localmente devono essere forniti secondo lo schema elettrico fissato sul coperchio del quadro elettrico della sezione.
- Verificare il serraggio delle viti sulla morsettiera. Serrare inoltre le viti sui collegamenti del circuito principale.



- Ispezionare la resistenza dell'isolamento tra le zone caricate e la terra. La resistenza dell'isolamento è maggiore di 1 MΩ (1000kΩ).

- Nel caso del tipo split o di grandi sezioni, il refrigerante viene normalmente pompato nel condensatore o nel serbatoio del liquido per evitare perdite di refrigerante provocate dalle vibrazioni durante il trasporto.

- Sebbene venga effettuata un'ispezione accurata del sistema di refrigerazione per verificare l'assenza di perdite di refrigerante e di olio prima della consegna, è preferibile verificare una seconda volta. Controllare in particolare la giunzione a bocchettone e la giunzione della brasatura. Controllare se si hanno perdite di olio, poiché le perdite di olio sono normalmente accompagnate da perdite di refrigerante.

- La capacità dell'interruttore automatico per l'interruttore di alimentazione è indicata nel foglio tecnico.

- La tensione di alimentazione deve essere entro  $\pm 10\%$  della tensione nominale. Se l'alimentazione è eccessivamente bassa, il relè di sovracorrente arresterà il funzionamento della sezione. La bobina del motore del compressore può talvolta bruciarsi.

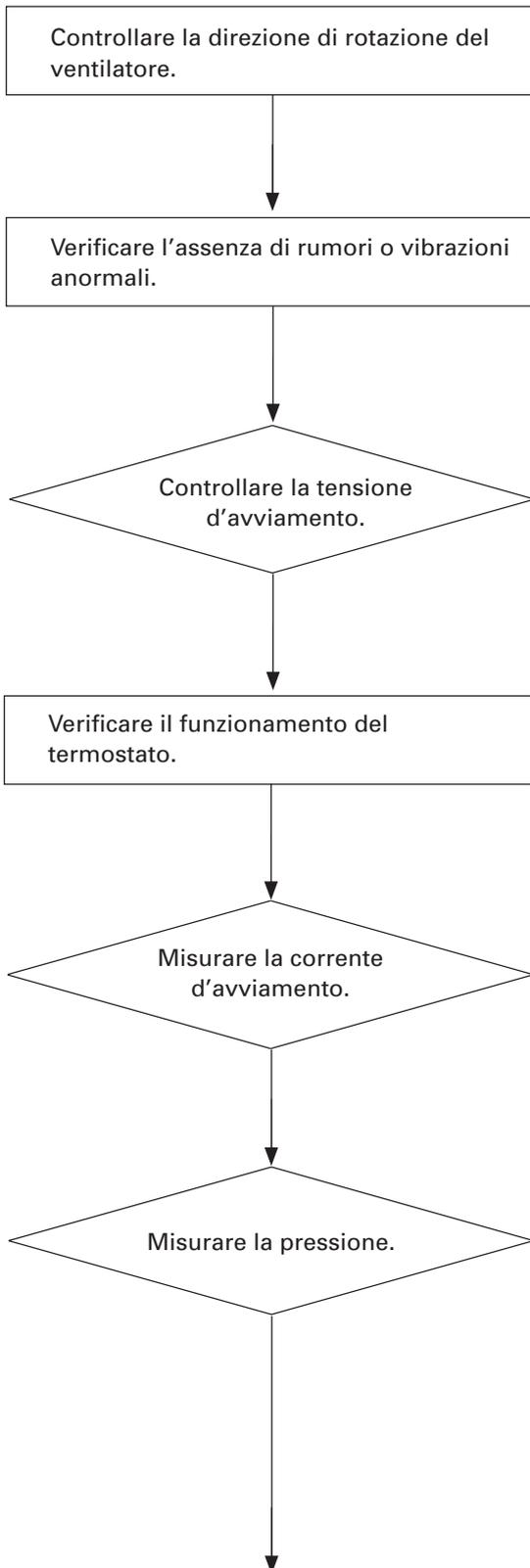
## 8.2 Prova di funzionamento

Il condizionatore d'aria viene ispezionato nel seguente ordine. Se si trova qualcosa di guasto, arrestarlo immediatamente ed effettuare la riparazione o la manutenzione riferendosi al Capitolo 9 "Ricerca e riparazione di guasti".

Nota)

◊ : Controllo mediante strumenti.

□ : Controllo mediante osservazione o altro.



- La direzione di rotazione del ventilatore è indicata dalla freccia.
- Nel caso di ventilatore a pale multiple, anche se ruota in senso opposto, escono piccoli volumi d'aria.
- Se il motore del ventilatore e il rotore ruotano in senso opposto, cambiare due dei tre collegamenti elettrici dell'alimentazione.

- La fluttuazione della tensione d'avviamento deve essere entro  $\pm 10\%$  della tensione nominale.

- Regolare il controllo della portata.  
Verificare se la sezione si ferma. Se la temperatura ambiente è molto bassa, il termostato è attivato. Verificare riscaldando con le dita o con acqua calda.

- La corrente d'avviamento è inferiore al 110% della corrente nominale (in condizioni di funzionamento normale).  
Se la corrente d'avviamento è eccessiva, il relè di sovracorrente può mettersi in funzione.

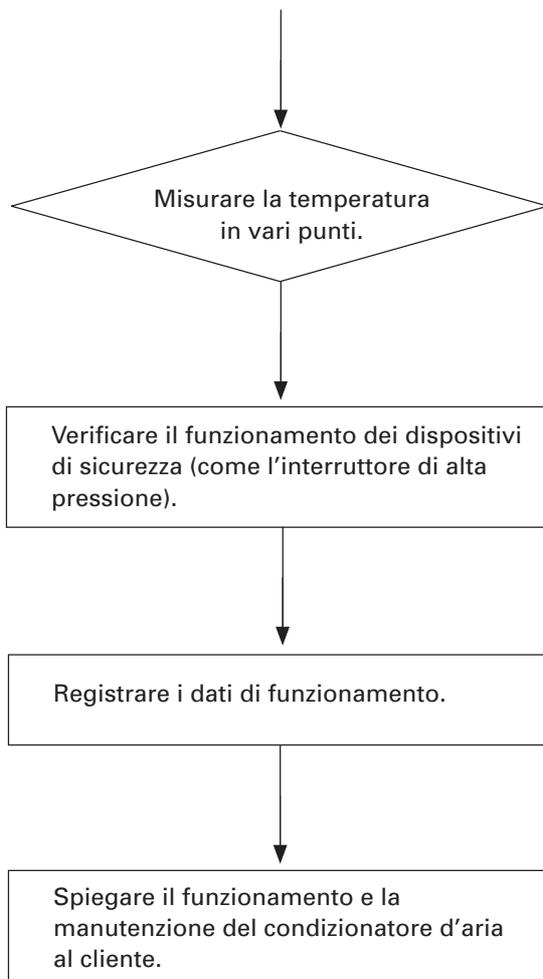
- Caratteristiche della pressione di funzionamento. (Dati di riferimento.)

	Tipo raffreddato ad aria	Tipo raffreddato ad acqua
H.P.	12~26 kgf/cm <sup>2</sup> (170~370 psi)	10~18 kgf/cm <sup>2</sup> (142~256 psi)
L.P.	3,5~7,5 kgf/cm <sup>2</sup> (50~107 psi)	3~6 kgf/cm <sup>2</sup> (42~86 psi)

H.P. .... Pressione di mandata

\* Viene usato R-22

L.P. .... Pressione di aspirazione



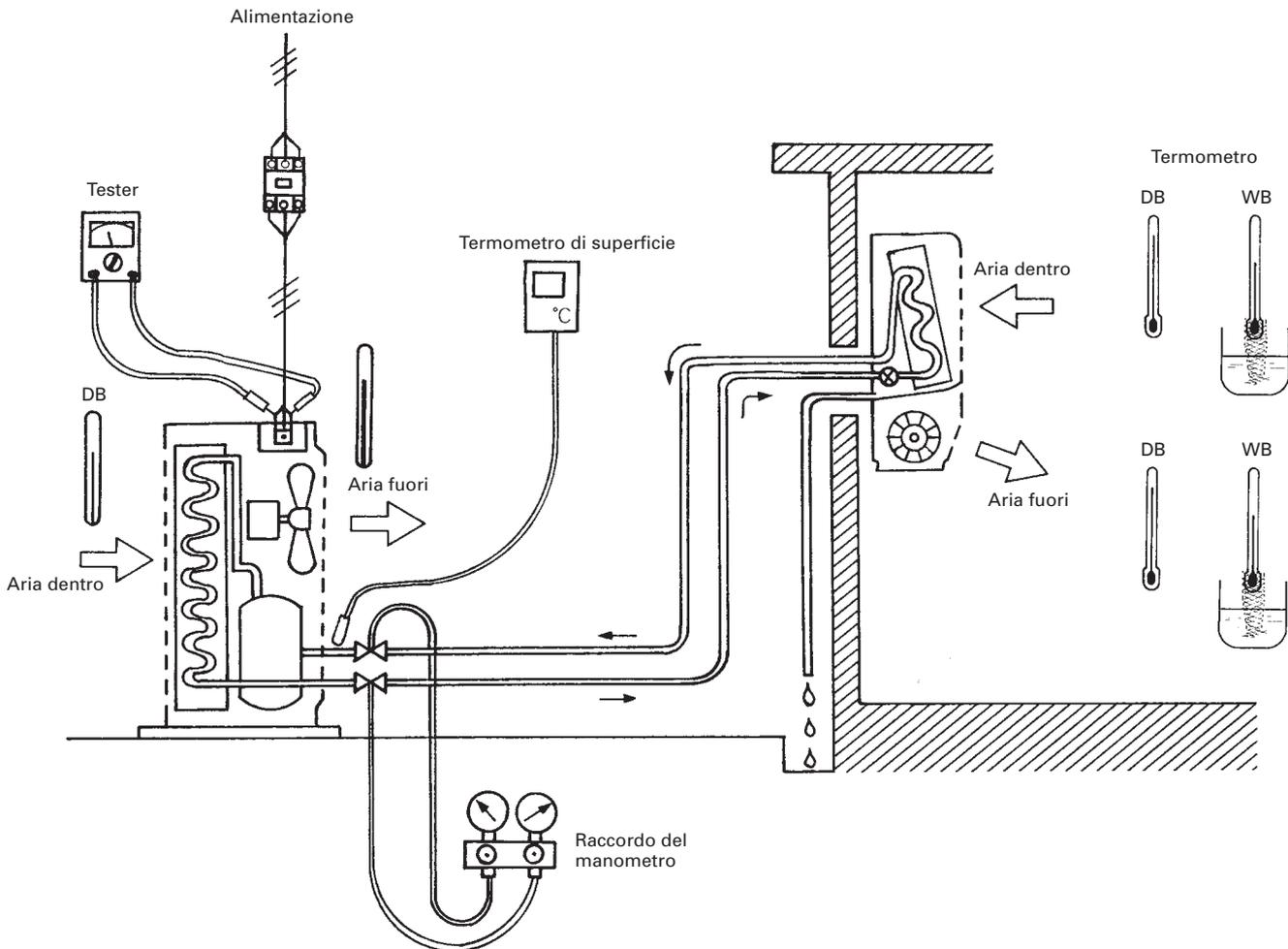
- Se la differenza di temperatura tra l'aria entrante e quella uscente è superiore a 8°C (46,4°F), la capacità di raffreddamento è soddisfacente.
- Controllare il funzionamento dell'interruttore di alta pressione arrestando il ventilatore esterno o la portata d'acqua del condensatore.
- Dopo aver terminato tutte le prove di funzionamento, spiegare al cliente il funzionamento e la manutenzione del condizionatore d'aria secondo il manuale d'uso fornito assieme alla sezione.

### 8.3 Elementi da misurare

Misurare almeno i seguenti elementi durante la prova di funzionamento.

- (1) Tensione e corrente d'avviamento
- (2) Pressione
  - Pressione di mandata
  - Pressione di aspirazione
- (3) Temperatura
  - Temperatura dell'aria (o dell'acqua) uscente del condensatore e dell'evaporatore.
  - Temperatura dell'aria (o dell'acqua) entrante del condensatore e dell'evaporatore.
  - Temperatura del gas di mandata.
  - Temperatura del gas di aspirazione.
  - Temperatura del liquido prima della valvola di espansione.

Fig. 8.3 Elementi da misurare



### Foglio tecnico

Nome del modello		Data	
N° di serie		Nome	

#### 1. Elementi da misurare prima del funzionamento

N°	Elemento	Standard	Data
1	Resistenza dell'isolamento	Più di 1 MΩ	MΩ
2	Tensione d'alimentazione	Fluttuazione entro ±10% della tensione nominale	V

#### 2. Elementi da misurare durante il funzionamento

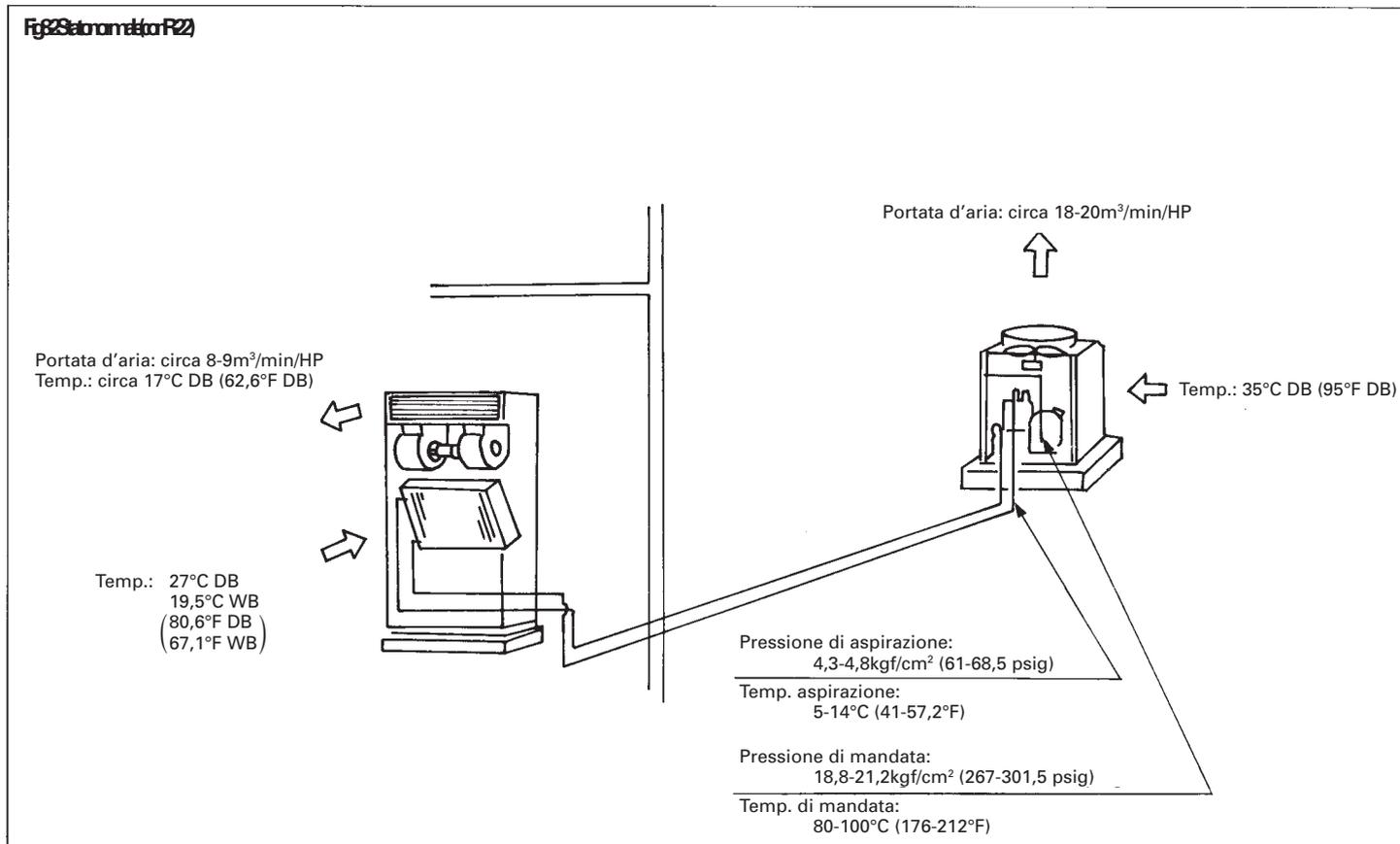
N°	Elemento	Standard	Data
①	Tensione	Fluttuazione entro ±10% della tensione nominale	V
②	Corrente d'avviamento	Inferiore al 115% della corrente nominale	A
③	Pressione di mandata (Pressione di condensazione)		kgf/cm <sup>2</sup>
④	Pressione di aspirazione (Pressione di evaporazione)		kgf/cm <sup>2</sup>
⑤	Temperatura media di condensazione	Entrata	°C DB
		Uscita	°C DB
		t	gradi
⑥	Temperatura media di evaporazione	Entrata	°C DB    °C WB
		Uscita	°C DB    °C WB
		t	Oltre 8 gradi
⑦	Temperatura del gas di aspirazione		°C
⑧	Temperatura del gas di mandata		°C
⑨	Temperatura del liquido prima del tubo capillare (valvola di espansione)		°C
⑩	Temperatura di saturazione della pressione di mandata (③)		°C
⑪	Temperatura di saturazione della pressione di aspirazione (④)		°C
⑫	Quantità di surriscaldamento (⑦-⑪)		gradi
⑬	Quantità di sottoraffreddamento (⑩-⑨)		gradi

## 8.4 Dati di funzionamento standard

I dati di funzionamento dei condizionatori d'aria, refrigeratori d'acqua e sezioni di refrigerazione di piccole dimensioni nei loro stati di funzionamento standard sono riportati in questo paragrafo.

Accertarsi di usare questi dati durante l'assistenza tecnica e ricordare gli stati di funzionamento standard dei condizionatori d'aria e dei refrigeratori d'acqua. Inoltre, ciascun modello ha i suoi propri limiti di funzionamento come la bassa temperatura, il sovraccarico, ecc., per cui controllare anche il foglio tecnico (foglio ES).

### 8.4.1 Condizionatori a monoblocco raffreddati ad aria



**Tab. 81** Valori standard (tor F22)

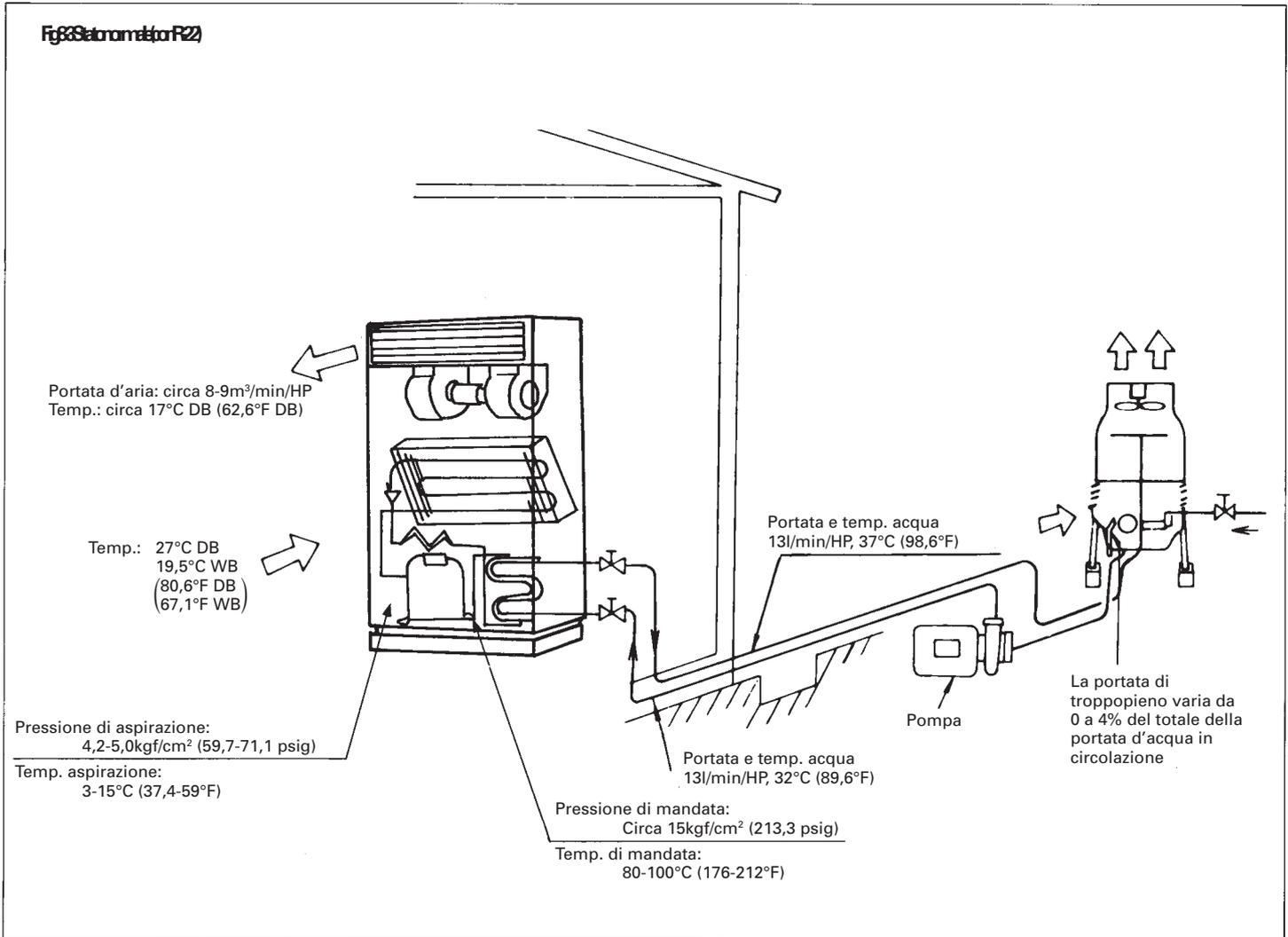
Elemento		Condizionatori d'aria monoblocco raffreddati ad aria	
		Raffreddamento	
Pressione del refrigerante	Pressione di mandata	Pressione di saturazione corrispondente a {temp. aria esterna + circa 15°C (27°F)}	
	Pressione di aspirazione	Pressione di saturazione corrispondente a {temp. aria di mandata - circa 12°C (22°F)}	
Sezione di condensazione (esterna)	Portata d'aria	Circa 18~20m <sup>3</sup> /min/HP	
	Gamma	9~11°C (16,2~19,8°F)	
Sezione termoventilante (interna)	Portata d'aria	Circa 8~9m <sup>3</sup> /min/HP	
	Gamma	9~13 °C (16,2~23,4°F)	
Quantità di surriscaldamento	3~10 gradi		
Quantità di sottoraffreddamento	3~8 gradi		

#### Note

- Valori di costruzione standard.  
La lunghezza della tubazione corrispondente e la differenza di livello tra le sezioni termoventilante (interna) e di condensazione (esterna) si basano su 5m (16,4ft) e 0m (0ft). (La lunghezza della tubazione varia con tale differenza di livello della tubazione.)
- Temp. aria esterna 35°C DB (95°F DB)  
Temp. aria interna 27°C DB (80,6°F DB)  
19,5 °C WB (67,1°F DB)

28 **Condizionatori a monoblocco raffreddati ad acqua in combinazione con colonne di raffreddamento**

Fig. 82 (a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h) (i) (j) (k) (l) (m) (n) (o) (p) (q) (r) (s) (t) (u) (v) (w) (x) (y) (z)

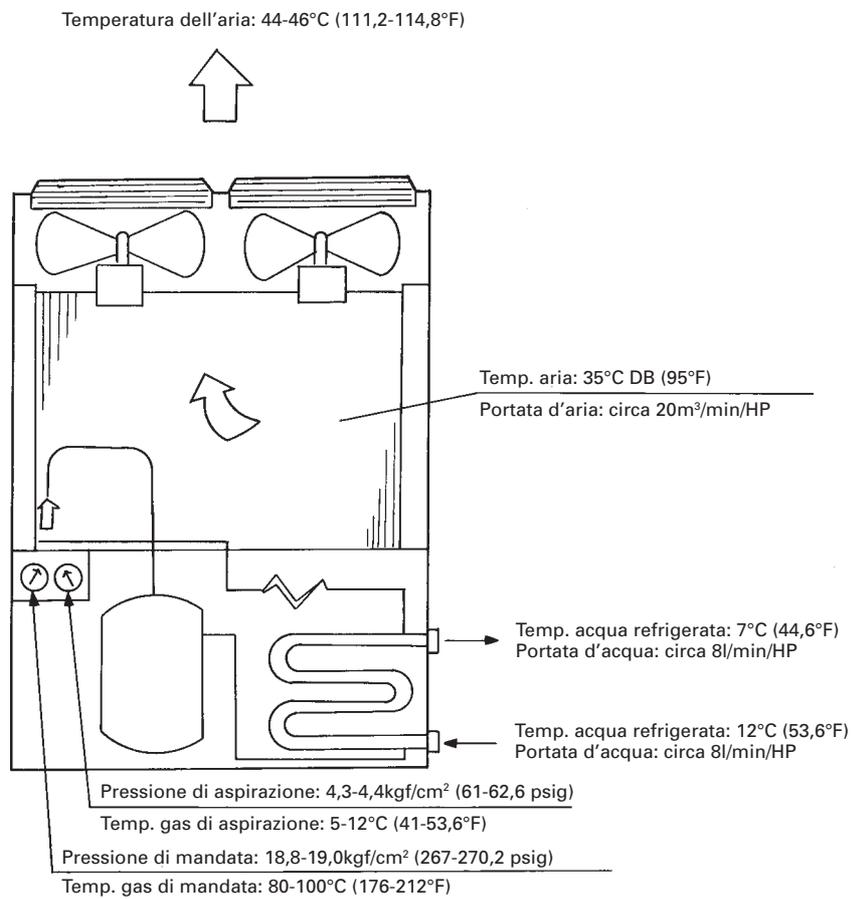


Tab. 82 (a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h) (i) (j) (k) (l) (m) (n) (o) (p) (q) (r) (s) (t) (u) (v) (w) (x) (y) (z)

Elemento		Condizionatori d'aria monoblocco raffreddati ad acqua		Colonna di raffreddamento	
		Raffreddamento			
Pressione del refrigerante	Pressione di mandata	Pressione saturada corrispondente a {temp. acqua uscente dal condensatore +circa 5°C (9°F)}			
	Pressione di aspirazione	Pressione di saturazione corrispondente a {temp. aria di mandata - circa 11°C (19,8°F)}			
Acqua condensatore	Portata d'acqua	Colonna di raffreddamento 13l/min/HP, 32°C (89,6°F)		Portata d'acqua	13 l /min /ton
	Gamma	Circa 5 gradi		Gamma	Entrata: 32°C (89,6°F) Uscita: 37°C (98,6°F) ΔT = 5 gradi
Aria	Portata d'aria	Circa 8-9m <sup>3</sup> /min/HP		Temp.	27°C WB (80,6°F WB)
	Gamma	10-14°C (18-25,2°F)			
Quantità di surriscaldamento		3~10 gradi			
Quantità di sottoraffreddamento		3~8 gradi			

Note) Valori di costruzione standard.  
a. Temp. aria interna 27°C DB, 19,5 °C WB (80,6°F DB, 67,1°F WB)  
b. Temp. acqua uscente dalla colonna 32°C (89,6°F) e temp. acqua entrante nella colonna 37°C (98,6°F)

Fig.84 Stato normale



Tab.83/84

Elemento		Refrigeratore d'acqua monoblocco raffreddato ad aria	
		Raffreddamento	
Pressione del refrigerante	Pressione di mandata	Pressione di saturazione corrispondente a (temp. aria esterna +circa 15°C (27°F))	
	Pressione di aspirazione	Pressione di saturazione corrispondente a (temp. acqua refrigerata uscente - circa 7°C (12,6°F))	
Aria	Portata d'aria	Circa 20 m³/min/HP	
	Gamma	9~11 °C (16,2~19,8 °F)	
Acqua refrigerata	Portata d'acqua	Circa 8 l /min/HP	
	Gamma	5°C (9°F)	
Quantità di surriscaldamento		4~6 gradi	
Quantità di sottoraffreddamento		3~8 gradi	

Note)

Aria esterna: 35°C DB (95°F)

Temp. acqua refrigerata entrante: 12°C (53,6°F)

Temp. acqua refrigerata uscente: 7°C (44,6°F)

### 8.4.4 Refrigeratori d'acqua monoblocco raffreddati ad acqua

Fig. 8-5 Stato normale (con R-22)

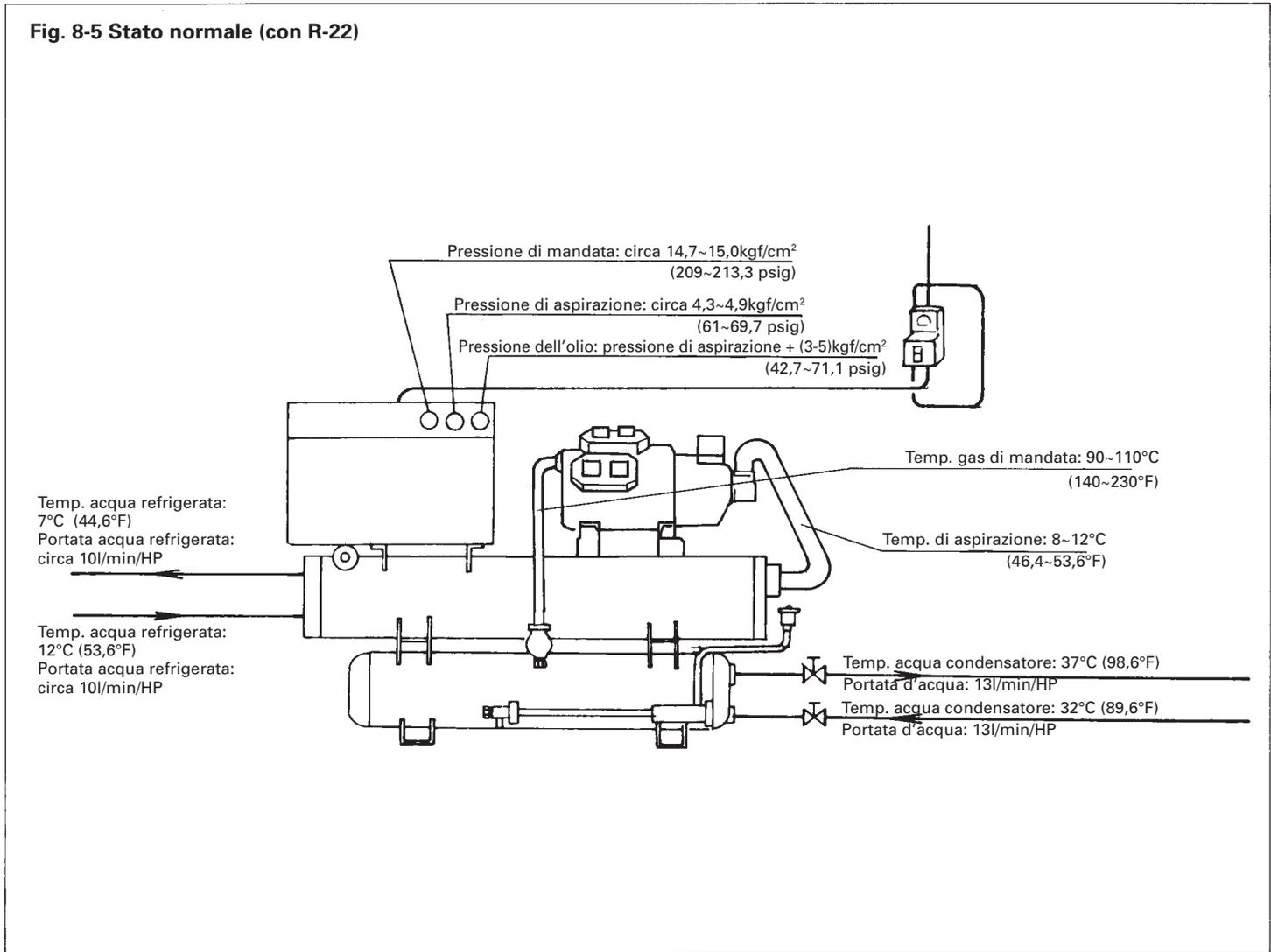
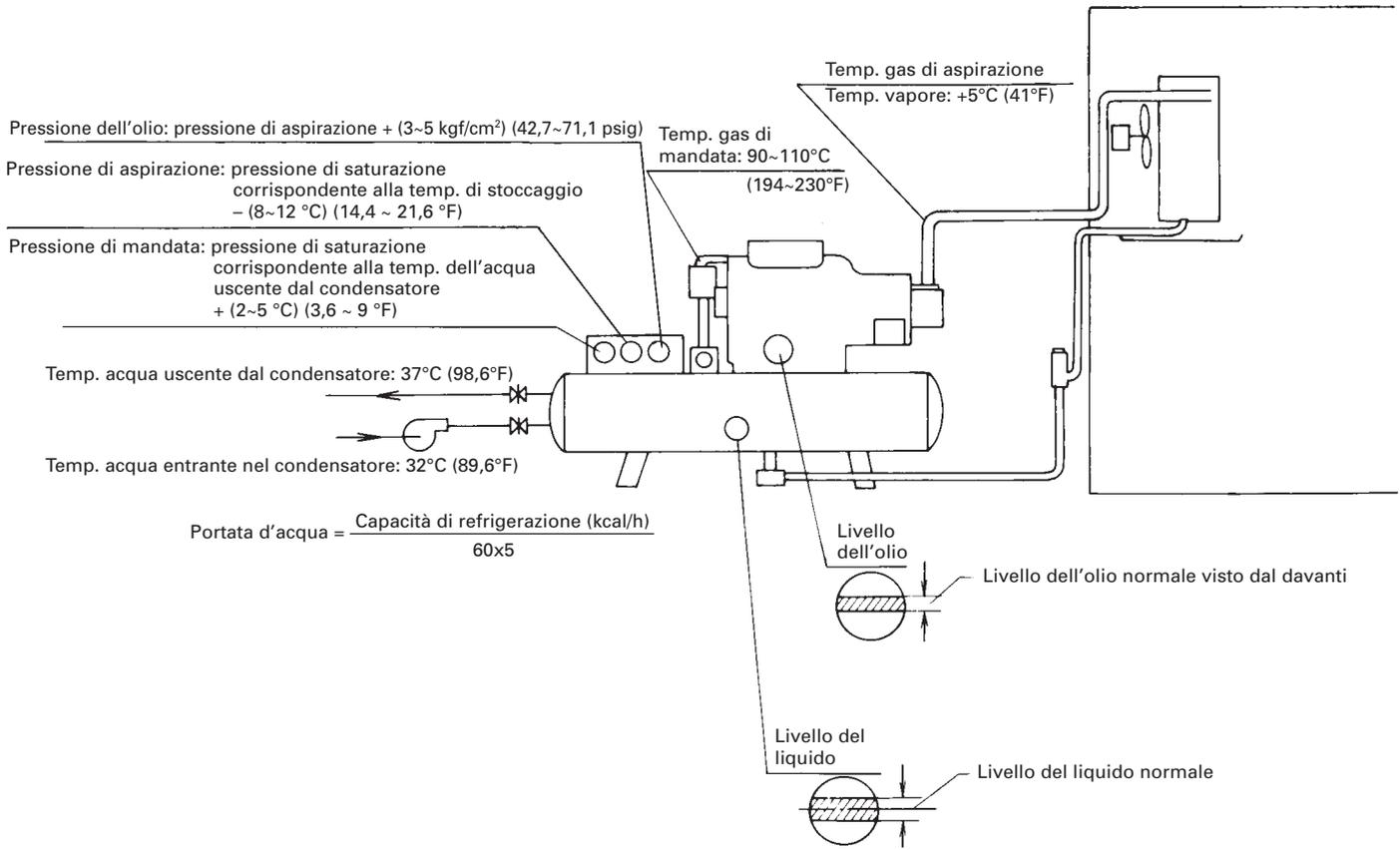


Tabella 8-4 Valori standard (con R-22)

Elemento		Refrigeratore d'acqua monoblocco raffreddato ad acqua
		Raffreddamento
Pressione del refrigerante	Pressione di mandata	Pressione di saturazione corrispondente a {temp. acqua uscente dal condensatore +circa 5°C (27°F)}
	Pressione di aspirazione	Pressione di saturazione corrispondente a {temp. acqua refrigerata uscente - 5°C (9°F)}
Acqua condensatore	Portata d'acqua	Circa 13 l /min/CV
	Gamma	5 gradi
Acqua refrigerata	Portata d'acqua	Aprox. 10 l /min/HP
	Gamma	5°C Circa (9°F)
Quantità di surriscaldamento		5-8 gradi
Quantità di sottoraffreddamento		3-8 gradi

Note) Temp. acqua refrigerata entrante 12°C (53,6°F)  
 Temp. acqua refrigerata uscente 7°C (44,6°F)  
 Temp. acqua entrante nel condensatore 32°C (89,6°C)  
 Temp. acqua uscente dal condensatore 37°C (98,6°F)

Fig. 96 Sezione normale di F22

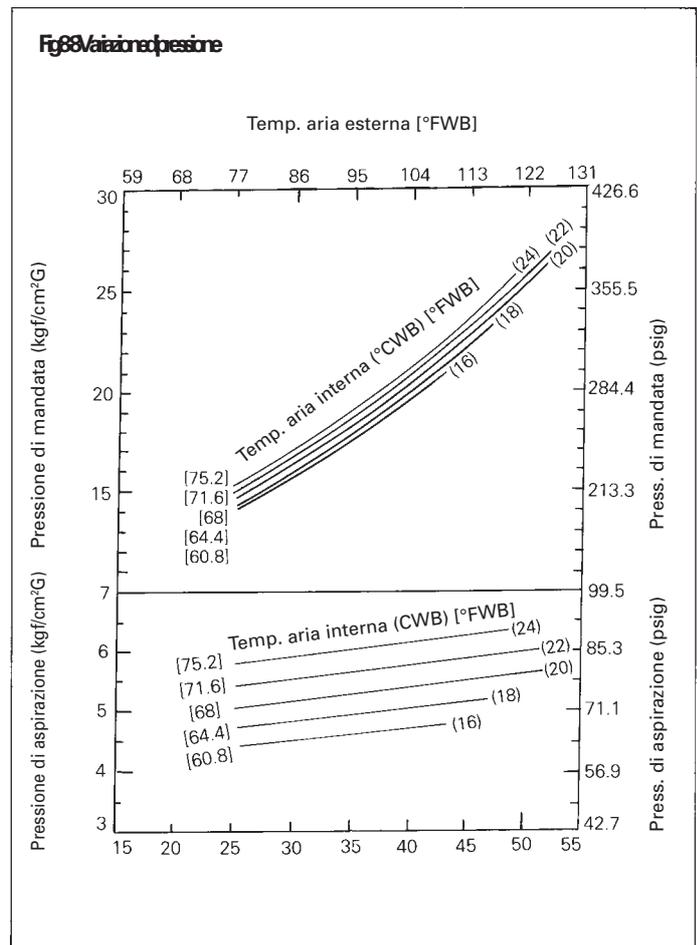
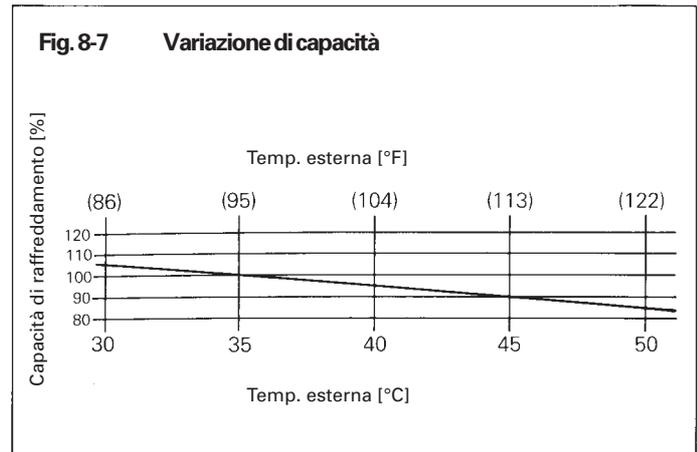


Tab. 85 Parametri di F22

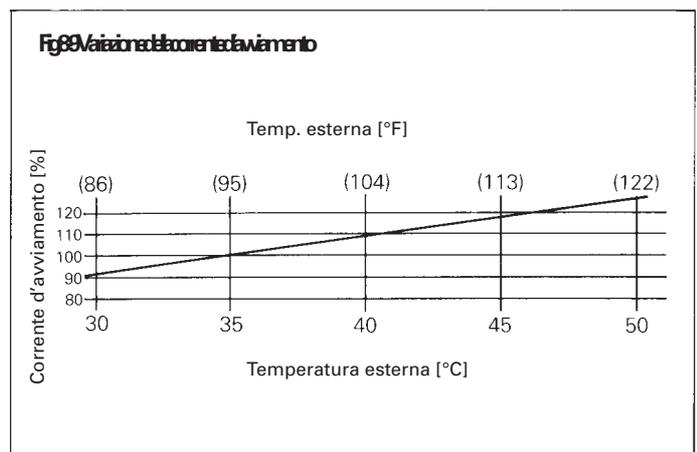
Elemento	Sezione di refrigerazione raffreddata ad acqua	
Pressione del refrigerante	Alta pressione	Pressione di saturazione corrispondente a {temp. acqua uscente dal condensatore + (2~5°C) (3,6~9°F)}
	Bassa pressione	Pressione di saturazione corrispondente a {temp. di stoccaggio - (8~12°C) (14,4~21,6°F)}
Pressione dell'olio	Pressione di aspirazione + (3~5kgf/cm <sup>2</sup> ) (42,7~71,1psi)	
Gamma acqua condensatore	3~5°C (5,4~9°F)	
Temp. gas di aspirazione	Temp. di evaporazione +(7~10°C) (12,6~18°F)	

## 8.5 Tendenza generale delle prestazioni in seguito a cambiamento della temperatura media di condensazione ed evaporazione

In generale, la capacità, la pressione e la corrente d'avviamento variano notevolmente con le temperature esterna ed interna, come indicato nelle figure da 8-7 a 8-9. Poiché la temperatura esterna non può essere controllata, è molto importante giudicare se lo stato di funzionamento è normale, in confronto alla pressione e la corrente d'avviamento di fatto misurate con i valori standard descritti nel paragrafo 8.4 "Dati di funzionamento standard". Fare riferimento ai seguenti grafici.



Poiché la pressione e la corrente d'avviamento variano notevolmente con le temperature esterna ed interna, non prendere in considerazione la quantità di refrigerante mediante la pressione o la corrente d'avviamento quando è caricato o aggiunto in seguito, ma caricare correttamente la quantità prestabilita per mezzo di un cilindro di carica.



## 8.6 Misurazione locale dei dati

- Durante le prove di funzionamento controllare almeno i seguenti elementi.
- Quando si misura la temperatura o la pressione di ciascuna parte, la misurazione deve essere eseguita dopo 20-30 minuti di funzionamento continuo.
- Quando si fa funzionare un condizionatore d'aria sotto certe condizioni (temperatura dell'ambiente circostante per esempio), significa che il condizionatore funziona con la pressione del refrigerante e la corrente elettrica corrispondenti (temperatura dell'ambiente circostante).

### 1 Misurazione della temperatura e della pressione della sezione esterna

#### ■ Misurazione della temperatura della sezione esterna

Temperatura di bulbo secco °C (DB)

Temperatura di bulbo umido °C (WB)

#### ■ Misurazione della corrente d'avviamento (A)

#### ■ Misurazione della pressione d'avviamento

Si deve fare attenzione, come indicato nella figura 8-10, al fatto che vi sono due tipi di macchine da cui sia l'alta pressione che la bassa pressione possono essere estratte dalla valvola d'arresto e che solo la bassa pressione può essere estratta dalla giunzione di controllo.

Lato ad alta pressione kgf/cm<sup>2</sup>G

Lato a bassa pressione kgf/cm<sup>2</sup>G

Per esempio, durante il funzionamento alla temperatura dell'ambiente circostante di 35°C è confrontato con il funzionamento alla temperatura dell'ambiente circostante di 30°C, la prima pressione di funzionamento è più alta e la corrente elettrica passa in maggior misura.

È importante sapere in che modo le caratteristiche di funzionamento del condizionatore d'aria cambiano in funzione del cambiamento della temperatura dell'ambiente circostante (temperatura di bulbo secco e bulbo umido). Perciò, è necessario misurare la temperatura o la pressione in ogni parte.

Fig. 8-10

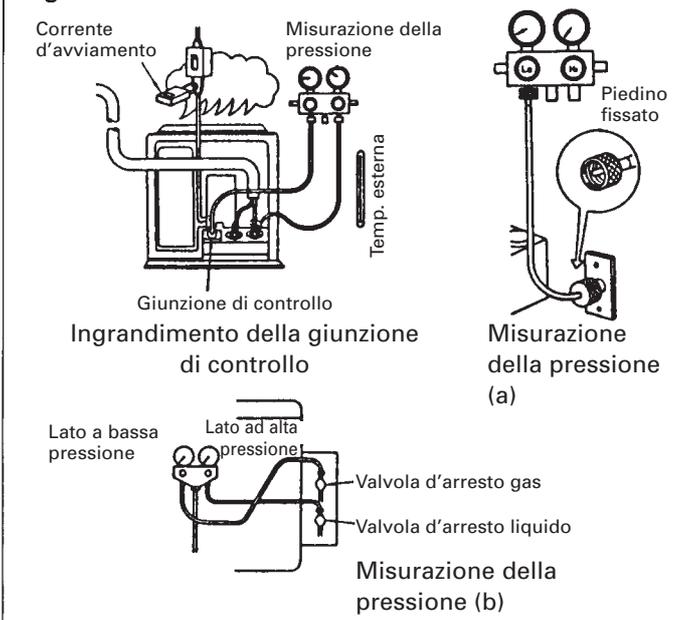
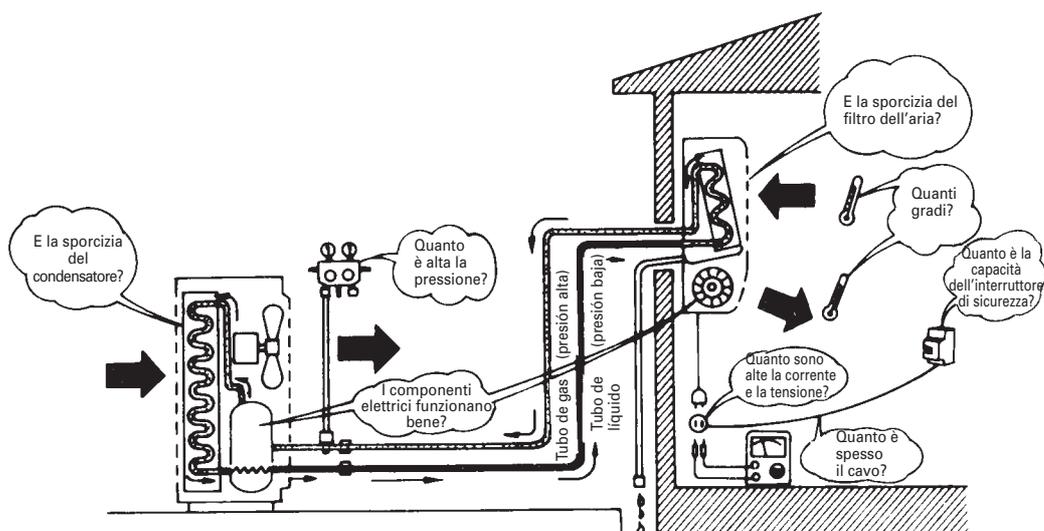


Fig. 8-11



## 2. Misurazione delle temperature di entrata e uscita dell'aria

La temperatura di entrata dell'aria viene misurata nella parte centrale della bocca d'entrata e la temperatura di uscita dell'aria nella parte centrale della bocca d'uscita, inserendo un termometro.

Come guida si utilizza la differenza tra queste due temperature, che serve anche per la determinazione dell'entalpia nel calcolo del carico termico.

### ■ Temperatura di entrata interna (DB)

Misurare la temperatura di bulbo secco di aspirazione dell'aria nel condizionatore d'aria.  
(Termometro a bulbo secco)

### ■ Temperatura di entrata interna (WB)

Misurare la temperatura di bulbo umido di aspirazione dell'aria nel condizionatore d'aria.  
(Termometro a bulbo umido)

[Commenti su un termine]

Giunzione di controllo..... Alcune macchine non hanno uscita (valvola di servizio) sul lato a bassa pressione. Perciò, come indicato nelle figure, la giunzione di controllo viene usata per la bocca d'uscita per misurare la bassa pressione o per l'aggiunta di refrigerante.

### ■ Temperatura di uscita interna (DB)

Misurare la temperatura di bulbo secco dell'aria soffiata fuori dal condizionatore nel locale. (Termometro a bulbo secco)

### ■ Temperatura di uscita interna (WB)

Misurare la temperatura di bulbo umido dell'aria soffiata fuori dal condizionatore nel locale. (Termometro a bulbo umido)

## 3. Misurazione delle temperature del circuito di refrigerante (Ciclo frigorifero)

### ■ Misurazione della temperatura del refrigerante nel tubo di aspirazione

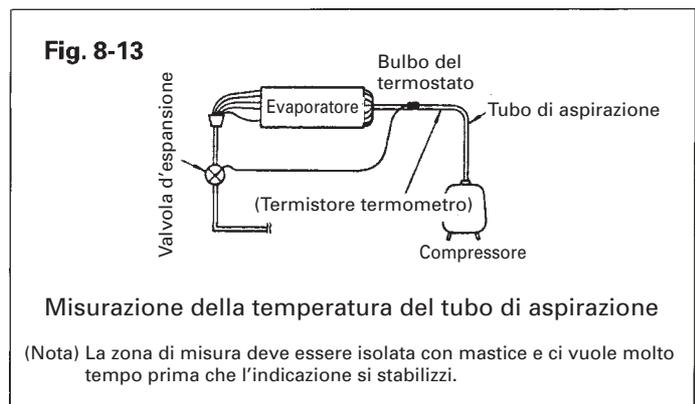
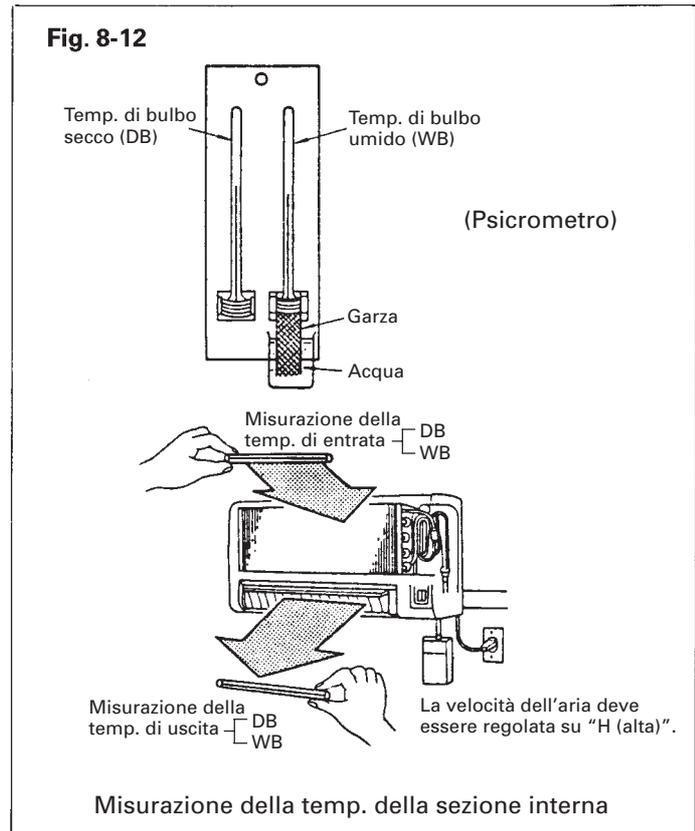
Viene misurata la temperatura del refrigerante nel tubo di aspirazione.

(a) Come determinare il surriscaldamento

Surriscaldamento =  $T_1 - T_2$  (temp. del tubo di aspirazione del compressore - temp. di saturazione corrispondente alla bassa pressione)

(b) A cosa serve il surriscaldamento?

Garantendo un certo surriscaldamento (di solito 5°C o 10°C), si evita che il liquido venga compresso.



■ Misurazione della temperatura del refrigerante all'entrata della valvola di espansione

Come indicato nella figura 8-14, viene misurata la temperatura del refrigerante all'ingresso della valvola di espansione.

(a) Come determinare il sottoraffreddamento?

Sottoraffreddamento =  $T_1 - T_2$  (temp. di saturazione corrispondente all'alta pressione - temp. all'entrata della valvola di espansione).

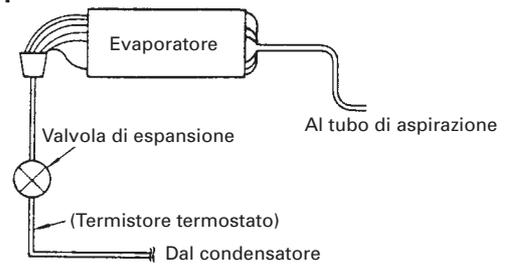
(b) A cosa serve il sottoraffreddamento?

È necessario per evitare la formazione di gas di flusso sul lato della valvola di espansione e ad aumentare la capacità di raffreddamento. (Normalmente circa 5°C).

[Commenti su un termine]

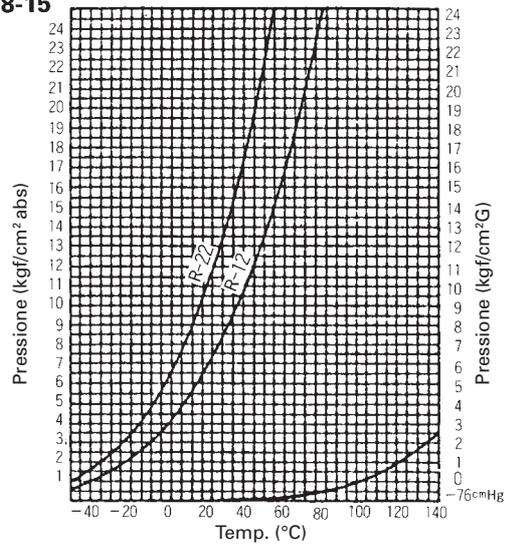
Gas di flusso..... Una parte del refrigerante liquefatto viene gassificata per diventare una miscela di gas e di liquido.

Fig. 8-14



Misurazione della temp. all'entrata della valvola di espansione

Fig. 8-15



Curva di saturazione del refrigerante

#### 4. Calcolo della capacità

Nelle condizioni di misurazione delle temperature di entrata e di uscita dell'aria della sezione interna descritte in precedenza, la capacità viene calcolata per mezzo di un diagramma psicrometrico.

Di seguito è riportato un esempio.

#### ■ Calcolo della capacità di raffreddamento

Capacità di raffreddamento (kcal/h)

$$= [(Entalpia\ dell'aria\ in\ entrata)\ (kcal/kg) \\ -\ (Entalpia\ dell'aria\ in\ uscita)\ (kcal/kg)] \\ \times\ 1/volume\ specifico\ dell'aria\ in\ uscita\ (kg/m^3) \\ \times\ Portata\ dell'aria\ (m^3/h)$$

Esempio di raffreddamento

Condizioni

Aria in entrata: temp. BD 30°C      temp. WB 24°C  
Aria in uscita: temp. BD 20°C      temp. WB 18,5°C  
Portata d'aria: 800m<sup>3</sup>/h

Dal diagramma psicrometrico si ha:

Entalpia dell'aria in entrata: 17,2kcal/kg

Entalpia dell'aria in uscita: 12,5kcal/kg

Volume specifico dell'aria in uscita: 0,85m<sup>3</sup>/kg.

Applicando la formula summentovata:

$$Capacità\ di\ raffreddamento = (17,2 - 12,5) \times 1/0,85 \times 800 \\ \doteq 4423\ (kcal/h)$$

Capacità di riscaldamento (kcal/h)

$$= 0,24\ (kcal/kg^{\circ}C) \times (temp.\ dell'aria\ in\ uscita\ (^{\circ}C) \\ -\ temp.\ dell'aria\ in\ entrata\ (^{\circ}C)) \times portata\ d'aria\ (m^3/h) \\ \times\ 1/volume\ specifico\ (kg/m^3)$$

Condizioni: Temp. dell'aria in entrata: 15°C

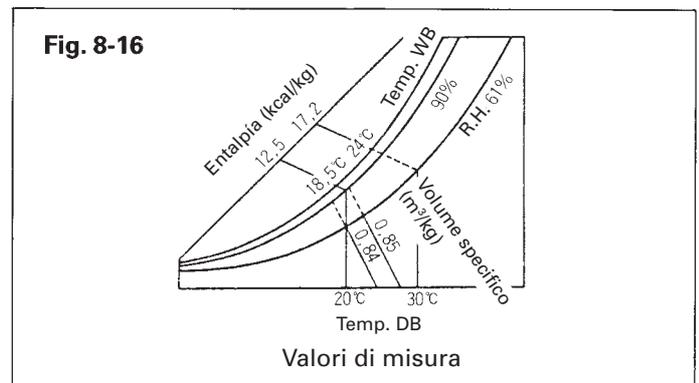
Temp. dell'aria in uscita: 45°C

Portata d'aria: 800m<sup>3</sup>/h

Volume specifico: 0,91m<sup>3</sup>/kg

Applicando la formula summentovata:

$$Capacità\ di\ riscaldamento = 0,24 \times (45-15) \times 800 \times 1/0,91 \\ \doteq 6330\ (kcal/h)$$





## Capitolo 9 Ricerca e riparazione di guasti

9.1 Assistenza alla decisione nella ricerca e riparazione di guasti .....	174
9.2 Diagnosi per mezzo di manometri .....	176
9.3 Spiegazione dei guasti principali con il ciclo frigorifero .....	179
9.4 Guasti e contromisure per condizionatori d'aria - raffreddamento .....	185
9.4.1 Il condizionatore d'aria non inizia a raffreddare .....	185
9.4.2 Il condizionatore d'aria si avvia ma si ferma poco dopo .....	187
9.4.3 Il condizionatore d'aria funziona continuamente o esegue cicli brevi con .....	
raffreddamento insufficiente .....	189
9.4.4 Rumori anormali e vibrazioni .....	191
9.4.5 Altri .....	192

## Capitolo 9 Ricerca e riparazione di guasti

### 9.1 Assistenza alla decisione nella ricerca e riparazione di guasti

Anche se il condizionatore d'aria è installato correttamente, si possono verificare dei guasti. È impossibile discutere tutti i possibili guasti, per cui sono riportati nella seguente tabella quelli più comuni.

I guasti si possono verificare spesso per una combinazione di cause. In tali casi, risolvere tutti questi problemi uno per volta. I guasti più comuni e la loro riparazione sono indicati nella tabella 9-1.



**Tabella 1 Assistenza tecnica in caso di guasti**

		Causa possibile di guasto	La sezione non si avvia	Il compressore non si avvia - I ventilatori funzionano	Il compressore e il ventilatore del condensatore (esterno) non si avviano	Il ventilatore dell'evaporatore (interno) non si avvia	Il ventilatore del condensatore (esterno) non si avvia	La sezione funziona ma si ferma poco dopo	*Il compressore esegue cicli brevi a causa del sovraccarico	Pressione di mandata alta	Pressione di mandata bassa	Pressione di aspirazione alta	Pressione di aspirazione bassa	La sezione funziona ininterrottamente -raffreddamento insufficiente	Troppo freddo	Il compressore è rumoroso	Metodo di prova/rimedio
Circuito elettrico	①	Interruzione di corrente	☆														Controllare la tensione
	②	Fusibile saltato o varistore	☆														Ispezionare il tipo e la dimensione dei fusibili
	③	Collegamenti allentati	☆														Ispezionare i collegamenti - serrare
	④	Cavi in cortocircuito o rotti	☆	☆	☆	☆	☆										Controllare i circuiti con il tester
	⑤	Il dispositivo di sicurezza si apre	☆														Verificare la continuità del dispositivo di sicurezza
	⑥	Termostato difettoso		☆	☆		☆									☆	Verificare la continuità del termostato e del cablaggio
	⑦	Trasformatore difettoso	☆														Verificare il circuito di controllo con il tester
	⑧	Condensatore in cortocircuito o aperto		☆		☆	☆										Verificare il condensatore con il tester
	⑨	Contattore magnetico del compressore difettoso		☆	☆			☆	☆								Verificare la continuità della bobina e dei contatti
	⑩	Contattore magnetico del ventilatore difettoso				☆	☆										Verificare la continuità della bobina e dei contatti
	⑪	Tensione bassa						☆	☆								Controllare la tensione
	⑫	Compressore in cortocircuito o a massa		☆													Controllare la resistenza con il tester meger
	⑬	Motore del ventilatore in cortocircuito o a massa				☆	☆										Controllare la resistenza con il tester meger
Circuito del refrigerante	⑭	Compressore bloccato		☆													
	⑮	Mancanza di refrigerante						☆	☆		☆		☆	☆			Controllo delle perdite
	⑯	Linea del liquido ristretta						☆					☆	☆			Sostituire le parti ristrette
	⑰	Filtro dell'aria sporco											☆	☆			Pulire o sostituire
	⑱	Serpentina dell'evaporatore sporca											☆	☆			Pulire la serpentina
	⑲	Aria insufficiente attraverso la serpentina dell'evaporatore											☆	☆			Controllare il ventilatore
	⑳	Sovraccarica di refrigerante						☆	☆	☆		☆				☆	Cambiare il volume di refrigerante caricato
	㉑	Condensatore sporco o parzialmente bloccato						☆	☆	☆				☆			Pulire il condensatore o rimuovere gli ostacoli
	㉒	Aria o gas non condensabili nel cicl frigorifero								☆				☆			Spurgare, evacuare e ricaricare
	㉓	Cicli brevi dell'aria di condensazione								☆				☆			Togliere gli ostacoli alla portata d'aria
	㉔	Mezzo di condensazione ad alta temperatura								☆							
	㉕	Mezzo di condensazione insufficiente								☆							Togliere gli ostacoli alla portata d'aria o d'acqua
	㉖	Parti interne del compressore rotte														☆	Sostituire il compressore
	㉗	Compressore inefficiente									☆	☆		☆			Verificare l'efficienza del compressore
	㉘	Valvola di espansione ostruita												☆			Sostituire la valvola
	㉙	Valvola di espansione o tubo capillare completamente chiusi						☆						☆			Sostituire la valvola
	㉚	Fuoriuscita nell'elemento meccanico sulla valvola di espansione						☆						☆			Sostituire la valvola
㉛	Installazione non corretta del bulbo sonda											☆				Fissare il bulbo sonda	
Altri	㉜	Condizioni di carico pesanti										☆		☆			Controllare il carico termico
	㉝	Bulloni e/o viti di tenuta allentati													☆		Serrare i bulloni o le viti
	㉞	Le piastre di spedizione restano attaccate													☆		Toglierle
	㉟	Contatto della tubazione con un'altra tubazione o piastra esterna													☆		Rettificare la tubazione in modo che non sia in contatto con altre tubazioni o con la piastra esterna

✱ In caso di R/A

## 9.2 Diagnosi per mezzo di manometri

I guasti più importanti si verificano nel ciclo frigorifero di condizionatori d'aria di piccole dimensioni, come spiegato di seguito:

- (a) Il condizionatore d'aria funziona ma si ferma poco dopo.
- (b) Il condizionatore d'aria esegue cicli brevi con raffreddamento insufficiente.
- (c) Il condizionatore d'aria funziona ininterrottamente con raffreddamento insufficiente.

Naturalmente, si possono verificare molti altri guasti nel circuito elettrico, ma questi sono spiegati nel manuale tecnico di ciascun modello.

In questo capitolo sono spiegate in dettaglio le cause dei guasti collegati al ciclo frigorifero.

Vi sono tre situazioni principali nei condizionatori d'aria che funzionano normalmente ma con un raffreddamento insufficiente:

**(a) Pressione di mandata alta**

**(b) Pressione di aspirazione bassa**

**(c) Pressione di aspirazione alta**

Alcuni di questi guasti possono essere diagnosticati per mezzo di manometri, come indicato sotto.

### (1) Pressione di mandata alta

- 1. Condensatore sporco o parzialmente bloccato (21)\*
- 2. Aria o gas non condensabili nel ciclo frigorifero (22)\*
- 3. Sovraccarica di refrigerante (20)\*
- 4. Mezzo di condensazione insufficiente (aria o acqua) (25)\*
- 5. Mezzo di condensazione ad alta temperatura (24)\*
- 6. Cicli brevi dell'aria di condensazione (23)\*

### (2) Pressione di aspirazione bassa

- 1. Aria o carico termico insufficienti sulla serpentina dell'evaporatore (17)\* (18)\* (19)\*
- 2. Resistenza contro la portata del refrigerante (16)\*
- 3. Mancanza di refrigerante (15)\*
- 4. Valvola di espansione o tubo capillare difettosi (29)\* (30)\*

### (3) Pressione di aspirazione alta

- 1. Condizioni di carico pesanti (32)\*
- 2. Sezione sottodimensionata per l'applicazione
- 3. Regolazione del surriscaldamento bassa
- 4. Regolazione della valvola di espansione errata
- 5. Installazione non corretta del bulbo sonda (31)\*
- 6. Compressore inefficiente (27)\*

Nota)

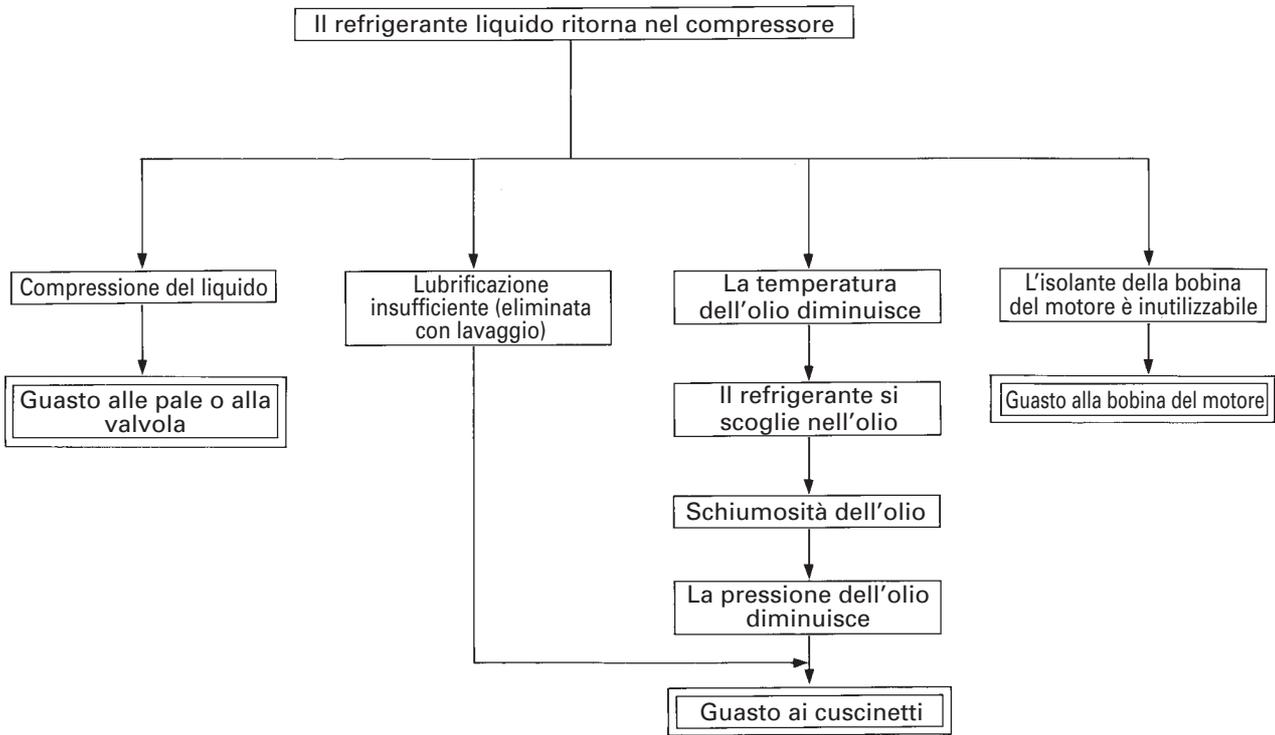
Il numero nel cerchietto contrassegnato con \* indica il numero della tabella 9-1 "Assistenza alla decisione nella ricerca e riparazione di guasti".

**Tabella 9-2 Diagnosi per mezzo di manometri**

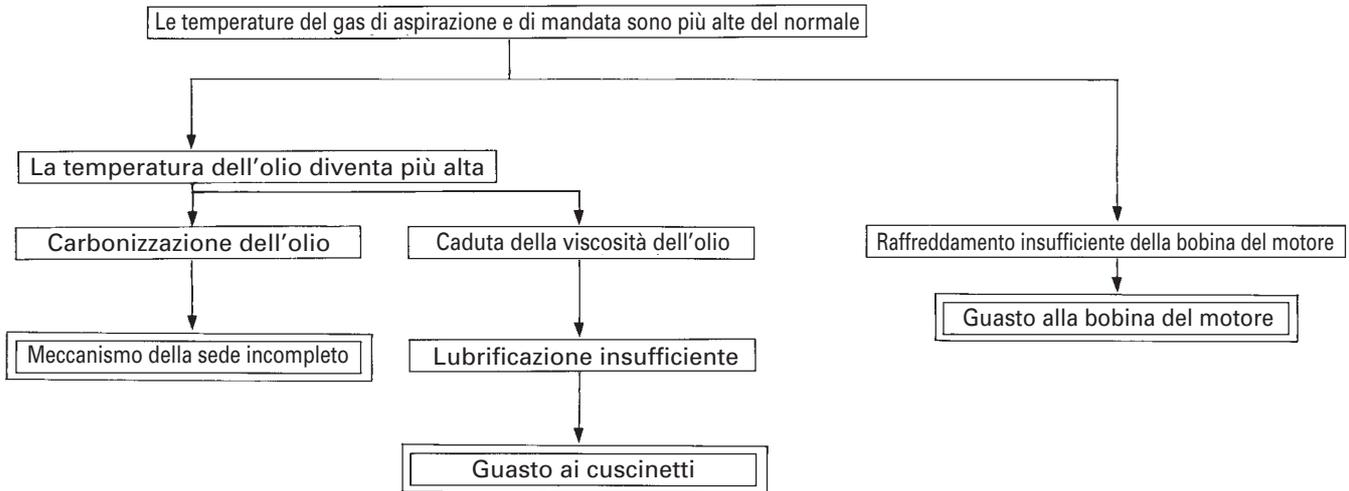
※1. H.P. ... Pressione di mandata L.P. ... Pressione di aspirazione  
AMP ... Corrente d'avviamento

※1		Pressione e corrente d'avviamento	Cause principali di guasti
HP	↗	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrambe l'alta e la bassa pressione sono molto alte.</li> <li>• La corrente d'avviamento aumenta notevolmente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refrigerante sovraccaricato (con ritorno di liquido) ⇒ Operación húmeda※2</li> <li>※ Se il refrigerante è eccessivamente sovraccaricato, l'interruttore di alta pressione o il relè di sovracorrente funzionano.</li> </ul>
LP	↗		
AMP	↗		
HP	↗	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La pressione di mandata è molto alta.</li> <li>• La pressione di aspirazione è leggermente più alta del normale.</li> <li>• La corrente d'avviamento aumenta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mezzo di condensazione insufficiente                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Condensatore sporco</li> <li>• Condensatore parzialmente bloccato</li> <li>• Malfunzionamento del ventilatore del condensatore o del motore del ventilatore</li> <li>• Rotazione inversa del ventilatore del condensatore</li> <li>• Cicli brevi dell'aria di condensazione</li> <li>• Aria di condensazione ad alta temperatura</li> </ul> </li> <li>• Portata dell'acqua del condensatore insufficiente ⇒ La differenza di temp. è grande                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il tubo dell'acqua è ostruito</li> <li>• Aria nel tubo dell'acqua</li> </ul> </li> <li>• Tubo dell'acqua sporco ⇒ La differenza di temp. è piccola                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubazione dell'acqua con incrostazioni</li> <li>• Acqua di condensazione ad alta temperatura</li> <li>• Malfunzionamento della colonna di raffreddamento</li> <li>• Aria nel sistema d'acqua del condensatore</li> </ul> </li> <li>• Aria o altri gas non condensabili nel sistema di refrigerazione</li> </ul>
LP	↗		
AMP	↗		
HP	↗	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La pressione di mandata è leggermente più alta del normale.</li> <li>• La pressione di aspirazione è molto alta.</li> <li>• La corrente d'avviamento aumenta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sezione sottodimensionata per l'applicazione</li> <li>• Condizioni di carico pesanti                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura dell'aria di aspirazione alta</li> </ul> </li> <li>• Portata dell'aria eccessiva</li> <li>• Valvola di espansione troppo aperta ⇒ Funzionamento in condizioni umide※2                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Installazione del bulbo sonda non corretta</li> <li>• Regolazione del surriscaldamento bassa</li> </ul> </li> </ul>
LP	↗		
AMP	↗		
HP	↘	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La pressione di mandata è leggermente più bassa del normale.</li> <li>• La pressione di aspirazione è molto bassa.</li> <li>• La corrente d'avviamento diminuisce.</li> <li>☆ Accumulo di gelo sulla serpentina dell'evaporatore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mancanza di refrigerante</li> <li>• Flusso di refrigerante limitato } ⇒ Funzionamento in surriscaldamento※3</li> <li>• Valvola di espansione o tubo capillare ostruiti</li> <li>• Essiccatore o filtro intasato</li> <li>• Valvola nella linea del liquido parzialmente chiusa</li> <li>• Ostruzione nella linea del liquido</li> <li>• Fuoriuscita nell'elemento meccanico sulla valvola di espansione</li> <li>• Mezzo di riscaldamento insufficiente ⇒ Funzionamento in condizioni umide※2                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Portata dell'aria a scarsa evaporazione                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtro dell'aria sporco</li> <li>• Slittamento della cinghia del ventilatore</li> <li>• Rotazione inversa del ventilatore dell'evaporatore</li> <li>• Cicli brevi dell'aria di raffreddamento</li> </ul> </li> <li>• Condizioni di carico leggere                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura dell'aria di aspirazione bassa</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>※ Nel caso di tipo raffreddato ad acqua                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temp. dell'acqua del condensatore troppo bassa</li> <li>• Portata dell'acqua del condensatore elevata</li> </ul> </li> </ul>
LP	↘		
AMP	↘		
HP	↘	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La pressione di mandata è leggermente più bassa del normale.</li> <li>• La pressione di aspirazione è molto alta.</li> <li>• La corrente d'avviamento diminuisce.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Malfunzionamento del compressore ⇒ Funzionamento in surriscaldamento※3</li> </ul>
LP	↘		
AMP	↘		
HP	↘	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrambe l'alta e la bassa pressione sono molto basse.</li> <li>• La corrente d'avviamento diminuisce notevolmente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mancanza eccezionale di refrigerante ⇒ Funzionamento in surriscaldamento※3</li> </ul>
LP	↘		
AMP	↘		

※2. **Funzionamento in condizioni umide**



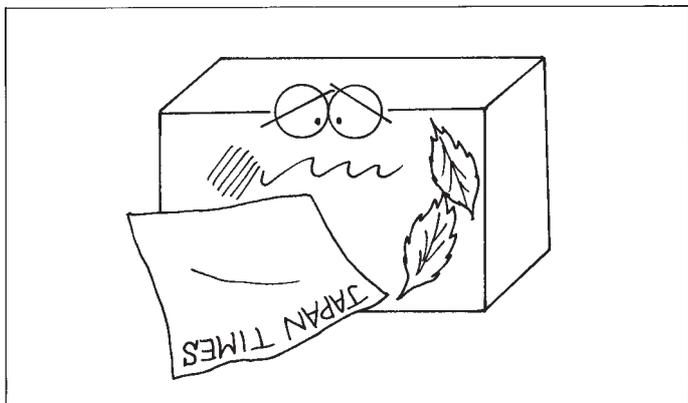
※3 **Funzionamento in surriscaldamento**



### 9.3 Spiegazione dei guasti principali con il ciclo frigorifero

#### (1) Pressione di mandata alta

##### 1) Condensatori sporchi o parzialmente bloccati ②①\*



Come il motore di un'automobile che può surriscaldarsi se il radiatore è intasato da foglie o insetti, la sezione di condensazione raffreddata ad aria è ostruita da foglie, foglie, polvere, grasso che si deposita sulle alette del condensatore, impedendo in questo modo la corretta trasmissione del calore.

Tuttavia, tali guasti possono essere identificati visualmente da un tecnico dell'assistenza.

##### 2) Aria o altri gas non condensabili nel circuito del refrigerante ②②\*

Se aria o altri gas non condensabili sono presenti nel condensatore, la pressione di mandata può diventare più alta della pressione che corrisponde alla temperatura alla quale il vapore di refrigerante è condensato. In casi estremi, la pressione di mandata aumenta al punto in cui sia l'interruttore di alta pressione che il relè di sovracorrente vengono attivati per arrestare il condizionatore d'aria o il compressore.

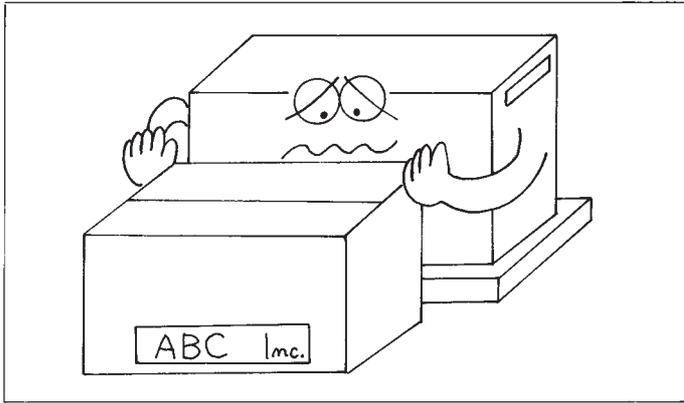
Un modo di determinare se si hanno gas non condensabili come l'aria nel ciclo frigorifero è quello di raffreddare il ciclo frigorifero alla temperatura dell'aria circostante facendo girare al minimo il compressore. Questo processo può essere accelerato bypassando la valvola di espansione e facendo funzionare il condensatore da solo. Dopo aver raffreddato l'intero ciclo frigorifero alla temperatura dell'aria circostante, se l'indicazione del manometro della pressione di mandata è di circa 0,7kgf/cm<sup>2</sup>G (10psi) superiore alla pressione corrispondente alla temperatura dell'aria circostante, si hanno gas non condensabili nel ciclo frigorifero. Per cui si devono spurgare dal ciclo frigorifero.

##### 3) Sovraccarica di refrigerante ②③\*

Una sovraccarica di refrigerante nel ciclo frigorifero può aumentare anormalmente la pressione di mandata. Il refrigerante liquido torna indietro dal ricevitore nel condensatore e la superficie disponibile alla condensazione diminuisce. Di conseguenza, la pressione di mandata aumenta anormalmente. In casi estremi, può aumentare al punto in cui il relè di sovracorrente o l'interruttore di alta pressione sono attivati per fermare il condizionatore d'aria o il compressore.

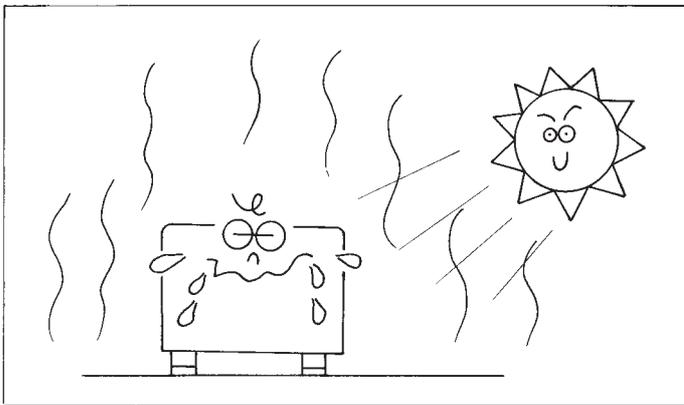
In tali casi, estrarre tutto il refrigerante dalla sezione e caricare la quantità corretta di refrigerante.

#### 4) Mezzo di condensazione insufficiente (aria o acqua) 25\*\*



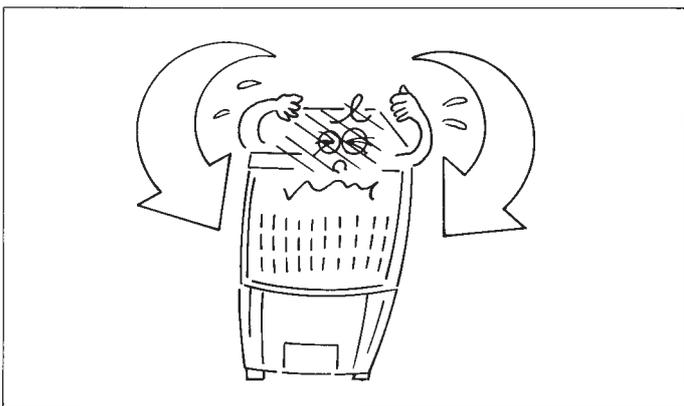
Come spiegato in “Condensatori sporchi e parzialmente bloccati”, un condensatore parzialmente bloccato può avere come conseguenza una trasmissione del calore inadatta tra il refrigerante e il mezzo di raffreddamento (aria o acqua). Sebbene il condensatore non sia ostruito, vi sono altre ragioni per diminuire il mezzo di raffreddamento (aria). Per esempio, se il condensatore è situato vicino ad una parete, una divisione o un altro ostacolo, l’aria non può essere trascinata sufficientemente dal condensatore. Un rifornimento d’aria insufficiente al condensatore, è anche provocato dall’allentamento o lo slittamento della cinghia del ventilatore, un ingranaggio del ventilatore allentato sull’accoppiamento diretto o un inceppamento dell’albero del motore o del ventilatore a causa dei cuscinetti dell’albero in cattivo stato o per mancanza di lubrificazione.

#### 5) Mezzo di condensazione ad alta temperatura 24\*\*



Se la temperatura dell’aria circostante la sezione di condensazione aumenta, la pressione di mandata della sezione di condensazione aumenta di conseguenza. Si consiglia di proteggere la sezione di condensazione (esterna) dalla luce del sole diretta con una protezione. Non installare la sezione di condensazione (esterna) all’interno perché la temperatura dell’aria circostante la sezione diventa molto alta in seguito all’elevata temperatura dell’aria di mandata dal condensatore.

#### 6) Esecuzione di cicli brevi dell’aria di condensazione 23\*\*

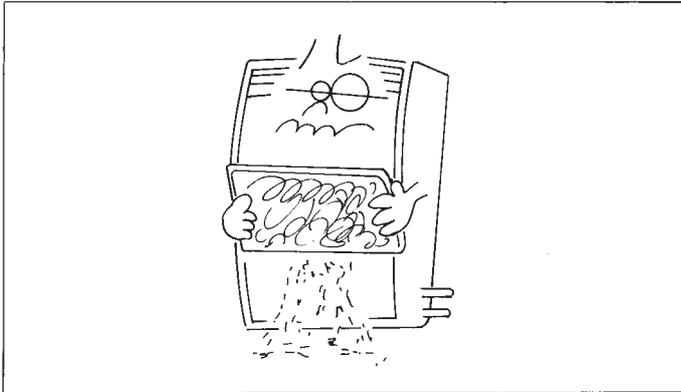


Se la sezione di condensazione (esterna) è situata vicino alla parete o ad un altro ostacolo, l’aria scaricata dal condensatore è trascinata nuovamente dal condensatore. Ciò aumenta l’alta pressione del refrigerante, attivando l’interruttore di alta pressione per arrestare il compressore.

## (2) Pressione di aspirazione bassa

### 1) Portata d'aria insufficiente attraverso la serpentina dell'evaporatore (Filtro dell'aria sporco, serpentina dell'evaporatore ostruita, ecc.)

⑰\*\* ⑱\*\* ⑲\*\*



Una portata d'aria insufficiente attraverso la serpentina dell'evaporatore è la causa più comune di pressione di aspirazione anormalmente bassa. Se la portata dell'aria attraverso la serpentina dell'evaporatore diminuisce, la trasmissione del calore normale tra il refrigerante e l'aria diminuisce di conseguenza; p.e. quando il refrigerante riceve meno calore dall'aria per evaporazione, la temperatura del refrigerante diminuisce conformemente alla diminuzione della pressione di aspirazione.

Una portata d'aria insufficiente attraverso l'evaporatore può essere provocata da un filtro dell'aria sporco, una canalizzazione di ritorno eccessivamente piccola, una velocità inadatta del ventilatore, una serpentina di raffreddamento intasata o una combinazione di questi problemi. Per cui i tecnici dell'assistenza devono verificare se i filtri dell'aria vengono forniti nel sistema di distribuzione dell'aria o se sono sporchi. In questo caso, pulirli e sostituirli.

Inoltre, se il motore del ventilatore e/o i cuscinetti dell'albero del ventilatore non vengono lubrificati regolarmente e non sono liberi di funzionare, la portata dell'aria attraverso la serpentina di raffreddamento può diminuire oltre il livello normale, e anche una cinghia del ventilatore regolata in modo sbagliato può diminuire la velocità del ventilatore, che a sua volta diminuisce la portata dell'aria attraverso la serpentina.

### 2) Flusso di refrigerante limitato ⑯\*\*

Per vaporizzare sufficientemente il refrigerante attraverso la serpentina di raffreddamento adatta alla capacità del compressore e per prendere una quantità corretta di calore dall'aria (carico di raffreddamento), è necessaria all'evaporatore una quantità di liquido appropriata. Qualsiasi resistenza contro il flusso di refrigerante significa una diminuzione della capacità della serpentina di raffreddamento per prendere calore dall'aria (carico di raffreddamento). Poiché non vi è nessuna resistenza per il flusso di refrigerante liquido dall'uscita della sezione di condensazione all'entrata della serpentina di raffreddamento, dove sono installati il serbatoio del liquido, l'essiccatore, il filtro, la valvola e il controllo del refrigerante come la valvola di espansione e il tubo capillare, tali restrizioni devono essere in parte eliminate dai tubi, come le valvole nella linea del liquido parzialmente aperte, l'essiccatore pieno di umidità o ostruzioni nella valvola di espansione o nel tubo capillare. In ogni caso, una resistenza al flusso di refrigerante liquido può provocare una diminuzione della pressione di evaporazione del refrigerante liquido. Una tale resistenza al passaggio del refrigerante può essere individuata a seconda della sua posizione poiché vi è una caduta di temperatura evidente attraverso il punto di resistenza.

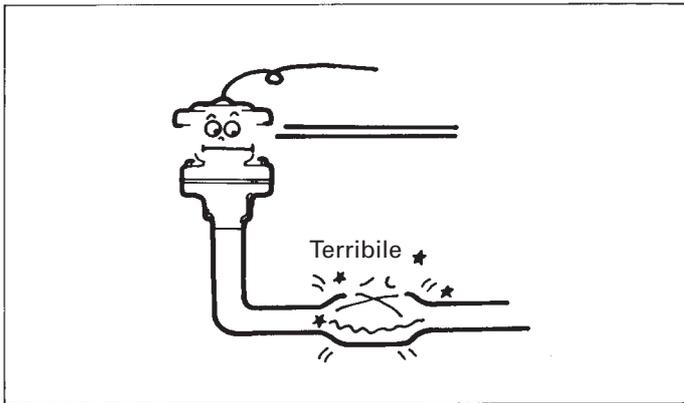
La valvola di espansione può talvolta essere bloccata in una posizione quasi chiusa con umidità congelata, sporcizia o sostanze estranee, e lascia passare solo una piccola quantità di refrigerante. In tali casi, l'interruttore di bassa pressione funziona se è stato fornito.

Se l'interruttore di bassa pressione non è stato fornito, si ha condensazione o gelo all'uscita della valvola di espansione e la serpentina di raffreddamento e il tubo di aspirazione si riscaldano.

Si no tiene conmutador de presión baja, la salida de la válvula de expansión se condensa o se congela y el serpentín de enfriamiento y el tubo de aspiración se calientan.

### ① Ostruzioni nella valvola di espansione ⑳\*\*

② Essiccatore intasato o filtro pieno di polvere



L'essiccatore o il filtro nella linea del liquido possono talvolta essere intasati con polvere o sporco. Se ciò si verifica, la temperatura del refrigerante in uscita dall'essiccatore o dal filtro è più fredda della temperatura del refrigerante in entrata.

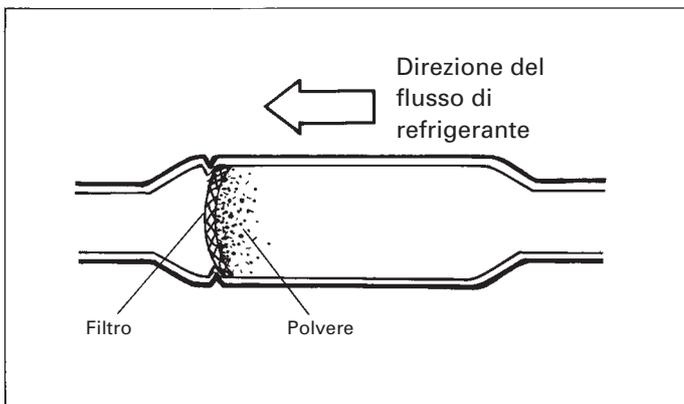
Se è fortemente intasato, si può avere condensazione o gelo all'uscita.

Gli altri sintomi restano gli stessi come indicato in ①.

③ Valvola parzialmente intasate nella linea del liquido

Se le valvole nella linea del liquido non sono completamente aperte, la temperatura del liquido nella linea del liquido dopo le valvole è più fredda di quella nel condensatore. Gli altri sintomi restano gli stessi, come descritto in ①, all'eccezione che la condensazione o il gelo compaiono solo se le valvole sono quasi chiuse.

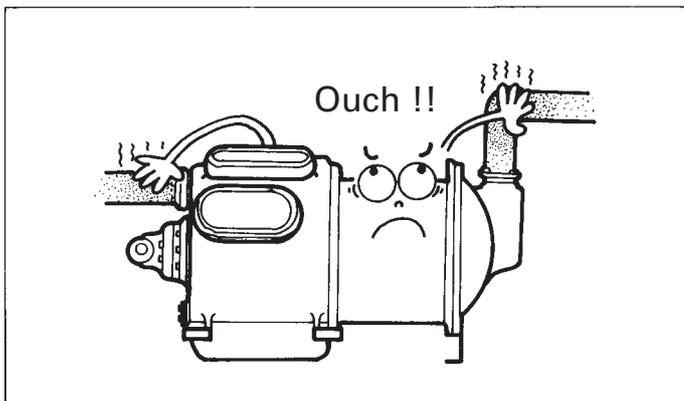
④ Ostruzioni nella linea del liquido



Se si ha un'ostruzione nella linea del liquido, essa è più fredda dopo l'ostruzione che prima. In casi estremi, si ha condensazione o gelo nella tubazione dopo l'ostruzione e la serpentina di raffreddamento e la linea di aspirazione si riscaldano.

3) Mancanza di refrigerante

e



Una mancanza di refrigerante nel ciclo frigorifero viene normalmente individuata quando la linea di aspirazione è calda e la pressione di aspirazione bassa. Nel caso manchi molto refrigerante, il vapore di refrigerante non può essere sufficientemente condensato attraverso il condensatore e non può prendere una quantità sufficiente di calore dall'aria (carico di raffreddamento) attraverso l'evaporatore, come indicato in precedenza. Se il vapore di refrigerante entra nella linea del liquido, il controllore del refrigerante invia un sibilo. Nel caso sia installato nella linea del liquido un indicatore di liquido o una spia di livello, si può facilmente determinare la mancanza di refrigerante mediante le bolle nell'indicatore di livello.

#### 4) Valvola di espansione difettosa

La valvola di espansione presenta problemi meccanici; p.e. talvolta si blocca nella posizione quasi chiusa o completamente chiusa con sporcizia o umidità congelata, diminuendo la portata di refrigerante all'evaporatore. Se la valvola di espansione è completamente bloccata, la pressione del refrigerante bassa scende al livello al quale l'interruttore di bassa pressione è attivato per arrestare il compressore.

Se non si dispone di un interruttore di bassa pressione, il compressore funziona ininterrottamente. Come conseguenza, il motore del compressore non è più a lungo raffreddato dal vapore di refrigerante, che aumenta in modo anormale la temperatura della bobina. Perciò, la protezione termica funzione per fermare il compressore.

① Valvola di espansione o tubo capillare completamente chiusi ②⑨\*\*

La valvola di espansione o il tubo capillare possono talvolta essere completamente bloccati da sporcizia o umidità congelata, che impedisce il passaggio completo del refrigerante all'evaporatore.

② Fuoriuscita nell'elemento meccanico della valvola di espansione ③⑩\*\*

L'elemento meccanico della valvola di espansione è costituito dal bulbo sonda, il tubo di collegamento e il soffietto o diaframma che apre e chiude la valvola. Se si ha fuoriuscita dall'elemento meccanico, la valvola può essere completamente chiusa o quasi chiusa. Per controllare eventuali fuoriuscite dell'elemento meccanico, togliere il bulbo sonda e riscaldarlo manualmente. A questo punto, quando la valvola è aperta, l'elemento meccanico non è difettoso.

③ Valvola di espansione regolata in modo sbagliato

Se la valvola di espansione è regolata per permettere solo il passaggio di una piccola quantità di refrigerante, si possono osservare gli stessi sintomi di prima.

#### (3) Pressione di aspirazione alta

1) Condizioni di carico pesanti ③⑫\*\*

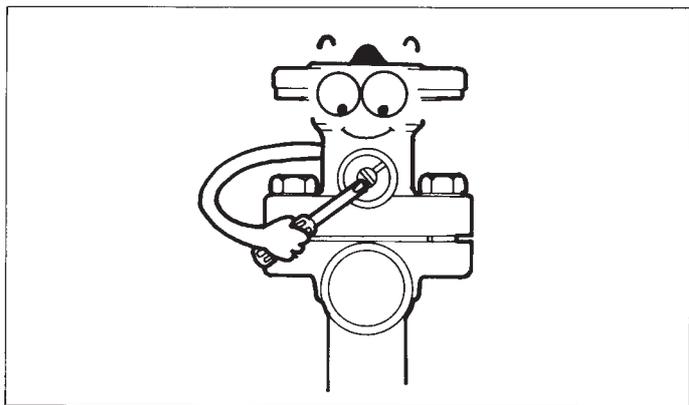
Le condizioni di carico possono aumentare a seconda delle condizioni ambiente. In questo caso, la pressione di mandata e di aspirazione aumentano, ma non si hanno problemi al condensatore.

## 2) Regolazione del surriscaldamento bassa

Il funzionamento con dei parametri di surriscaldamento estremamente bassi può provocare una pressione di aspirazione anormalmente bassa. Se il refrigerante liquido trabocca ed entra nel compressore, quest'ultimo può danneggiarsi.

In questo caso, correggere i parametri di surriscaldamento della valvola di espansione. Inoltre, se la valvola di espansione viene regolata in modo sbagliato o la posizione del bulbo sonda non è corretta, si possono verificare gli stessi problemi di prima.

## 3) Regolazione sbagliata della valvola di espansione



Se la valvola di espansione viene regolata per aprirsi completamente, permetterà il passaggio nell'evaporatore di notevoli quantità di refrigerante, che possono provocare eccessiva formazione di rugiada e di gelo attorno alla tubazione di aspirazione. Nel caso che la valvola di espansione sia leggermente regolata male, non si noteranno sintomi gravi. Se la valvola viene regolata per permettere il passaggio nell'evaporatore di una quantità di refrigerante leggermente superiore al normale, si osserverà un po' di condensazione nella linea di aspirazione.

## 4) Installazione non corretta del bulbo sonda (31)\*

Se il bulbo sonda non ha un buon contatto con il tubo di aspirazione, la valvola di espansione può talvolta aprirsi notevolmente. Questo contatto insufficiente può essere causato da mancanza di isolamento attorno al bulbo, specialmente quando la temperatura dell'ambiente circostante è estremamente elevata. Fissare saldamente il bulbo sonda al tubo di aspirazione.

## 5) Compressore difettoso (Valvole di aspirazione rotte nel compressore) (27)

Se si ha un'alta pressione di aspirazione nel sistema, sebbene il surriscaldamento nella serpentina di raffreddamento sia normale e tutti gli altri eventuali problemi siano stati risolti, il compressore può essere difettoso in seguito a danni alle valvole.

## 9.4 Guasti e contromisure per condizionatori d'aria - raffreddamento

19 **Indirizzo: [www.abb.com](http://www.abb.com) - Casapina, viale Cavour, 10 - 10128 Torino**

Tipo di guasto	Zona di guasto	Causa di guasti	Diagnosi	Contromisure
A. Il ventilatore e il compressore non funzionano.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nessun problema con il condizionatore d'aria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interruzione di energia elettrica</li> <li>Cablaggio dell'alimentazione energia sbagliato</li> <li>Fusibile dell'alimentazione saltato (nel trasformatore o nell'interruttore d'alimentazione).</li> <li>Interruzione di fase nell'alimentazione.</li> <li>L'interruttore di alta pressione ha funzionato e non è ancora ritornato nello stato iniziale. (Nel caso del interruttore di alta pressione di tipo a ripristino manuale.</li> <li>Il condizionatore d'aria si sta svuotando e l'interruttore di bassa pressione ha funzionato.</li> <li>L'interruttore della pressione dell'olio ha funzionato e non è ancora ritornato nello stato iniziale.</li> <li>La protezione ad inversione di fase ha funzionato.</li> <li>Il fusibile nella sezione è saltato o il contatto è sbagliato</li> <li>Varistore sulla scheda di circuito stampato</li> <li>Cablaggio sbagliato nel circuito di controllo</li> <li>Il contatto è interrotto a causa del guasto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Misurare e ispezionare la corrente elettrica con un tester. (se si usa un altro dispositivo elettrico con la stessa alimentazione, controllarne il funzionamento.</li> <li>Premere il pulsante di ripristino dell'interruttore di alta pressione.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riparare i dispositivi sul quadro elettrico.</li> <li>Sostituire il fusibile.</li> <li>Per i guasti ai collegamenti elettrici prima del quadro elettrico, far riparare da una ditta di elettricità.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Protezione ad inversione di fase (solo per alimentazione trifasica)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciruito elettrico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il condizionatore d'aria si sta svuotando e l'interruttore di bassa pressione ha funzionato.</li> <li>L'interruttore della pressione dell'olio ha funzionato e non è ancora ritornato nello stato iniziale.</li> <li>La protezione ad inversione di fase ha funzionato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Premere il pulsante di ripristino dell'interruttore della pressione dell'olio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aprire le valvole d'arresto del refrigerante.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dispositivi di sicurezza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interruttore di alta press.</li> <li>Interruttore di bassa press.</li> <li>Relè di sovracorrente</li> <li>Protezione termica del compressore</li> <li>Termostato di protezione antigelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il fusibile nella sezione è saltato o il contatto è sbagliato</li> <li>Varistore sulla scheda di circuito stampato</li> <li>Cablaggio sbagliato nel circuito di controllo</li> <li>Il contatto è interrotto a causa del guasto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ispezionare il circuito visualmente o con un tester.</li> <li>Ispezionare il circuito di controllo visualmente o con un tester.</li> <li>Cortocircuitare ciascun contatto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambiare due dei tre collegamenti dei cavi sulla morsetteria o sul lato secondario dell'interruttore automatico.</li> <li>Sostituire il fusibile o il varistore.</li> <li>Riparare il contatto del fusibile.</li> <li>Correggere il cablaggio.</li> <li>Riparare o sostituire i dispositivi difettosi.</li> </ul>

Tipo di guasto	Zona di guasto	Causa di guasti	Diagnosi	Contromisure
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interruttore magnetico o relè magnetico</li> <li>• Commutatore a rotazione o interruttore a pulsante</li> <li>• Refrigerante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guasto alla bobina a solenoide</li> <li>• Il contatto è danneggiato.</li> <li>• Il contatto è danneggiato.</li> <li>• L'interruttore di bassa pressione ha funzionato in seguito a mancanza di refrigerante o refrigerante caricato o fuoriuscita di gas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ispezionare la bobina a solenoide visualmente o con un tester.</li> <li>• Ispezionare l'interruttore con un tester.</li> <li>• Ispezionare se si hanno fuoriuscite nel ciclo frigorifero con un rivelatore di perdite.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riparare o sostituire.</li> <li>• Riparare o sostituire.</li> <li>• Riparare le zone di fuoriuscita.</li> <li>• Estrarre il refrigerante restante e caricare la quantità stabilita di refrigerante.</li> </ul>
<p>B. Il ventilatore funziona ma il compressore non funziona.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non vi sono guasti al condizionatore d'aria.</li> <li>• Interruttore magnetico del compressore</li> <li>• Compressore</li> <li>• Termostato</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La temperatura dell'aria esterna è molto bassa per cui il termostato è attivato.</li> <li>• Il contatto è danneggiato.</li> <li>• Guasto alla bobina del solenoide</li> <li>• Cortocircuito o compressore a massa</li> <li>• Il compressore è bloccato.</li> <li>• Il contatto non è interrotto in seguito a guasto con l'interruttore del termostato.</li> <li>• Il contatto è danneggiato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambiare i parametri del termostato.</li> <li>• Riscaldare con le dita il termistore o il bulbo sonda del termostato.</li> <li>• Ispezionare l'interruttore magnetico visualmente o con un tester.</li> <li>• Controllare la resistenza dell'isolamento con un tester meger.</li> <li>• Il compressore ronzia.</li> <li>• Il compressore non si avvia quando il termistore o il bulbo sonda vengono riscaldati, ma il compressore si avvia quando il termostato viene cortocircuitato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il compressore si avvia quando il termistore o il bulbo sonda vengono riscaldati.</li> <li>• Riparare o sostituire.</li> <li>• Riparare o sostituire.</li> <li>• Riparare o sostituire.</li> <li>• Riparare o sostituire.</li> <li>• Sostituire.</li> <li>• Riparare o sostituire.</li> </ul>
<p>C. Se sono installati due compressori, il 2° non è in funzione.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vedere 9.4.1 A</li> <li>• Timer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disinserimento, contatto non funzionante o funzionamento monofase del circuito principale del compressore.</li> <li>• Vedere 9.4.1 A</li> <li>• Guasto ad un timer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ispezionare con un tester.</li> <li>• Ispezionare con un tester.</li> <li>• Contatto di cortocircuito per un timer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riparare il cablaggio.</li> <li>• Vedere 9.4.1 A</li> <li>• Ripararlo o sostituirlo.</li> </ul>

**9.4.2 Il condizionatore d'aria si avvia ma si ferma poco dopo (Il ventilatore e il compressore funzionano entrambi ma si fermano poco dopo.)**

Tipo di guasto	Zona di guasto	Causa di guasti	Diagnosi	Contromisure
A. L'interruttore di alta pressione funziona.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nessun problema con il condizionatore d'aria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il mezzo di condensazione (aria o acqua) non circola.</li> <li>Il mezzo di condensazione è insufficiente.</li> <li>La temperatura del mezzo di condensazione è molto alta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controllare se si ha interruzione della portata d'aria dentro e fuori dal condensatore.</li> <li>Controllare le valvole idrauliche del condensatore, le pompe e la colonna di raffreddamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rimuovere eventuali ostacoli.</li> <li>Se la valvola idraulica del condensatore è chiusa, aprirla.</li> <li>Se la pompa o la colonna di raffreddamento non funzionano, attivarle.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Condensatore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le alette del condensatore sono sporche.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ispezionare il condensatore visualmente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pulire le alette del condensatore.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>I tubi dell'acqua del condensatore sono incrostati.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La differenza di temperatura tra la temp. dell'acqua uscente dal condensatore e la temp. di condensazione è elevata.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pulire i tubi di raffreddamento.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Refrigerante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sovraccarica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le pressioni di mandata e di aspirazione sono alte.</li> <li>Il consumo di corrente aumenta e il compressore è rumoroso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estrarre il refrigerante, quindi caricare il volume standard di refrigerante.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gas non condensabile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>C'è dell'aria nel ciclo frigorifero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La pressione di mandata è alta.</li> <li>Svuotare il refrigerante.</li> <li>Controllare il rapporto della temperatura esterna o della temperatura dell'acqua con la pressione.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estrarre il refrigerante ed eseguire l'essiccazione sotto vuoto.</li> <li>Caricare il volume standard di refrigerante.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interruttore di alta pressione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regolazione sbagliata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ispezionarlo con il manometro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sostituirlo o regolarlo di nuovo al valore prefissato. Non cambiare il valore di pressione prefissato altrimenti si possono avere problemi gravi.</li> </ul>
B. La bassa pressione funziona.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nessun problema con il condizionatore d'aria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il mezzo di evaporazione non circola.</li> <li>Il mezzo di evaporazione non è sufficiente.</li> <li>L'apertura delle valvole d'arresto nel ciclo frigorifero non è sufficiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controllare se la portata d'aria dentro e fuori dall'evaporatore è interrotta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rimuovere eventuali ostacoli.</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Ispezionarle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aprirle completamente.</li> </ul>

Tipo di guasto	Zona di guasto	Causa di guasti	Diagnosi	Contromisure	
B. La bassa pressione funziona (segue).	Essiccatore o filtro nella linea del liquido	Intasamento	Controllare se vi è una differenza di temperatura tra l'entrata e l'uscita dell'essiccatore o del filtro. Durante l'intasamento, la diff. di temperatura è eccessiva.	Svuotare il refrigerante e pulire l'essiccatore o sostituirlo.	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubo capillare</li> <li>• Valvola di espansione</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sostituire.</li> <li>• Svuotare il refrigerante e pulire.</li> </ul>	
	Refrigerante	Fuoriuscita di gas dal bulbo sonda		Sostituire la valvola di espansione.	
		Mancanza di refrigerante		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrarre il refrigerante rest-ante dopo il controllo delle perdite.</li> <li>• Sostituire gli eventuali pezzi che perdono.</li> <li>• Caricare il volume standard di refrigerante.</li> </ul>	
		Interruttore di bassa pressione	Regolazione sbagliata		Regolare alla pressione prefissata.
	C. Il relè di sovracorrente funziona.	Relè di sovracorrente	Regolazione sbagliata	Misurare la corrente.	Regolarlo al valore di corrente prefissato.
		Compressore	Differenza di pressione eccessiva tra la pressione di mandata e di aspirazione	Misurare la corrente	Verificare le cause di guasto e prendere le misure necessarie.
			La corrente è eccessiva (guasto alle parti interne del compressore e ai cuscinetti).		
		Motore del ventilatore	La corrente è eccessiva (guasto alle parti interne del motore del ventilatore e ai cuscinetti).	Misurare la corrente.	Verificare le cause di guasto e prendere le misure necessarie.
	D. L'interruttore della pressione e dell'olio funziona.	Interruttore della pressione dell'olio	Regolazione sbagliata	Ispezionare l'interruttore della pressione dell'olio.	Regolarlo alla pressione prefissata.
Pompa dell'olio		Filtro dell'olio sporco Pompa dell'olio difettosa	Smontare la pompa dell'olio o il filtro dell'olio per l'ispezione.	Ripararlo o sostituirlo.	
Livello dell'olio		L'olio non ritorna nel compressore.	Il livello dell'olio scende.	Controllare la lunghezza e l'altezza della tubazione locale.	

**9.4.3 Il condizionatore d'aria funziona continuamente o esegue cicli brevi con raffreddamento insufficiente (Il ventilatore e il compressore funzionano.)**

Tipo di guasto	Zona di guasto	Causa di guasti	Diagnosi	Contromisure
A. I mezzi di condensazione ed evaporazione sono sufficienti.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nessuno problema con il condizionatore d'aria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La capacità di raffreddamento aumenta notevolmente.</li> <li>La direzione di distribuzione dell'aria è sbagliata o la posizione del condotto è sbagliata.</li> <li>La distribuzione dell'aria è interrotta da ostacoli e non può essere distribuita uniformemente nel locale.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controllare se si ha un aumento del numero di occupanti o se si aprono troppo porte e finestre.</li> <li>Controllarla.</li> <li>Controllarla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prendere le misure necessario.</li> <li>Correggerlo se necessario.</li> <li>Correggerlo se necessario.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compressore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Guasto al compressore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controllare con manometri e misuratore di serraggio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ripararlo o sostituirlo.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Essiccatore o filtro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intasamento (a un livello tale che l'interruttore di bassa pressione non funziona).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controllare la differenza di temperatura tra l'entrata e l'uscita dell'essiccatore o del filtro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pulirlo o sostituirlo.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valvola di espansione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regolazione sbagliata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controllarla con il manometro e il termometro di superficie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regolarla di nuovo. (Non modificare i parametri più del necessario.)</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuoriuscita di gas dal bulbo sonda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il tubo d'ingresso dell'evaporatore è gelato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sostituirla.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Il contatto tra il bulbo sonda e il tubo di aspirazione è insufficiente.</li> <li>Il bulbo sonda non è isolato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controllare con il manometro e il termometro di superficie.</li> <li>Rumore proveniente dal compressore a causa del martellamento di liquido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rettificarla.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Refrigerante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mancanza (ad un livello tale che l'interruttore di bassa pressione non funziona).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il tubo di entrata dell'evaporatore è gelato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estrarre il refrigerante rest-ante dopo il controllo delle perdite.</li> <li>Riparare gli eventuali pezzi che perdono.</li> <li>Caricare il volume standard di refrigerante.</li> </ul>

Tipo di guasto	Zona di guasto	Causa di guasti	Diagnosi	Contromisure
A. I mezzi di condensazione ed evaporazione sono insufficienti.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nessun problema con il condizionatore d'aria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Non è sufficiente aprire la griglia di mandata dell'aria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificarlo visualmente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rettificarlo.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Passaggio dell'aria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Condotto dell'aria difettoso od oggetti estranei</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controllarlo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rettificare o togliere gli oggetti estranei.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilatore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il ventilatore dell'evaporatore e/o del condensatore ruota in senso inverso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controllarlo visualmente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambiare due dei tre collegamenti elettrici.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>La cinghia del ventilatore slitta poiché è lenta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controllarlo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regolare la tensione.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filtro dell'aria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intasamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controllarlo visualmente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pulirlo.</li> </ul>

#### 9.4.4 Rumori anormali e vibrazioni

Tipo di guasto	Zona di guasto	Causa di guasti	Diagnosi	Contromisure	
A. L'efficienza di raffreddamento è buona ma si hanno rumori e vibrazioni.	Ventilatore	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuscinetto danneggiato</li> <li>Rotore del ventilatore danneggiato</li> <li>Allentamento del rotore del ventilatore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controllarlo visualmente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riparare o sostituire i pezzi difettosi.</li> <li>Oggetti estranei nell'alloggiamento del ventilatore.</li> <li>Serrarlo.</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Togliere gli oggetti estranei.</li> </ul>			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Si hanno vibrazioni o la cinghia del ventilatore entra in contatto con altri oggetti a causa della tensione non corretta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controllarla manualmente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regolare la tensione.</li> </ul>	
	Puleggia del ventilatore Puleggia del motore del ventilatore	<ul style="list-style-type: none"> <li>La puleggia del ventilatore o del motore del ventilatore è installata in modo sbagliato e/o inclinata.</li> <li>La puleggia del ventilatore non è in parallelo con la puleggia del motore del ventilatore.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controllarle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rettificarle.</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Si ha martellamento di liquido a causa del ritorno del liquido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stare a sentirlo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caricare il volume standard di refrigerante.</li> </ul>	
	Compressore	<ul style="list-style-type: none"> <li>Olio eccessivamente caricato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stare a sentirlo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estrarre l'eccesso di olio.</li> <li>Pulirlo o sostituirlo.</li> </ul>	
	Interruttore magnetico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si hanno vibrazioni dovute a contatto insufficiente di ciascun pezzo, viti allentate, ruggine, polvere od oggetti estranei nelle parti in contatto con il nucleo d'acciaio.</li> </ul>			
	Tubazione	<ul style="list-style-type: none"> <li>La tubazione entra in contatto con l'alloggiamento o altri dispositivi.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ripararlo.</li> </ul>	
	Viti	<ul style="list-style-type: none"> <li>Viti come quelle sulla piastra esterna sono allentate o sono cadute.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Serrarle.</li> </ul>	
	Nessun problema con il condizionatore d'aria	<ul style="list-style-type: none"> <li>Installazione insufficiente</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Riparare.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Le piastre di spedizione restano attaccate.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Toglierele.</li> </ul>

#### 9.4.5 Altri

Tipo di guasto	Zona di guasto	Causa di guasto	Diagnosi	Contromisure
A. Perdita d'acqua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubazione di drenaggio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubazione di drenaggio interna in cattivo stato</li> <li>• Intasamento della tubazione di drenaggio interna</li> <li>• Tubazione interna danneggiata</li> <li>• Tubazione di drenaggio non inclinata a sufficienza</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ripararlo o pulirlo.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubazione idraulica del condensatore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• I collegamenti delle tubazioni sono allentati o danneggiati.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controllarle visualmente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serrarle di più.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condensatore raffreddato ad acqua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le camicie d'acqua di entrata e uscita sono allentate.</li> <li>• Guarnizioni danneggiate</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serrarle di più.</li> <li>• Sostituire le guarnizioni danneggiate.</li> </ul>

## Capitolo 10 Diagramma psicrometrico

10.1 Aria e umidità (Vapore) .....	194
10.1.1 Aria secca .....	194
10.1.2 Umidità (Vapore acqueo) .....	194
10.1.3 Aria umida .....	194
10.2 Diagramma psicrometrico .....	196
10.2.1 Tipi di diagrammi psicrometrici .....	196
10.2.2 Come interpretare un diagramma psicrometrico .....	196
10.2.3 Cambiamenti di stato dell'aria umida .....	196
10.3 Calcolo del carico termico mediante il diagramma psicrometrico .....	198
10.3.1 Bilancio di calore .....	198
10.3.2 Equazioni pratiche per il calcolo del carico termico .....	198
10.4 Diagramma psicrometrico e pianificazione del condizionamento dell'aria .....	199
10.4.1 Fattore del calore sensibile SHF .....	199
10.4.2 Linea di riferimento SHF .....	199
10.4.3 Portata dell'aria .....	200
10.4.4 Capacità richiesta dell'evaporatore .....	200
10.4.5 Fattore di bypass dell'evaporatore .....	200
10.5 Vari modelli di cambiamento di stato .....	201
Raffreddamento .....	201
Riscaldamento .....	201

## Capitolo 10 Diagramma psicrometrico

### 10.1 Aria e umidità (Vapore)

#### 10.1.1 Aria secca <sup>\*1</sup>

La composizione dell'aria secca nello stato standard (temperatura 0°C, pressione 760mmHg, accelerazione di gravità  $g = 980,665 \text{ cm/s}^2$ ) è la seguente.

Tabella 10-1

Composizione	Azoto (N <sub>2</sub> )	Ossigeno (O <sub>2</sub> )	Argon (Ar)	Biossido di carbonio (CO <sub>2</sub> )
Volumetrica (%)	78,09	20,95	0,93	0,03
Gravimetrica (%)	75,53	23,14	1,28	0,05

(1) Calore specifico a pressione costante <sup>\*2</sup>

$$C_{p_a} = 0,240 \text{ kcal/kg} \cdot \text{grado}$$

(2) Entalpia <sup>\*3</sup>

$$i_a = C_{p_a} t = 0,240 t \text{ kcal/kg} \dots (1.1)$$

(Ciò significa l'entalpia dell'aria secca a temperatura e pressione arbitrarie basata sul fatto che l'entalpia dell'aria secca è 0 kcal/kg alla temperatura di 0°C e alla pressione di 1 kg/cm<sup>2</sup>abs.)

#### 10.1.2 Umidità (Vapore acqueo) <sup>\*4</sup>

(1) Calore specifico a pressione costante

$$C_{p_w} = 0,441 \text{ kcal/kg} \cdot \text{°C}$$

(2) Entalpia

$$i_w = r + C_{p_w} t = 597,3 + 0,441 t \dots (1.2)$$

$r = 597,3 \text{ kcal/kg}$ : calore latente di evaporazione dell'umidità a 0°C.

(L'entalpia dell'umidità  $i_w$  a temperatura e pressione arbitrarie è indicata in funzione della sola temperatura t°C, nelle condizioni in cui l'entalpia del vapore acqueo saturo a 0°C è 0 kcal/kg e la pressione e la temperatura non sono molto alte.)

#### 10.1.3 Aria umida

È conveniente considerare l'aria umida come un gas ideale (gas perfetto) che è una miscela di 1 kg di aria secca di una certa composizione e vapore acqueo di X [kg] variabile a seconda dello stato.

Perciò, il gas in miscela di 1 kg di aria secca e X kg di vapore acqueo, o (1 + X) kg di aria è usato come unità di peso.

Peso

$$1 \text{ [kg]} + X \text{ [kg]} = 1 + X \text{ [kg]}$$

Volume

$$V + V = V$$

Pressione <sup>\*5</sup>

$$P_a \text{ [kg/cm}^2\text{]} + P_w \text{ [kg/cm}^2\text{]} = P \text{ [kg/cm}^2\text{]} = 1,03323 \text{ kg/cm}^2$$

oppure

$$h_a \text{ [mmHg]} + h_w \text{ [mmHg]} = H \text{ [mmHg]} = 760 \text{ mmHg}$$

(pressione parziale) (pressione parziale) (pressione totale)

(1) X = Umidità assoluta <sup>\*6</sup> [kg/kg]

X nella figura 10.1 rappresenta l'umidità assoluta, dato che il rapporto in peso del vapore acqueo (umidità) contenuto nell'aria umida per 1 kg di aria secca contenuta nell'aria umida, X/1 [kg/kg], rappresenta il rapporto di umidità.

(2)  $\phi$  = Umidità relativa <sup>\*7</sup> [%]

Questo è il rapporto del peso specifico dell'aria umida al peso specifico dell'aria saturo, sul rapporto della pressione parziale dell'umidità  $h_w$  [mmHg] in una data aria umida alla pressione parziale dell'acqua  $h_s$  [mmHg] in aria umida saturo alla stessa temperatura.

(a)  $y$  = Peso specifico [kg/m<sup>3</sup>]

Questo è il peso dell'umidità in kg per 1m<sup>3</sup> di aria umida.

(b) Aria umida saturo (Aria saturo)

- Quando la temperatura dell'aria umida è uguale alla temperatura  $t_s$  del vapore saturo corrispondente alla pressione parziale  $h_w$  dell'umidità, l'aria viene chiamata aria umida saturo o aria saturo in breve.
- Se la temperatura e la pressione sono fissate, il limite di umidità contenibile in quest'aria viene fissato di conseguenza. Quest'aria che contiene umidità fino al livello massimo viene chiamata aria saturo.

(3) V = Volume specifico <sup>\*8</sup> [m<sup>3</sup>/kg]

Questo è il volume di aria umida per 1 kg di aria secca contenuta nell'aria umida.

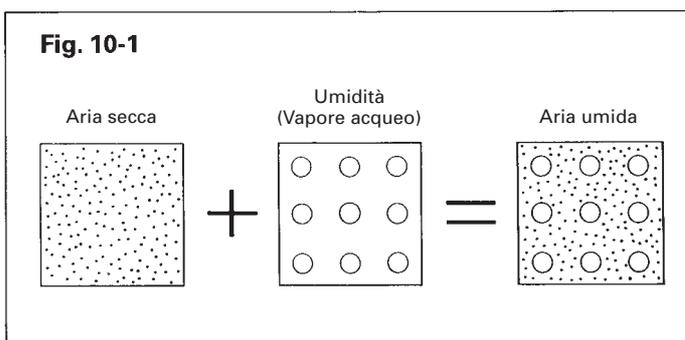
(4)  $i$  = Entalpia [kcal/kg]

Questa è l'entalpia dell'aria umida per 1 kg di aria secca contenuta nell'aria umida.

$$i = i_a \text{ (entalpia di 1 kg di aria secca)} + X i_w \text{ (entalpia di X kg di umidità)} = 0,240 t + (597,3 + 0,441 t) X \text{ [kcal/kg]} \dots (1.3)$$

(5) t = Temperatura di bulbo secco [°C]

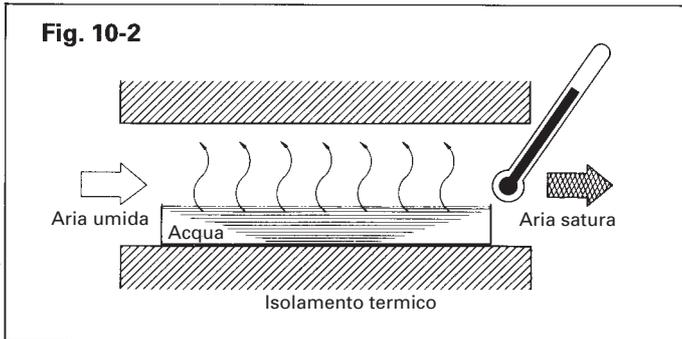
Questa è la temperatura indicata da un termometro ordinario.



(6)  $t'$  = Temperatura di bulbo umido [°C]

Questa è la temperatura dell'aria umida indicata sul termometro a bulbo umido. Il termometro a bulbo umido indica valori diversi a seconda della velocità dell'aria e il calore radiante che lo investe. Quando la velocità dell'aria supera 5 m/s, la temperatura di bulbo umido diventa quasi uguale alla temperatura adiabatica saturata. (La temperatura di bulbo umido sul diagramma psicrometrico indica questa temperatura adiabatica saturata.)

(a) Temperatura adiabatica saturata



Quando l'aria umida in un certo stato ( $t, i, X$ ) scorre lungo un percorso molto lungo e completamente isolato, contenente molta acqua alla temperatura  $t'$ , l'acqua evapora nell'aria e il calore viene trasferito dall'aria all'acqua, quindi l'aria, dopo un lungo percorso, diventa aria saturata e raggiunge l'equilibrio con l'acqua. Supponiamo che la temperatura dell'aria saturata  $t'$  sia uguale alla temperatura dell'acqua  $t'$  e la temperatura dell'acqua si mantiene costante dall'inizio alla fine del percorso. Il valore della temperatura  $t'$  viene deciso dallo stato dell'aria ( $t, i, X$ ) e si chiama temperatura adiabatica saturata dell'aria ( $t, i, X$ ).

(7)  $T''$  = Temperatura del punto di rugiada [°C]

- Questa è la temperatura dell'aria umida saturata che mantiene la pressione parziale dell'umidità uguale alla pressione parziale dell'umidità dell'aria umida.
- Quando la temperatura dell'aria umida non saturata continua a scendere, raggiunge infine uno stato di saturazione, nel quale inizia la condensazione dell'umidità e la formazione di rugiada. La temperatura alla quale inizia la condensazione viene chiamata temperatura del punto di rugiada.

**Note:**

\*1 Costanti dell'aria secca come gas ideale

- Peso molecolare  $M_a = 28,966$
- Costante dei gas  $R_a = 29,27 \text{ kg} \cdot \text{m/kg} \cdot \text{°K}$
- Formule caratteristiche
 
$$P_a V_a \times 10^4 = R_a T = 29,27T$$
  - (  $P_a$ : Pressione (pressione parziale) [kg/cm<sup>2</sup>]
  - (  $V_a$ : Volume specifico [m<sup>3</sup>/kg]
  - (  $T$ : Temperatura assoluta [°K]
  - (  $10^4$ : Per la conversione dell'unità di pressione (kg/cm<sup>2</sup>) in kg/m<sup>2</sup>

Legge di Boyle Charle: Il prodotto di una quantità fissa di volume di gas per la sua pressione è proporzionale alla sua temperatura assoluta.

$$\frac{PV}{T} = C \quad \therefore PV = CT$$

C: Questa costante di proporzionalità viene di solito espressa come R e chiamata costante universale dei gas.

\*2 Il calore necessario per aumentare la temperatura di 1 grado a pressione costante viene chiamato calore specifico a pressione costante.

\*3 Una sostanza conserva al suo interno dell'energia in un certo stato e ad una certa temperatura. Questa energia interna viene chiamata entalpia. L'entalpia è collegata solo allo stato attuale e non al cambiamento di stato avvenuto in passato.

\*4 Costanti dell'umidità come gas ideale

- Peso molecolare  $M_w = 18,016$
- Costante dei gas  $R_w = 47,06 \text{ kg} \cdot \text{m/kg} \cdot \text{°K}$
- Formule caratteristiche

$$P_w V_w \times 10^4 = R_w T = 47,06T$$

- (  $P_w$ : Pressione (pressione parziale) [kg/cm<sup>2</sup>]
- (  $V_w$ : Volume specifico [m<sup>3</sup>/kg]

\*5 Legge di Dalton: Ciascun costituente di una miscela di gas si comporta termodinamicamente come se occupasse lo spazio da solo. La somma delle singole pressioni dei costituenti è uguale alla pressione totale della miscela.

$$*6 X = 0,6220 \times \frac{P_w}{P - P_w} \text{ [kg/kg]}$$

$$\left( \begin{array}{l} \text{In 1 kg di aria secca in aria umida } R_a t = (P - P_w) V \times 10^4 \\ \text{In X kg di umidità in aria umida } X R_w T = P_w V \times 10^4 \\ X = \frac{R_a}{R_w} \cdot \frac{P_w}{P - P_w} = \frac{R_a}{R_w} \cdot \frac{h_w}{H - h_w} \\ = \frac{29,27}{47,06} \times \frac{P_w}{P - P_w} \end{array} \right)$$

$$*7 \phi = \frac{h_w}{h_s} \times 100 \text{ [%]}$$

$$*8 V = 0,4555 (X + 0,6220) \frac{T}{100} \text{ [m}^3\text{/kg]}$$

$$\left( \begin{array}{l} \text{Sostituire } P = 1,03323 \text{ kg/cm}^2 \text{ (} H = 760 \text{ mmHg)} \\ \text{con } V = (29,27 + 47,06X) \frac{T}{P} \times 10^{-4} \end{array} \right)$$

## 10.2 Diagramma psicrometrico

### 10.2.1 Tipi di diagrammi psicrometrici

La tabella psicrometrica (i suoi valori sono raggruppati in una tabella, calcolati da ciascuna formula per le proprietà termodinamiche) indica in modo preciso i valori dello stato dell'aria saturata. Ma per trovare i valori dell'aria non saturata sono necessari altri calcoli. Inoltre, le relazioni reciproche tra i vari stati non possono essere spiegate solo sulla base di questa tabella. Un diagramma psicrometrico (dell'aria umida) è una rappresentazione grafica di queste relazioni reciproche a certe pressioni costanti.

Questo diagramma è uno degli strumenti più utili per la tecnologia dei condizionatori d'aria e, grazie a questo diagramma, è facile comprendere lo stato dell'aria o le sue transizioni.

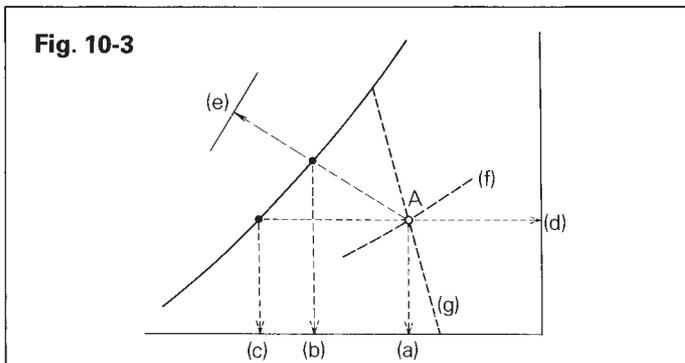
I tipi di diagrammi psicrometrici sono i seguenti.

- (1) Diagramma i-X: Il rapporto di umidità X e l'entalpia i vengono tracciati su coordinate con angoli obliqui. Questo diagramma è utile per analisi teoriche.
- (2) Diagramma t-X: Il rapporto di umidità X e la temperatura di bulbo secco t vengono tracciati su coordinate rettangolari. Questo diagramma è utile per applicazioni pratiche.
- (3) Diagramma t-i: La temperatura di bulbo secco t e l'entalpia i vengono tracciate su coordinate rettangolari. Questo diagramma è particolarmente utile per esprimere simultaneamente la transizione dell'aria e del vapore acqueo.

Il diagramma t-X viene applicato più avanti.

### 10.2.2 Come leggere un diagramma psicrometrico

Lo stato dell'aria umida viene espresso in un punto del diagramma. Questo punto indica la temperatura di bulbo secco, la temperatura di bulbo umido, la temperatura del punto di rugiada, il rapporto di umidità, il volume specifico e l'entalpia. Se la pressione totale H è costante, una volta che due elementi hanno determinato un singolo punto, allora viene determinato anche lo stato. Cioè, quando due condizioni sono note (gli elementi e i loro valori), le altre cinque condizioni (gli elementi e i loro valori) possono essere estratte facilmente dal diagramma psicrometrico.



Vi sono sette elementi che esprimono lo stato del punto A sul diagramma psicrometrico:

- |  |     |      |
|--|-----|------|
| (a) Temperatura di bulbo secco (D.B)       | t   | [°C] |
| (b) Temperatura di bulbo umido (W.B)       | t'  | [°C] |
| (c) Temperatura del punto di rugiada (D.P) | t'' | [°C] |

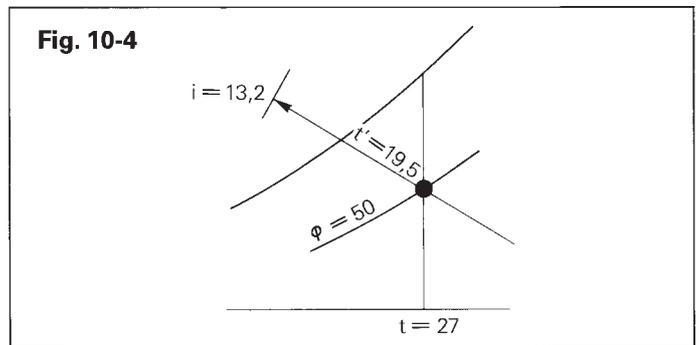
(d) Rapporto di umidità	x	[kg/kg]
(e) Entalpia	i	[kcal/kg]
(f) Umidità relativa (R.H.)	phi	[%]
(g) Volume specifico	V	[m³/kg]

**[Esempio 1.]** Determinare l'umidità relativa e l'entalpia quando la temperatura di bulbo secco è 27°C e la temperatura di bulbo umido 19,5°C.

Soluzione 1: Il punto relativo a questo stato può essere localizzato sul diagramma all'intersezione delle due linee già note.

2: Leggere i valori di umidità relativa ed entalpia in questo punto.

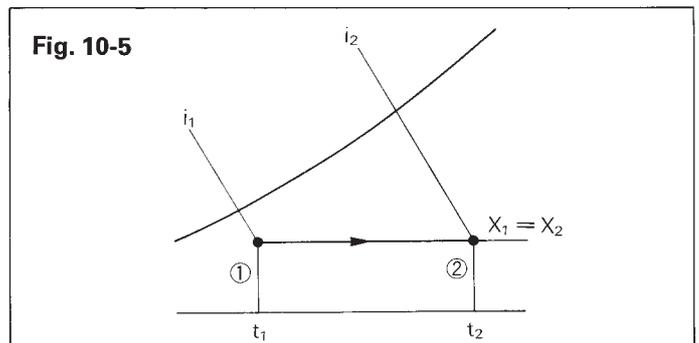
Risposta: Umidità relativa 50%, entalpia 13,2 kcal/kg.



### 10.2.3 Cambiamenti di stato dell'aria umida

I quattro elementi relativi al cambiamento di stato dell'aria umida sono il riscaldamento, il raffreddamento, l'umidificazione e la deumidificazione. Questi cambiamenti di stato sono indicati nel seguente diagramma psicrometrico.

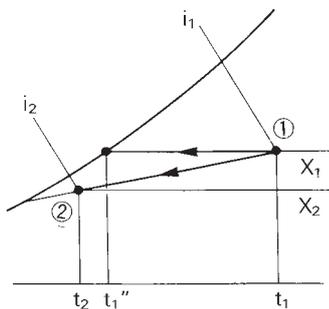
(1) **Riscaldamento:** Il riscaldamento si verifica quando l'aria umida fredda viene aspirata dentro, riscaldata e quindi scaricata da un condizionatore d'aria con un riscaldatore elettrico incorporato o riscaldamento ad acqua calda.



Se l'aria umida è riscaldata nel punto ①, lo stato si sposta verso destra su una linea orizzontale (linea del rapporto di umidità) e raggiunge il punto ②. Il riscaldamento ad acqua calda trasmette calore all'aria senza contatto diretto tra il mezzo riscaldante (acqua) e l'aria, e non hanno luogo né perdite di acqua né aggiunte di acqua. Perciò il rapporto di umidità resta costante. La temperatura di bulbo secco ( $t_1-t_2$ ), l'entalpia ( $i_1-i_2$ ) e l'umidità relativa cambiano, ma il rapporto di umidità ( $X_1 = X_2$ ) e la temperatura del punto di rugiada rimangono costanti.

(2) **Raffreddamento:** Il raffreddamento si verifica quando l'aria umida calda viene aspirata dentro, raffreddata e quindi scaricata da un condizionatore d'aria.

Fig. 10-6



Se l'aria umida è raffreddata nel punto ①, lo stato si sposta verso sinistra su una linea orizzontale. Ma se l'aria viene raffreddata mediante un condizionatore d'aria, il punto si sposta in maniera obliqua verso sinistra e raggiunge il punto ②.

La temperatura della superficie della serpentina di raffreddamento, in confronto alla temperatura del punto di rugiada  $t_1''$  nel punto di stato ①:

(a) Quando è inferiore (raffreddamento e deumidificazione)

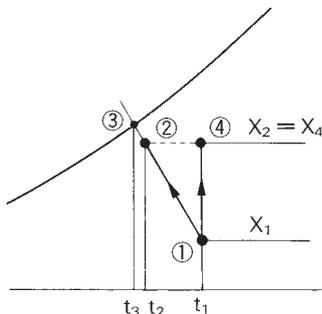
—— Poiché l'aria nel punto ① viene raffreddata al di sotto della temperatura del punto di rugiada  $t_1''$ , si sposta in maniera obliqua verso sinistra e raggiunge il punto ② dell'aria di rifornimento. A causa della differenza tra l'umidità assoluta  $X_1$  del punto ① e  $X_2$  del punto ②, l'umidità dell'aria condensa. Questa è la deumidificazione.

(b) Quando è superiore (solo raffreddamento)

—— Dal punto ①, lo stato si sposta verso sinistra su una linea orizzontale (rapporto di umidità  $X_1$ ).

(3) **Umidificazione:** Quando l'aria umida viene riscaldata, l'umidità relativa diminuisce. Per compensare ciò, si aggiunge vapore acqueo all'aria. Aggiungendo acqua, il rapporto di umidità aumenta e ciò si chiama "umidificazione."

Fig. 10-7



(a) **In caso di umidificatore a piastra di evaporazione o a vapore:**

Il punto ① si sposta sul punto ④ lungo la linea della temperatura di bulbo secco  $t_1$ .

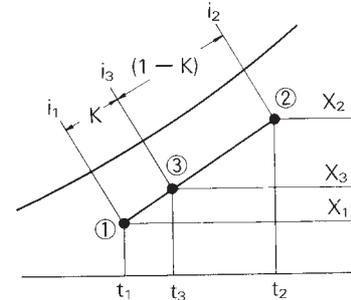
(b) **In caso di umidificatore a spruzzo d'acqua:** Il punto

① si sposta sul punto ② lungo la linea della temperatura di bulbo umido passando attraverso il punto ①.

Entrambi questi rapporti di umidità cambiano poiché  $X_1 \rightarrow X_2 = X_4$

(4) **Miscelamento:** Quando l'aria umida di volume  $K$  nel punto di stato ② viene mescolata con l'aria di volume  $(1-K)$  nel punto di stato ①, diventa il punto di miscelamento ③. Quindi sulla linea di ① → ②, si può tracciare il diagramma del punto ③ nella proporzione di  $K: (1-K)$ .

Fig. 10-8

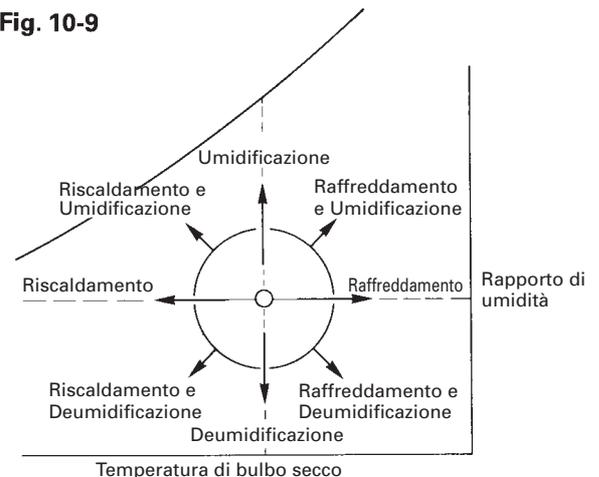


Per il calcolo, si applica la seguente equazione.

$$\begin{aligned} t_3 &= K \cdot t_2 + (1-K) \cdot t_1 \\ i_3 &= K \cdot i_2 + (1-K) \cdot i_1 \\ X_3 &= K \cdot X_2 + (1-K) \cdot X_1 \end{aligned} \quad \dots\dots (2.1)$$

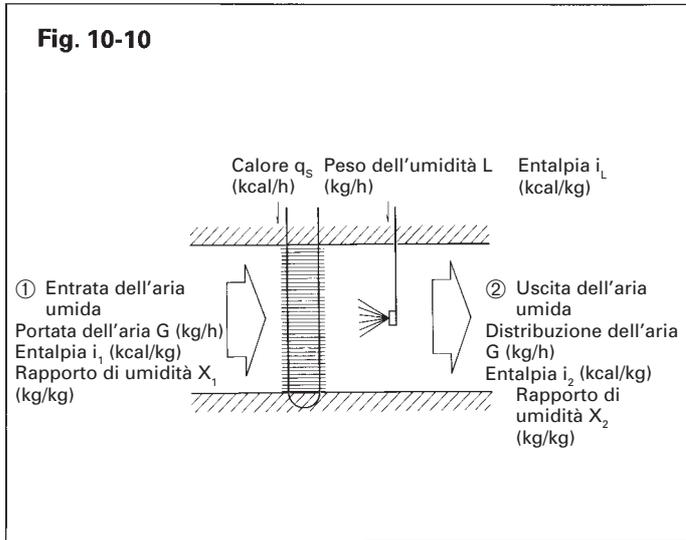
(5) I cambiamenti di stato globali (transizioni) sul diagramma psicrometrico sono rappresentati nella seguente figura.

Fig. 10-9



### 10.3 Calcolo del carico termico mediante il diagramma psicrometrico

#### 10.3.1 Bilancio di calore



L'aria umida nello stato ① (portata dell'aria G [kg/h], entalpia  $i_1$  [kcal/kg], rapporto di umidità  $X_1$  [kg/kg]) segue un percorso adiabaticamente isolato e dove vengono aggiunti il carico termico  $q_s$  [kcal/h], il peso dell'umidità L [kg/h] e l'entalpia dell'umidità  $i_L$  [kcal/kg]. Perciò l'aria umida nello stato ② ha una portata d'aria G [kg/h], un'entalpia  $i_2$  [kcal/kg] e un rapporto di umidità  $X_2$  [kg/kg].

In questo sistema, il bilancio di calore (equilibrio) tra ① e ② è il seguente.

- (a) Calore dell'aria umida all'entrata  
 $G \times i_1$  [kg/h] X [kcal/kg] = [kcal/h]
- (b) Calore aggiunto  
 $q_s + (L \times i_L)$  [kcal/h] +  $[(kg/h) \times X$  [kcal/kg]] = [kcal/h]
- (c) Calore dell'aria umida all'uscita  
 $G \times i_2$  [kg/h] X [kcal/kg] = [kcal/h]

In queste condizioni di equilibrio, l'equazione che governa il sistema è:

$$(a) + (b) = (c) \rightarrow Gi_1 + q_s + Li_L = Gi_2$$

$$\rightarrow G(i_2 - i_1) = q_s + Li_L \dots\dots (3.1)$$

Allo stesso modo, il bilancio dell'acqua (bilancio di materia) è il seguente.

- (d) Umidità dell'aria in entrata  
 $G \times X_1$  [kg/h] X [kg/kg] = [kg/h]
- (e) Umidità aggiunta  
 $L$  [kg/h]
- (f) Umidità dell'aria scaricata  
 $G \times X_2$  [kg/h] X [kg/kg] = [kg/h]

In queste condizioni di equilibrio, l'equazione che governa il sistema è:

$$(d) + (e) = (f) \rightarrow GX_1 + L = GX_2$$

$$\rightarrow G(X_1 - X_2) = L \dots\dots (3.2)$$

Le equazioni (3.1) e (3.2) sopra riportate sono le equazioni fondamentali del processo di condizionamento dell'aria e sono impiegate per calcolare le transizioni di stato dell'aria nei condizionatori d'aria nonché all'interno dei locali climatizzati.

#### 10.3.2 Equazioni pratiche per il calcolo del carico termico

Quando  $q_L$  viene sostituito con  $Li_L$  nell'equazione fondamentale (3.1), e assumendo che  $q_s$  (calore sensibile) +  $q_L$  (calore latente) =  $q$  (calore totale):

$$q = G(i_2 - i_1) = G \Delta i \dots\dots (3.3)$$

- $q$ : Carico termico necessario per la transizione di stato [kcal/h]
- $G$ : Portata dell'aria [kg/h]
- $i_1$ : Entalpia dell'aria all'inizio [kcal/kg]
- $i_2$ : Entalpia dell'aria dopo la transizione di stato [kcal/kg]
- $\Delta i$ : Quantità di entalpia della transizione [kcal/kg]

Nei calcoli teorici si utilizza l'unità di peso dell'aria (G kg/h), ma per i calcoli pratici relativi alla climatizzazione è più conveniente usare l'unità di portata dell'aria ( $Qm^3/min$ ).

$$q = Q \times 60 \times \frac{1}{V} \times \Delta i \dots\dots (3.4)$$

- $Q$ : Portata dell'aria ( $m^3/min$ )
- $V$ : Volume specifico ( $m^3/kg$ )

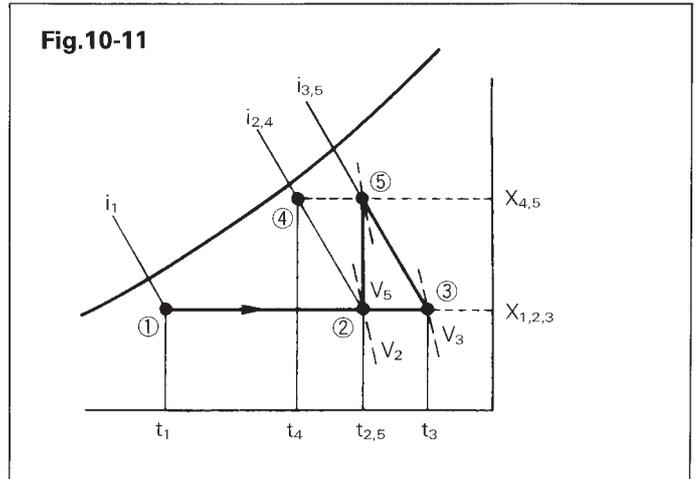
Il volume specifico V varia con lo stato della temperatura e dell'umidità dell'aria, quindi è talvolta necessario calcolarlo, nonostante lo stato dell'aria in uscita non sia sempre chiaro. Dopotutto ciò dipende dal metodo usato nelle prove e dagli errori, per i calcoli accurati.

Per i calcoli ordinari (escluso a temperatura particolarmente alte o basse), si può usare il peso specifico standard dell'aria =  $1,2 \text{ kg/m}^3$  o

$$\text{il volume specifico } V = \frac{1}{1,2} \doteq 0,833$$

$$\therefore q = 72Q \Delta i \dots\dots (3.5)$$

(1) Equazioni per il riscaldamento e l'umidificazione  
 Per modificare l'aria dal punto di stato ① al punto di stato ⑤:



(a) Quantità di calore durante il riscaldamento da ① a ② (mediante l'umidificatore a piastra di evaporazione):

$$qH_a = Q \times 60 \times \frac{1}{V_2} \times (i_2 - i_1) \text{ [kcal/h]} \dots\dots (3.6)$$

(b) Quantità di calore durante il riscaldamento da ① a ③ (mediante l'umidificatore a spruzzo d'acqua):

$$qH_b = Q \times 60 \times \frac{1}{V_3} \times (i_3 - i_1) \text{ [kcal/h]} \dots\dots (3.7)$$

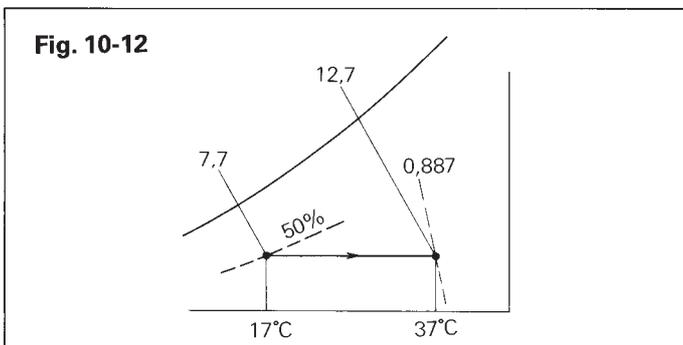
- (c) Quantità di umidificazione durante l'umidificazione da ② o ③ fino a ⑤:

$$L_H = Q \times 60 \times \frac{1}{V_5} \times (X_5 - X_3) \quad [\text{kcal/h}] \dots\dots (3.8)$$

- (d) Quantità di calore per l'umidificazione (mediante piastra di evaporazione):

$$q_W = Q \times 60 \times \frac{1}{V_5} \times (i_5 - i_2) \quad [\text{kcal/h}] \dots\dots (3.9)$$

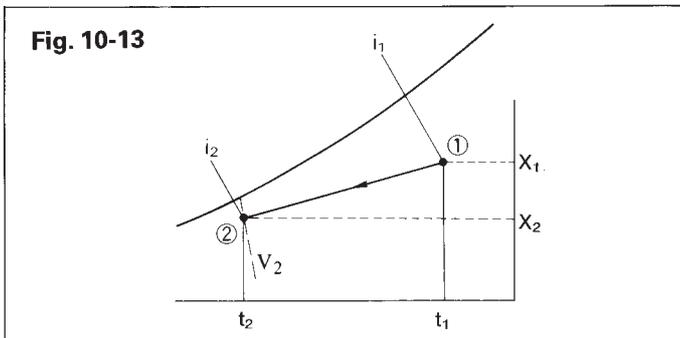
**Esempio** L'aria umida alla temperatura di bulbo secco di 17°C e al 50% di umidità relativa entra in una serpentina di riscaldamento con una portata di 100 m<sup>3</sup>/min ed arriva nello stato finale ad una temperatura di bulbo secco di 37°C. Trovare il valore della capacità di riscaldamento.



Soluzione: dall'equazione (3.6)

$$\begin{aligned} q_H &= Q \times 60 \times \frac{1}{V_2} \times (i_2 - i_1) \\ &= 100 \times 60 \times \frac{1}{0,887} \times (12,7 - 7,7) \\ &= \frac{6000 \times 5,0}{0,887} = 33,820 \text{ kcal/h} \end{aligned}$$

- (2) Equazioni per il raffreddamento e la deumidificazione  
Per cambiare l'aria dal punto di stato ① al punto di stato ②:



- (a) Capacità di raffreddamento

$$q_c = Q \times 60 \times \frac{1}{V_2} \times (i_1 - i_2) \quad [\text{kcal/h}] \dots (3.10)$$

- (b) Capacità di deumidificazione (quantità di drenaggio)

$$L_c = Q \times 60 \times \frac{1}{V_2} \times (X_1 - X_2) \quad [\text{kg/h}] \dots (3.11)$$

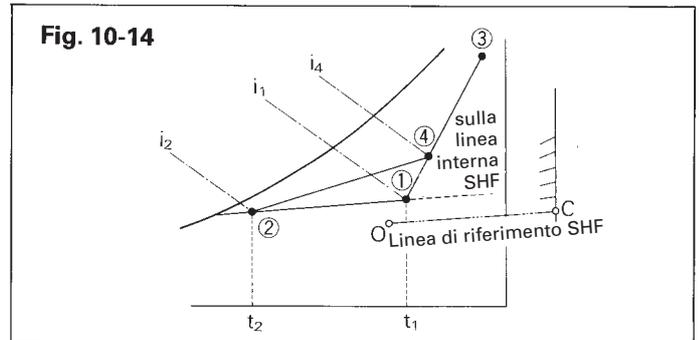
## 10.4 Diagramma psicrometrico e pianificazione del condizionamento dell'aria

### 10.4.1 Fattore SHF

Come per i condizionatori d'aria, le sue condizioni interne di temperatura e umidità sono inferiori a quelle dell'atmosfera. Il condizionamento dell'aria deve superare il carico di raffreddamento, o il riscaldamento da varie fonti. Il carico di raffreddamento è costituito dal carico del calore sensibile  $q_s$  e dal carico del calore latente  $q_L$ . La somma di questi elementi viene chiamata carico termico totale  $q_r (= q_s + q_L)$ . Il rapporto del calore sensibile al calore totale viene chiamato fattore del calore sensibile o in breve SHF.

$$SHF = \frac{q_s}{q_r} = \frac{q_s}{q_s + q_L}$$

Adesso, l'aria fredda che attraversa il locale climatizzato deve estrarre il carico termico costituito dal calore sensibile e dal calore latente, tracciando la linea SHF per raggiungere il bersaglio — (condizioni di progettazione interne). In altre parole, il punto di uscita dell'aria deve trovarsi sulla linea SHF.



- ① Condizioni di progettazione interne (temperatura e altre condizioni)
- ② Lo stato dell'uscita dell'aria dall'evaporatore
- ③ Condizioni di progettazione esterne (temperatura e altre condizioni)
- ④ Condizioni di miscela (punto di miscelamento nel caso di aspirazione di aria fresca)
- O: Cerchietto di allineamento - temperatura di bulbo secco di 27°C e umidità relativa del 50%

### 10.4.2 Linea SHF

Tracciare una linea di base attraverso il cerchietto di allineamento (punto O: situato a 27°C DB e 50% RH) e calcolare SHF indicato sulla scala del fattore del calore sensibile nel punto C. Quindi, tracciare il fattore del calore sensibile effettivo del locale nella condizione ① di progettazione del locale parallela alla linea di base. La linea retta ① — ② è la linea SHF in questo caso, e nel condizionamento dell'aria ordinario, il punto ② di uscita dell'aria viene determinato sul diagramma ad una temperatura di circa 10°C inferiore rispetto a quella del punto ①. Dopo avere determinato il punto ②, viene calcolata (progettata) l'erogazione richiesta del ventilatore (quantità d'aria circolante all'interno) o capacità dell'evaporatore.

### 10.4.3 Portata dell'aria (quantità d'aria circolante all'interno)

$$Q = \frac{q_s}{0,24 \times \frac{1}{V_2} 60 \times (t_1 - t_2)} \quad [\text{m}^3/\text{min}] \dots\dots (4.2)$$

Q: Portata dell'aria (quantità d'aria circolante all'interno)

- $q_s$ : Carico termico sensibile interno [kcal/h]
- $V_2$ : Volume specifico all'uscita dell'aria dall'evaporatore [m<sup>3</sup>/kg]
- $t_1$ : Temperatura di bulbo secco dell'ambiente [°C]
- $t_2$ : Temperatura di bulbo secco all'uscita dell'aria dall'evaporatore [°C]
- 0,24: Calore specifico dell'aria standard [kcal/kg · gradi]

$V_2 = 0,83 \text{m}^3/\text{kg}$  (il peso specifico dell'aria standard è 1,2 kg/m<sup>3</sup>), quindi:

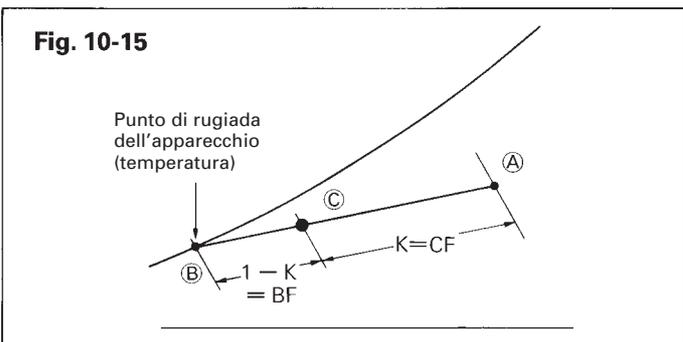
$$\left( \begin{array}{l} 0,24 \times \frac{1}{V_2} \times 60 = 14,4 \times \frac{1}{V_2} \cong 17,4, \\ Q = \frac{q_s}{17,4 \times (t_1 - t_2)} \dots\dots (4.3) \end{array} \right)$$

### 10.4.4 Capacità richiesta dell'evaporatore

$$q_c = Q \times 60 \times \frac{1}{V_2} \times (i_4 - i_2) \quad [\text{kcal/h}] \dots\dots (4.4)$$

- $i_4$ : Entalpia all'entrata dell'aria nell'evaporatore  
 $i_4$  è l'entalpia dell'aria fresca miscelata nel punto ④, e in caso di aria non miscelata, applicare l'entalpia  $i_1$  del punto di progettazione all'interno ①.
- $i_2$ : Entalpia dell'uscita dell'aria dall'evaporatore

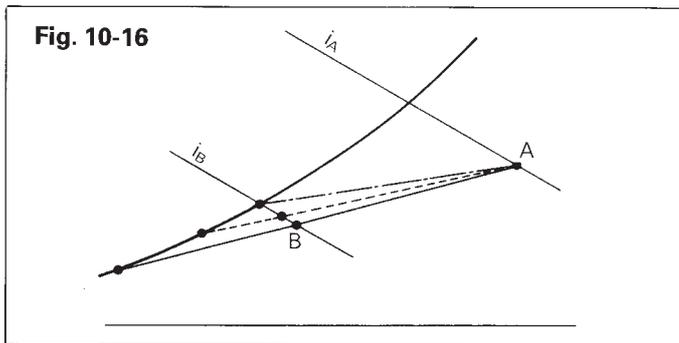
### 10.4.5 Fattore di bypass dell'evaporatore



L'aria che passa nell'evaporatore viene raffreddata nella serpentina di raffreddamento, ma praticamente una parte dell'aria passa attraverso la serpentina di raffreddamento senza essere raffreddata in entalpia e passa all'esterno. Quest'aria non raffreddata in entalpia si chiama aria di bypass, e l'aria raffreddata si chiama aria di contatto. Se l'aria raffreddata, l'aria scaricata e l'aria di bypass si trovano in A, B e C, rispettivamente, il punto C avviene indicato come punto di miscelamento di A e di B nella proporzione di (1-K):K. Il punto B viene chiamato punto di rugiada dell'apparecchio (temperatura).

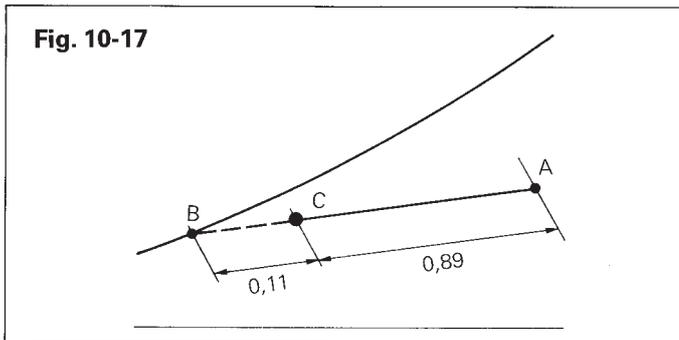
- $1-K = BF$  (Fattore di bypass)
- $K = FC$  (Fattore di contatto)

Inoltre, BF è una variabile basata principalmente sul numero di serpentine di raffreddamento e la velocità dell'aria attraverso la serpentina.



Persino un evaporatore in grado di raffreddare e deumidificare l'aria dall'entalpia  $i_A$  del punto A all'entalpia  $i_B$  del punto B scaricherà l'aria in qualche punto della linea di entalpia di  $i_e$  come conseguenza del fattore di bypass, ma il diagramma dell'aria scaricata non verrà tracciato sulla linea curva di saturazione. In altre parole, l'aria nel punto B si avvicina o si allontana dalla linea di saturazione lungo la linea  $i_B$ , e la temperatura di bulbo secco varia.

**[Esempio 3]** Dati: Evaporatore ad alette trasversali con 15,9 mm di diametro esterno della serpentina, 2,5 m/s di velocità dell'aria, 6 serpentine a zigzag, 3 mm di passo delle alette e un fattore di bypass di 0,11. Indicare il punto sul diagramma. Soluzione: Il punto C rappresenta lo stato della temperatura e dell'umidità all'uscita dell'aria dall'evaporatore.



**[Nota]** È preferibile che l'uscita dell'aria nel punto C coincida con l'uscita dell'aria pianificata ②. Altrimenti è necessario essere più in basso rispetto al punto ② nella zona tratteggiata della figura 10.18.

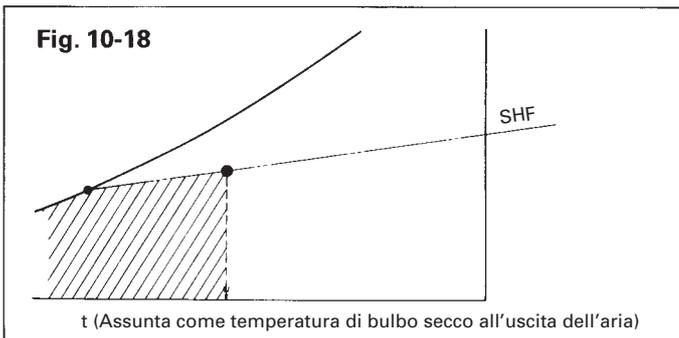


Fig. 10-18

t (Assunta come temperatura di bulbo secco all'uscita dell'aria)

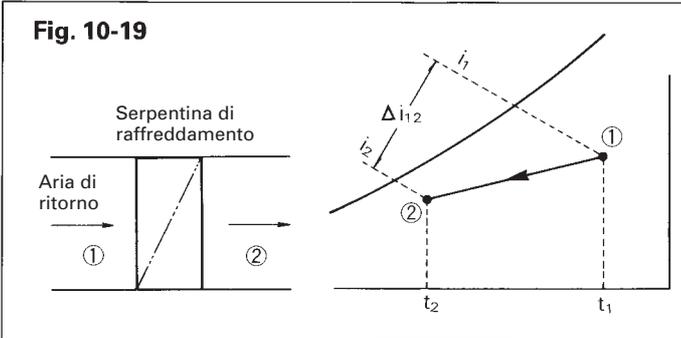
### 10.5 Vari modelli di cambiamento di stato

Come tracciare diversi cambiamenti di stato tipici sul diagramma.

#### Raffreddamento

(1) L'aria nell'ambiente circola raffreddandosi.

$\Delta i_{12}$ : Carico della serpentina di raffreddamento

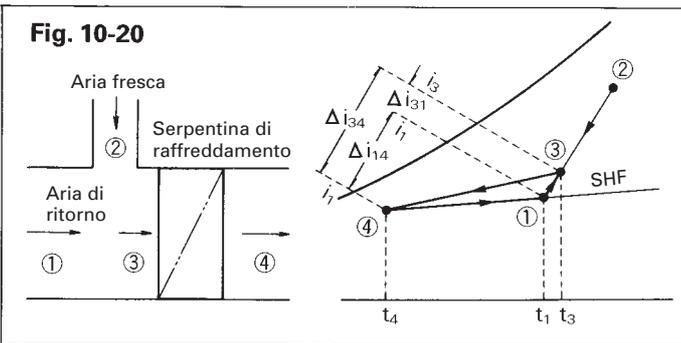


(2) Ritirare l'aria fresca e raffreddare l'aria in miscela.

$\Delta i_{34}$ : Carico della serpentina di raffreddamento

$\Delta i_{31}$ : Carico dell'aria fresca

$\Delta i_{14}$ : Carico di raffreddamento dell'ambiente



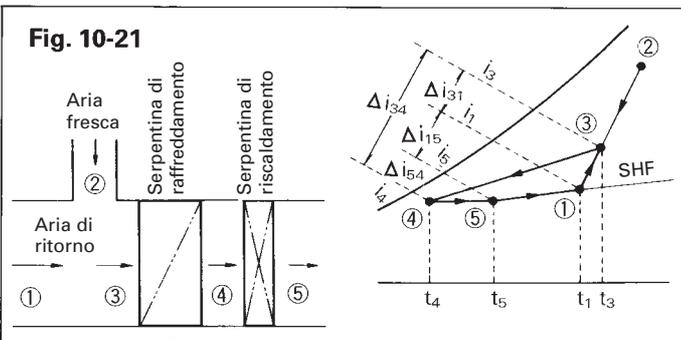
(3) Ritirare l'aria fresca, raffreddare l'aria in miscela e riscaldare.

$\Delta i_{34}$ : Carico della serpentina di raffreddamento

$\Delta i_{31}$ : Carico dell'aria fresca

$\Delta i_{54}$ : Carico della serpentina di riscaldamento

$\Delta i_{15}$ : Carico di raffreddamento dell'ambiente



(4) Ritirare l'aria fresca, raffreddare l'aria in miscela, riscaldare e umidificare.

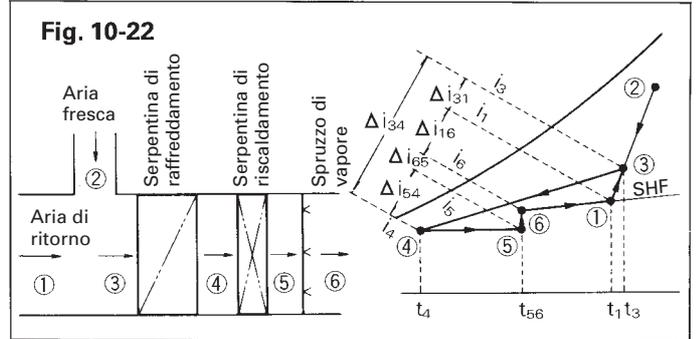
$\Delta i_{34}$ : Carico della serpentina di raffreddamento

$\Delta i_{31}$ : Carico dell'aria fresca

$\Delta i_{54}$ : Carico della serpentina di riscaldamento

$\Delta i_{65}$ : Carico di umidificazione

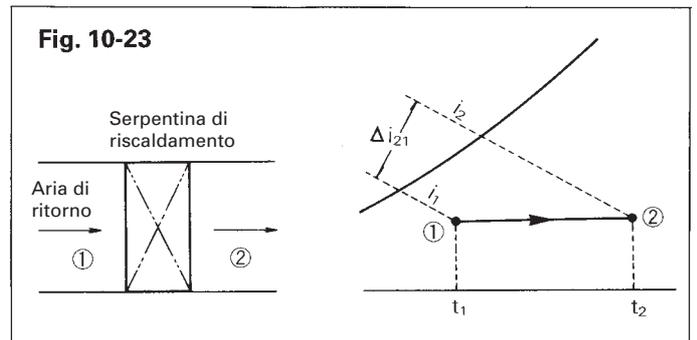
$\Delta i_{16}$ : Carico di raffreddamento dell'ambiente



#### Riscaldamento

(1) L'aria nell'ambiente circola riscaldandosi.

$\Delta i_{21}$ : Carico della serpentina di riscaldamento



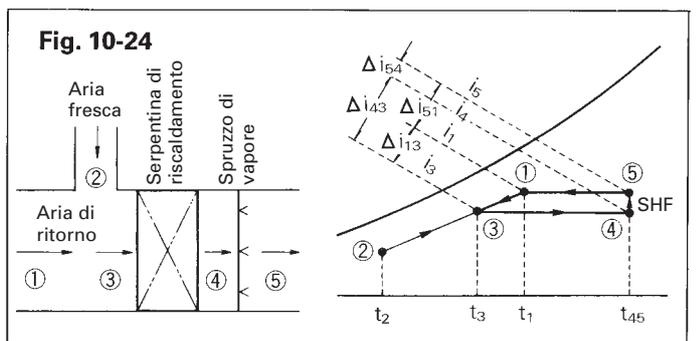
(2) Ritirare l'aria fresca, riscaldare l'aria in miscela e umidificare.

$\Delta i_{43}$ : Carico della serpentina di riscaldamento

$\Delta i_{13}$ : Carico dell'aria fresca

$\Delta i_{54}$ : Carico di umidificazione

$\Delta i_{51}$ : Carico di riscaldamento dell'ambiente





## Capitolo 11 Semplice calcolo del carico di raffreddamento

11.1 Scopo e applicazioni .....	204
11.2 Condizioni .....	204
11.3 Coefficiente del carico di raffreddamento .....	204
11.3.1 Parete esposta verso l'esterno .....	204
11.3.2 Tetto .....	204
11.3.3 Vetri delle finestre .....	204
11.3.4 Coefficiente delle tendine fissate alla finestra .....	204
11.3.5 Separazione del locale .....	204
11.3.6 Soffitto e pavimento .....	205
11.3.7 Introduzione di aria esterna .....	205
11.3.8 Correzione della superficie per la temperatura esterna .....	205
11.3.9 Occupanti .....	205
11.4 Esempio .....	205

## Capitolo 11 Semplice calcolo del carico di raffreddamento

Questo capitolo è stato preparato per far conoscere ai tecnici di assistenza il concetto del calcolo dei carichi necessari ai lavori di manutenzione. Sebbene i fattori usati per il calcolo dei carichi differiscano a seconda delle zone, in questo capitolo verranno usati i fattori impiegati in Giappone. Perciò, è un po' rischioso ottenere in modo accurato i carichi termici effettivi utilizzando i valori riportati in questo capitolo.

### 11.1 Scopo e applicazioni

Questa lista di calcoli è stata creata per trovare rapidamente e facilmente il carico di raffreddamento approssimativo.

Perciò, si consiglia di non usare questo metodo nel caso si richiedessero calcoli esatti. D'altra parte, la seguente formula è impiegata per calcolare approssimativamente il carico di raffreddamento per i condizionatori d'aria residenziali.

Carico di raffreddamento (kcal/h)

$$= \text{carico di raffreddamento per area del pavimento (kcal/h} \cdot \text{m}^2) \times \text{area del pavimento (m}^2)$$

Carico di raffreddamento per area del pavimento

$$\text{Giappone} \cdots \cdots 155 \text{kcal/h} \cdot \text{m}^2 \text{ (620Btu/h} \cdot \text{m}^2)$$

$$\text{USA} \cdots \cdots \cdots 125 \text{kcal/h} \cdot \text{m}^2 \text{ (500Btu/h} \cdot \text{m}^2)$$

Questo metodo di calcolo è impiegato per ottenere il carico di raffreddamento dei condizionatori d'aria monoblocco.

Nel caso di condizionatori d'aria residenziali, è necessario moltiplicare il carico di raffreddamento finale per un coefficiente pari a 0,7.

### 11.2 Condizioni

Tutti i dati calcolati con questo metodo si basano sulle seguenti condizioni.

(1) Condizioni di temperatura

Esterno: 33°C D.B, 27°C W.B

Interno: 26°C D.B, 19,5°C W.B

(2) Carico di raffreddamento standard

Per stabilire il carico di raffreddamento standard di 1m in volume di aria esterna, si utilizzano 8kcal di capacità termica sulla base delle condizioni di temperatura interna ed esterna.

### 11.3 Coefficiente del carico di raffreddamento

#### 11.3.1 Parete esposta verso l'esterno

Tabella 11-1

Tipo di parete	Coefficiente B (kcal/m <sup>2</sup> h)								Coefficiente E (kcal/m <sup>2</sup> h gradi)
	N	E	S	W	NE	SE	SW	NW	
Costruzione leggera (legno, malta)	17	37	29	51	28	34	43	42	2,5
Costruzione media (blocchi di calcestruzzo)	15	40	34	56	32	38	48	45	
Costruzione pesante (calcestruzzo 200mm t)	16	34	31	37	29	34	40	26	3,0

### 11.3.2 Tetto

Tabella 11-2

Tipo di tetto		Coefficiente B (kcal/m <sup>2</sup> h)	Coefficiente E (kcal/m <sup>2</sup> h gradi)
Costruzione leggera (ardesia, malta o lamierino di zinco)	Senza soffitto	165	3
	Soffitto	60	1,5
Costruzione media (isolamento di calcestruzzo sottile)	Senza soffitto	92	2
	Soffitto	38	1,5
Costruzione pesante (isolamento di calcestruzzo spesso)	Senza soffitto	43	1
	Soffitto	23	1

(Riferimento)



### 11.3.3 Vetri delle finestre

Tabella 11-3

Tipo di vetro	Coefficiente B (kcal/m <sup>2</sup> h)	Coefficiente E (kcal/m <sup>2</sup> h gradi)								
		Finestra ombreggiata	Finestra soleggiata							
		N	E	S	W	NE	SE	SW	NW	
Lastra di vetro normale (3 mm di spessore)	60	150	590	310	710	440	430	530	540	
Lastra di vetro normale (6 mm di spessore)	55	140	540	290	650	400	390	480	490	5,5
Tipo di isolamento (3 mm di spessore)	35	90	370	220	440	270	270	340	340	
Vetro doppio (6 mm di spessore all'interno)	30	70	290	170	340	215	210	260	260	2,2
Blocco di vetro	25	40	330	130	360	200	190	230	240	2,5

Nota)

Se vi sono più di due finestre in diverse direzioni, solo il coefficiente B della finestra con il più grande valore AxB viene preso dalla colonna "Finestra soleggiata" e quelli delle altre finestre vengono presi dalla colonna "Finestra ombreggiata".

A: Superficie della finestra

B: Coefficiente B

### 11.3.4 Coefficiente delle tendine fissate alla finestra

Tabella 11-4

Tipo di tendine	Coefficiente f
Tendine veneziane fissate all'interno della finestra	0,7
In caso di tendine che si tirano	0,8~0,7

### 11.3.5 Separazione del locale

(Se i locali adiacenti non sono raffreddati)

Tabella 11-5

Tipo di separazione	Coefficiente B (kcal/m <sup>2</sup> h)	Coefficiente E (kcal/m <sup>2</sup> h grado)
Lastra di vetro o di legno	13	4,5
Altri	8	2,7

### 11.3.6 Soffitto e pavimento

(Se i locali superiore e inferiore non sono raffreddati)

Tabella 11-6

Tipo di soffitto e di pavimento	Coefficiente B (kcal/m <sup>2</sup> h)	Coefficiente E (kcal/m <sup>2</sup> h grad.)
Sólo calcestruzzo	10	3
Linoleum o tappeto posti sul pavimento	7	2
Tappetino d'erba posto sul pavimento di legno	4	1
Pavimento fissato direttamente al suolo	0	1

### 11.3.7 Introduzione di aria esterna

Tabella 11-7

	Coefficiente B (kcal/m <sup>2</sup> h)	Coefficiente E (kcal/m <sup>2</sup> h grad.)
Standard	8	0,3
Vi sono molti ingressi nel locale. Due o più pareti sono esposte verso l'esterno.	8×(1,5~2)	0,3×(1,5~2)

### 11.3.8 Correzione della superficie per la temperatura esterna

Tabella 11-8

Superficie (zona)	Coefficiente f
Standard	1,0
Superficie a temperatura più alta	1,1
Superficie con la più alta temperatura	1,2

### 11.3.9 Occupanti

Tabella 11-9

Condizione degli occupanti	Applicazione	Coefficiente B (kcal/h·pers.)
Seduti su una sedia	Teatro, salotto di te	100
Lavoro d'ufficio	Ufficio, palazzo, ristorante, grande magazzino	120
Attività fisica	Fabbrica, discoteca	200

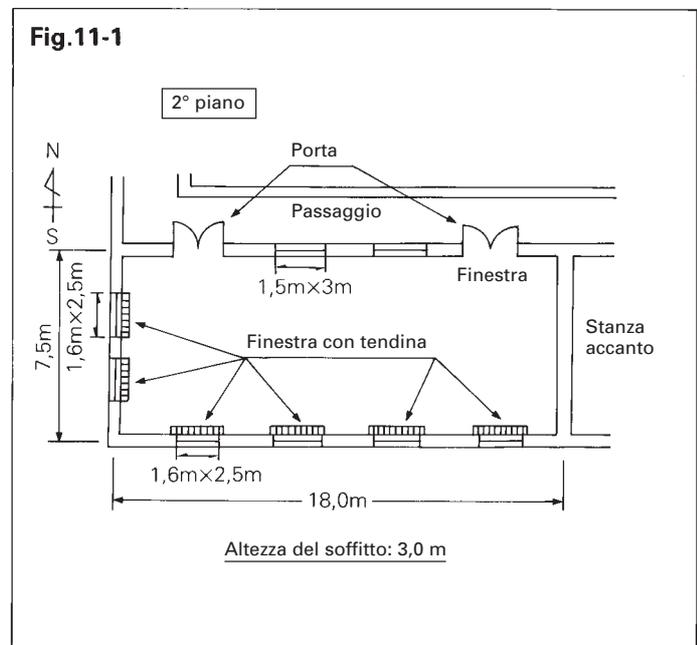
### 11.4 Esempio

Esempio: Determinare il carico di raffreddamento di un ufficio sulla base delle seguenti condizioni, e selezionare un modello adatto.

#### Specifiche di costruzione

Edificio: Edificio di 5 piani  
 Parete esterna: Costruzione media (blocco di calcestruzzo di 150 mm t)  
 Vetri delle finestre: Normali (6 mm t) con tendine  
 Pavimento: Calcestruzzo con linoleum  
 Soffitto: Solo calcestruzzo  
 Illuminazione: Illuminazione fluorescente (40W x 20= 800W)  
 Persone: 15 (attive)  
 Superficie: Superficie a temperatura standard

\*\*\* I locali adiacenti superiori e inferiori non sono raffreddati.



## Lista del carico di raffreddamento

Data: \_\_\_\_\_

Nome del costruttore: \_\_\_\_\_

Indirizzo: \_\_\_\_\_

Nome del locale: \_\_\_\_\_

Pavimento: \_\_\_\_\_

Nome della persona responsabile: \_\_\_\_\_

Superficie del locale: (W) \_\_\_\_\_ x (L) \_\_\_\_\_ = m<sup>2</sup>

Volume del locale: (Area) \_\_\_\_\_ x (H) \_\_\_\_\_ = m<sup>3</sup>

Elementi		A		Raffreddamento			
				Coefficiente B	C = A X B	Coefficiente f	
Parete esposta verso l'esterno		Superficie (m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>			1	
			m <sup>2</sup>				
			m <sup>2</sup>				
			m <sup>2</sup>				
Tetto			m <sup>2</sup>				
Vetri delle finestre			m <sup>2</sup>			Coefficiente delle tendine	
			m <sup>2</sup>				
			m <sup>2</sup>				
			m <sup>2</sup>				
Separazione			m <sup>2</sup>			1	
			m <sup>2</sup>				
			m <sup>2</sup>				
		m <sup>2</sup>					
Soffitto		m <sup>2</sup>					
Pavimento		m <sup>2</sup>					
Aria esterna	Introduzione di aria esterna	Volume del locale	m <sup>3</sup>			Corr. area	
Generazione di calore nel locale	Persone		Numero			1	
	Illuminazione	Illuminazione elettrica	kw	860		Frequenza d'uso	
		Illuminazione fluorescente	kw	1.000			
	Apparecchi elettrici		kw	860			
	Gas	GNL	m <sup>3</sup> /h	10.000			
		GPL	m <sup>3</sup> /h	21.700			

Carico di raffreddamento totale

\*\*\*

Q= Carico totale ( ) x 0,7 = ( )  
0,7..... Coefficiente del condizionatore d'ambiente

Q= \_\_\_\_\_ kcal/h

## Lista del carico di raffreddamento

Soluzione :

Data: \_\_\_\_\_

Nome del costruttore: \_\_\_\_\_

Indirizzo: \_\_\_\_\_

Nome del locale: \_\_\_\_\_

Pavimento: \_\_\_\_\_ 2° piano

Nome della persona responsabile: \_\_\_\_\_

Superficie del locale: (W) 18 x (L) 7,5 = 135,0 m<sup>2</sup>

Volume del locale: (Area) 135,0 x (H) 3,0 = 405,0 m<sup>3</sup>

Elementi		A	Raffreddamento					
			Coefficiente B	C=A×B	Coefficiente f	Carico Q=f×C		
Parete esposta verso l'esterno	S: 18×3-(1,6×2,5×4)	Superficie (m <sup>2</sup> )	38,0 m <sup>2</sup>	34	1.292	1	1.292	
	W: 7,5×3-(1,6×2,5×2)		14,5 m <sup>2</sup>	56	812		812	
			m <sup>2</sup>					
			m <sup>2</sup>					
Tetto			16,0 m <sup>2</sup>	55	880		616	
Vetri delle finestre	S: 1,6×2,5×4		16,0 m <sup>2</sup>	55	880	Coefficiente delle tendine	0,7	616
	W: 1,6×2,5×2		8,0 m <sup>2</sup>	650	5.200		0,7	3.640
			m <sup>2</sup>					
			m <sup>2</sup>					
Separazione	E: 7,5×3		22,5 m <sup>2</sup>	8	180	1		180
	N (cristal) 1,5 x 3 x 2	9,0 m <sup>2</sup>	13	117			117	
	N: 18×3-(1,5×3×2)	45,0 m <sup>2</sup>	8	360			360	
		m <sup>2</sup>						
Falso techo	18×7,5	135,0 m <sup>2</sup>	7	945		945		
Pavimento	18×7,5	135,0 m <sup>2</sup>	7	945		945		
Aria esterna	Introduzione di aria esterna	Volume del locale	405,0 m <sup>3</sup>	8	3.240	Corr. area	1,0	3.240
Generazione di calore nel locale	Persone		Numero	15	120	1.800	1	1.800
	Illuminazione	Illuminazione elettrica	..... kw	860			Frequenza d'uso	
		Illuminazione fluorescente	0,8 kw	1.000	800			1,0
	Apparecchi elettrici		..... kw					
	Gas	GNL	..... m <sup>3</sup> /h					
GPL		..... m <sup>3</sup> /h						

Carico di raffreddamento totale

\*\*\*

Nota

$$S = 1,6 \times 2,5 \times 4 \times 290 \times 0,7 = 3.248 \text{ kcal/h}$$

$$W = 1,6 \times 2,5 \times 2 \times 650 \times 0,7 = 3.640 \text{ kcal/h}$$

$$S < W \quad S < W \quad S = 1,6 \times 2,5 \times 4 \times 55 \times 0,7 = 616 \text{ kcal/h}$$

\*\*\*

$$Q = \text{Carico totale ( )} \times 0,7 = ( \text{ } )$$

$$0,7 \dots \dots \text{Coefficiente del condizionatore d'ambiente}$$

$$Q = 14.747 \text{ kcal/h}$$



## Capitolo 12 Appendice

12.1	Formule di conversione .....	210
12.2	Tabelle di conversione .....	210
12.3	Tabella di conversione della pressione .....	211
12.4	Tabella di conversione della temperatura .....	212
12.5	Curva di saturazione .....	213
12.6	Tbella di saturazione .....	214
12.7	Diagramma di Mollier .....	215
12.8	Diagramma psicrometrico .....	216
12.9	Controllo della qualità dell'acqua .....	217
12.9.1	Punti di prelievo di campioni per analisi della qualità dell'acqua .....	217
12.9.2	Problemi nei sistemi a circolazione d'acqua .....	217
12.9.3	Controllo della qualità dell'acqua .....	218
12.9.4	Misure contro la corrosione o gli incidenti di perforazione .....	220
12.9.5	Misure preventive contro le incrostazioni e i fanghi .....	223
12.9.6	Pulitura delle incrostazioni .....	223
12.10	Utensili e strumenti per l'installazione e la manutenzione .....	241
12.10.1	Utensili .....	241
12.10.2	Strumenti .....	242
12.11	Olio per macchine refrigeranti .....	243

## Capítulo 12 Appendice

### 12.1 Formule di conversione

- Btu/h = kcal/h x 3,97
- kW = kcal/h x 1/860
- Pollici = mm x 0,0394
- Libbre = kg x 2,205
- Psi = kgf/cm<sup>2</sup> x 14,22
- KPa = kgf/cm<sup>2</sup> x 98,07
- Cfm = m<sup>3</sup>/min x 35,3
- Galloni USA = Litro x 0,264
- Galloni RU = Litro x 0,220

### Superficie

mm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	pie <sup>2</sup>	yd <sup>2</sup>
1	0.01	0,000001	0,00155	---	---
100	1	0,0001	0,15501	0,0010764	0,031196
10×10 <sup>5</sup>	10×10 <sup>3</sup>	1	1550,1	10,7643	1,196
645,14	6,4514	0,0364514	1	0,006944	0,037716
92900	92,9	0,0929	144	1	0,11111
836090	8360,9	0,83609	1296	9	1

### 12.2 Tabelle di conversione

#### Pressione

bar	kgf/cm <sup>2</sup>	lb/pulg. <sup>2</sup>	OZ/pulg. <sup>2</sup>	atm (inglesi)	Mercurio (0°C)	
					mm	pulg.
1	1,0197	14,50	2320	0,9869	750,0	29,53
0,980667	1	14,223	2275,66	0,9678	735,5	28,96
0,06895	0,07031	1	16	0,06804	51,71	0,0355
0,024309	0,024394	0,0625	1	0,024252	3,232	0,1276
1,0113	1,0333	14,70	235,2	1	760	29,921
1,3333	1,3596	19,34	309,4	1,316	1000	39,37
0,03386	0,02453	0,4912	7,859	0,03342	25,4	1

#### Peso

mg	g	kg	grano	oz	lb
1	0,001	0,001	0,015432	0,0435274	0,0022046
1000	1	0,001	15,4324	0,035274	0,022046
10×10 <sup>5</sup>	1000	1	15432,4	35,27394	2,20462
64,799	0,064799	0,064799	1	0,022857	0,0314286
28349,5	28,34954	0,028349	437,5	1	0,0625
453592	453,592	0,45359	7000	16	1

#### Velocità

m/sec	m/min	km/h	pie/sec	pie/min	miglia/h	nodi
1	60	3,6	3,28091	196,854	2,23698	1,9426
0,016667	1	0,06	0,05468	3,28091	0,03728	0,03237
0,27778	16,66667	1	0,91136	54,6815	0,62138	0,53962
0,30479	18,2874	1,09725	1	60	0,68182	0,59211
0,0250798	0,30479	0,018287	0,016667	1	0,011364	0,0398684
0,44703	26,8215	1,60931	1,46667	88	1	0,86842
0,51478	30,8867	1,8532	1,68889	101,337	1,15152	1

#### Lunghezza

m	km	pie	yd	miglio
1	0,001	3,2809	1,09363	0,00062
1000	1	3280,9	1093,63	0,62138
0,30479	0,033048	1	0,33333	0,031894
0,91438	0,039144	3	1	0,035882
1609,31	1,60931	5280	1760	1

#### Portata

l/sec	l/min.	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /min	m <sup>3</sup> /sec	gal/min inglesi	gal/min USA	pie <sup>3</sup> /h	pie <sup>3</sup> /min	pie <sup>3</sup> /sec
1	60	3,6	0,06	0,001	13,197	15,8514	127,14	2,119	0,035317
0,01666	1	0,06	0,001	0,016666	0,21995	0,26419	2,119	0,035317	0,035886
0,27777	16,666	1	0,016666	0,027777	3,66583	4,40316	35,3165	0,58861	0,029801
16,666	1000	60	1	0,016666	219,95	264,19	2119	35,3165	0,058861
1000	60×10 <sup>3</sup>	3600	60	1	13198	15851	127150	2119	35,3165
0,075775	4,5465	0,27279	0,0245465	0,0475775	1	1,20114	9,6342	0,16057	0,022676
0,063086	3,7852	0,22711	0,0237852	0,063086	0,83254	1	8,0208	0,13368	0,02228
0,027865	0,47188	0,028315	0,0347188	0,0578647	0,103798	0,12467	1	0,016666	0,0327777
0,47188	28,3153	1,6989	0,028315	0,0347188	6,22786	7,48055	60	1	0,016666
28,3153	1698,9	101,935	1,6989	0,028315	373,6716	448,833	3600	60	1

Nota: 0,0<sub>4</sub>1 = 0,00001

### 12.3 Tabella di conversione della pressione

kgf/cm <sup>2</sup> →	p.s.i.	kgf/cm <sup>2</sup> →	p.s.i.
0,0	0,0	12,0	170,6
0,2	2,8	12,2	173,5
0,4	5,7	12,4	176,3
0,6	8,5	12,6	179,2
0,8	11,4	12,8	182,0
1,0	14,2	13,0	184,9
1,2	17,1	13,2	187,7
1,4	19,9	13,4	190,5
1,6	22,8	13,6	193,4
1,8	25,6	13,8	196,2
2,0	28,4	14,0	199,1
2,2	31,3	14,2	201,9
2,4	34,1	14,4	204,8
2,6	37,0	14,6	207,6
2,8	39,8	14,8	210,5
3,0	42,7	15,0	213,3
3,2	45,5	15,2	216,1
3,4	48,3	15,4	219,0
3,6	51,2	15,6	221,8
3,8	54,0	15,8	224,7
4,0	56,9	16,0	227,5
4,2	59,7	16,2	230,4
4,4	62,6	16,4	233,2
4,6	65,4	16,6	236,1
4,8	68,3	16,8	238,9
5,0	71,1	17,0	241,7
5,2	73,9	17,2	244,6
5,4	76,8	17,4	247,4
5,6	79,6	17,6	250,3
5,8	82,5	17,8	253,1
6,0	85,3	18,0	256,0
6,2	88,2	18,2	258,8
6,4	91,0	18,4	261,6
6,6	93,9	18,6	264,5
6,8	96,7	18,8	267,3
7,0	99,5	19,0	270,2
7,2	102,4	19,2	273,0
7,4	105,2	19,4	275,9
7,6	108,1	19,6	278,7
7,8	110,9	19,8	281,6
8,0	113,8	20,0	284,4
8,2	116,6	20,2	287,2
8,4	119,4	20,4	290,1
8,6	122,3	20,6	292,9
8,8	125,1	20,8	295,8
9,0	128,0	21,0	298,6
9,2	130,8	21,2	301,5
9,4	133,7	21,4	304,3
9,6	136,5	21,6	307,2
9,8	139,4	21,8	310,0
10,0	142,2	22,0	312,8
10,2	145,0	22,2	315,7
10,4	147,9	22,4	318,5
10,6	150,7	22,6	321,4
10,8	153,6	22,8	324,2
11,0	156,4	23,0	327,1
11,2	159,3	23,2	329,9
11,4	162,1	23,4	332,7
11,6	165,0	23,6	335,6
11,8	167,8	23,8	338,4

$$\text{p.s.i.} = 14,22 \times \text{kgf/cm}^2$$

p.s.i. →	kgf/cm <sup>2</sup>	p.s.i. →	kgf/cm <sup>2</sup>
0	0,0	300	21,1
5	0,4	305	21,4
10	0,7	310	21,8
15	1,1	315	22,1
20	1,4	320	22,5
25	1,8	325	22,8
30	2,1	330	23,2
35	2,5	335	23,6
40	2,8	340	23,9
45	3,2	345	24,3
50	3,5	350	24,6
55	3,9	355	25,0
60	4,2	360	25,3
65	4,6	365	25,7
70	4,9	370	26,0
75	5,3	375	26,4
80	5,6	380	26,7
85	6,0	385	27,1
90	6,3	390	27,4
95	6,7	395	27,8
100	7,0	400	28,1
105	7,4		
110	7,7		
115	8,1		
120	8,4		
125	8,8		
130	9,1		
135	9,5		
140	9,8		
145	10,2		
150	10,5		
155	10,9		
160	11,2		
165	11,6		
170	12,0		
175	12,3		
180	12,7		
185	13,0		
190	13,4		
195	13,7		
200	14,1		
205	14,4		
210	14,8		
215	15,1		
220	15,5		
225	15,8		
230	16,2		
235	16,5		
240	16,9		
245	17,2		
250	17,6		
255	17,9		
260	18,3		
265	18,6		
270	19,0		
275	19,3		
280	19,7		
285	20,0		
290	20,4		
295	20,7		

$$\text{kgf/cm}^2 = 0,0703 \times \text{p.s.i.}$$

## 12.4 Tabella di conversione della temperatura

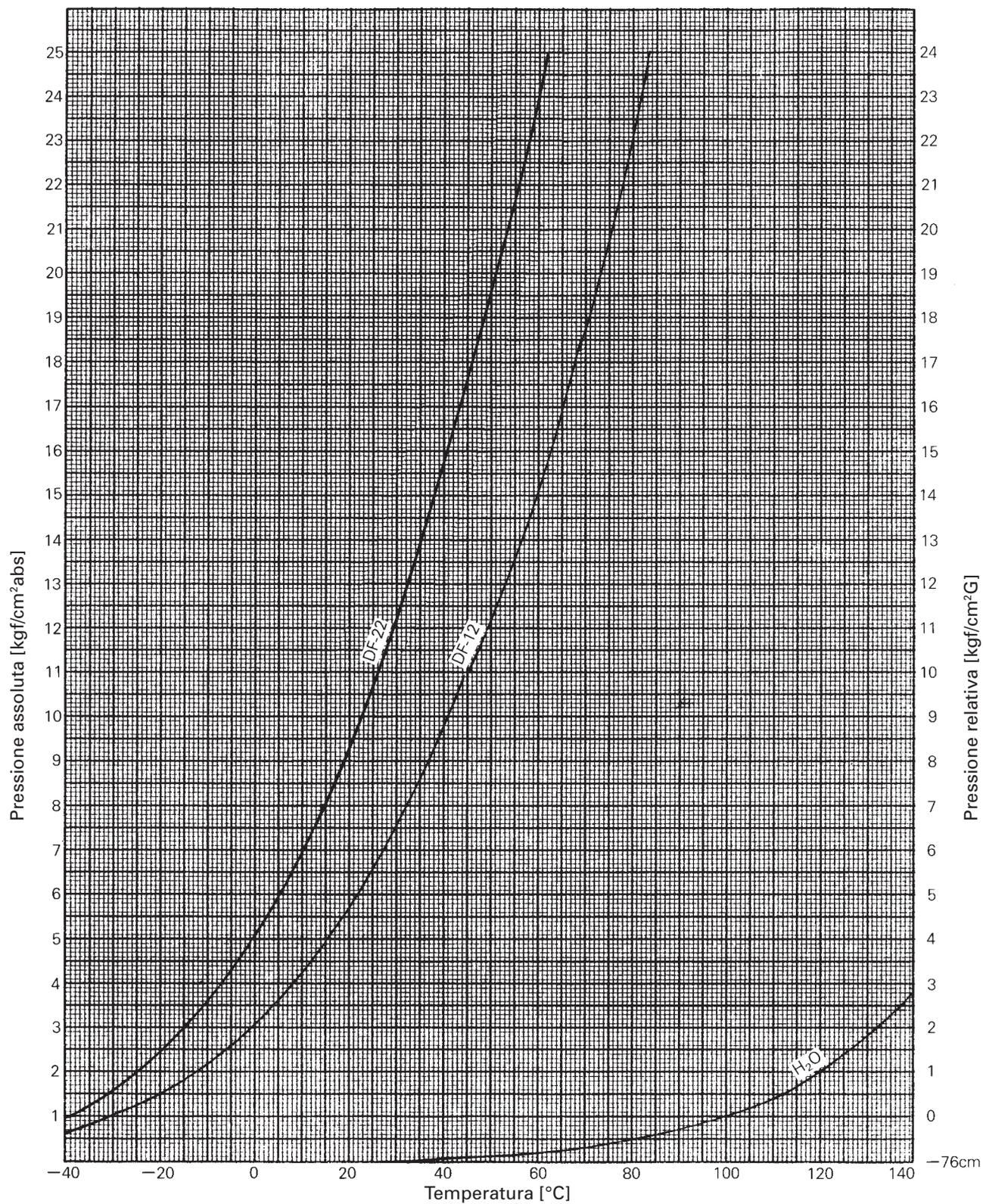
°C	→	°F	°C	→	°F
-10		14,0	50		122,0
-9		15,8	51		123,8
-8		17,6	52		125,6
-7		19,4	53		127,4
-6		21,2	54		129,2
-5		23,0	55		131,0
-4		24,8	56		132,8
-3		26,6	57		134,6
-2		28,4	58		136,4
-1		30,2	59		138,2
0		32,0	60		140,0
1		33,8	61		141,8
2		35,6	62		143,6
3		37,4	63		145,4
4		39,2	64		147,2
5		41,0	65		149,0
6		42,8	66		150,8
7		44,6	67		152,6
8		46,4	68		154,4
9		48,2	69		156,2
10		50,0	70		158,0
11		51,8	71		159,8
12		53,6	72		161,6
13		55,4	73		163,4
14		57,2	74		165,2
15		59,0	75		167,0
16		60,8	76		168,8
17		62,6	77		170,6
18		64,4	78		172,4
19		66,2	79		174,2
20		68,0	80		176,0
21		69,8	81		177,8
22		71,6	82		179,6
23		73,4	83		181,4
24		75,2	84		183,2
25		77,0	85		185,0
26		78,8	86		186,8
27		80,6	87		188,6
28		82,4	88		190,4
29		84,2	89		192,2
30		86,0	90		194,0
31		87,8	91		195,8
32		89,6	92		197,6
33		91,4	93		199,4
34		93,2	94		201,2
35		95,0	95		203,0
36		96,8	96		204,8
37		98,6	97		206,6
38		100,4	98		208,4
39		102,2	99		210,2
40		104,0	100		212,0
41		105,8	101		213,8
42		107,6	102		215,6
43		109,4	103		217,4
44		111,2	104		219,2
45		113,0	105		221,0
46		114,8	106		222,8
47		116,6	107		224,6
48		118,4	108		226,4
49		120,2	109		228,2

$$^{\circ}\text{F} = 9/5 \times ^{\circ}\text{C} + 32$$

°F	→	°C	°F	→	°C
0		-17,8	120		48,9
2		-16,7	122		50,0
4		-15,6	124		51,1
6		-14,4	126		52,2
8		-13,3	128		53,3
10		-12,2	130		54,4
12		-11,1	132		55,6
14		-10,0	134		56,7
16		-8,9	136		57,8
18		-7,8	138		58,9
20		-6,7	140		60,0
22		-5,6	142		61,1
24		-4,4	144		62,2
26		-3,3	146		63,3
28		-2,2	148		64,4
30		-1,1	150		65,6
32		0,0	152		66,7
34		1,1	154		67,8
36		2,2	156		68,9
38		3,3	158		70,0
40		4,4	160		71,1
42		5,6	162		72,2
44		6,7	164		73,3
46		7,8	166		74,4
48		8,9	168		75,6
50		10,0	170		76,7
52		11,1	172		77,8
54		12,2	174		78,9
56		13,3	176		80,0
58		14,4	178		81,1
60		15,6	180		82,2
62		16,7	182		83,3
64		17,8	184		84,4
66		18,9	186		85,6
68		20,0	188		86,7
70		21,1	190		87,8
72		22,2	192		88,9
74		23,3	194		90,0
76		24,4	196		91,1
78		25,6	198		92,2
80		26,7	200		93,3
82		27,8	202		94,4
84		28,9	204		95,6
86		30,0	206		96,7
88		31,1	208		97,8
90		32,2	210		98,9
92		33,3	212		100,0
94		34,4	214		101,1
96		35,6	216		102,2
98		36,7	218		103,3
100		37,8	220		104,4
102		38,9	222		105,6
104		40,0	224		106,7
106		41,1	226		107,8
108		42,2	228		108,9
110		43,3	230		110,0
112		44,4	232		111,1
114		45,6	234		112,2
116		46,7	236		113,3
118		47,8	238		114,4

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times 5/9$$

## 12.5 Curva di saturazione

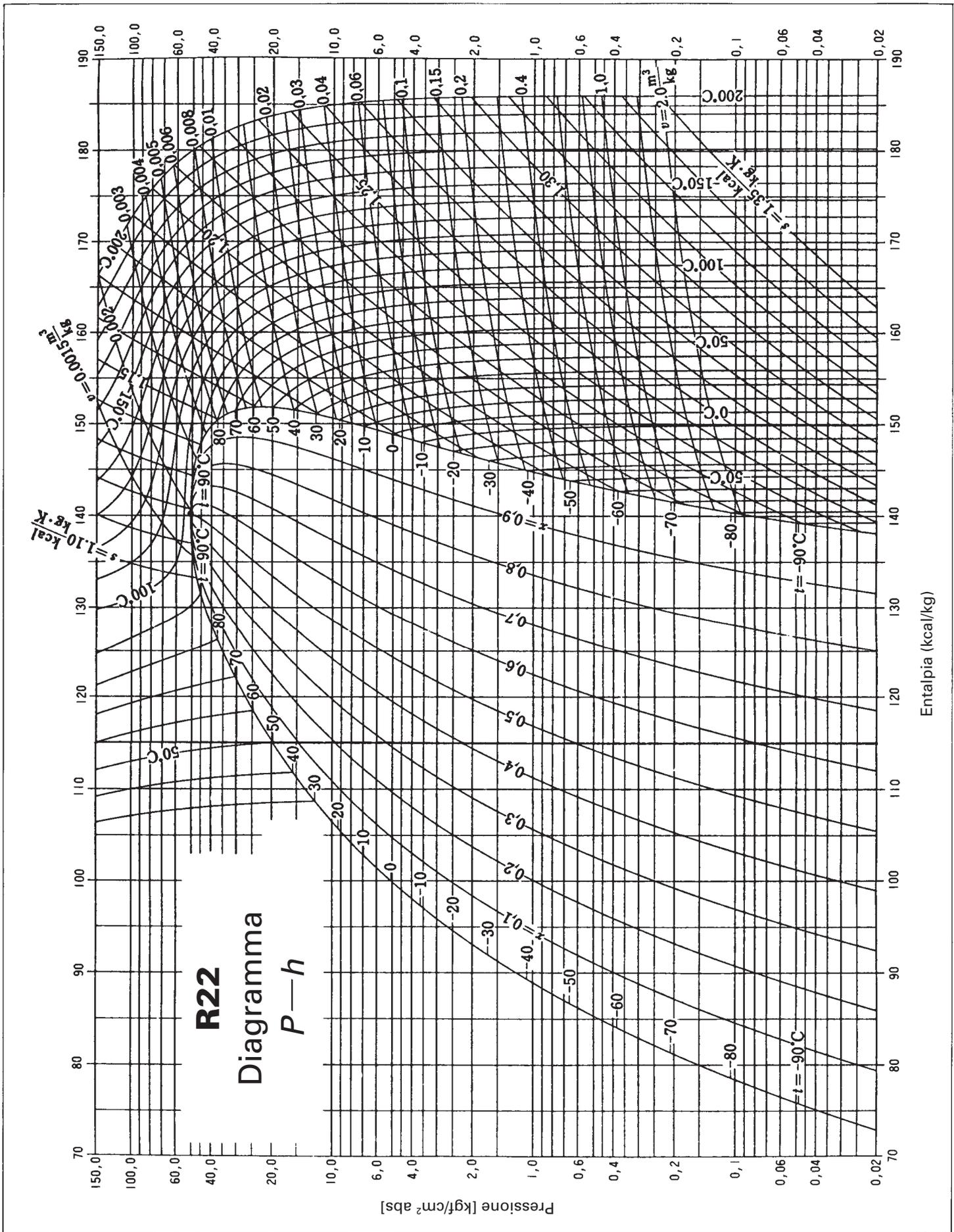


## 12.6 Tabella di saturazione

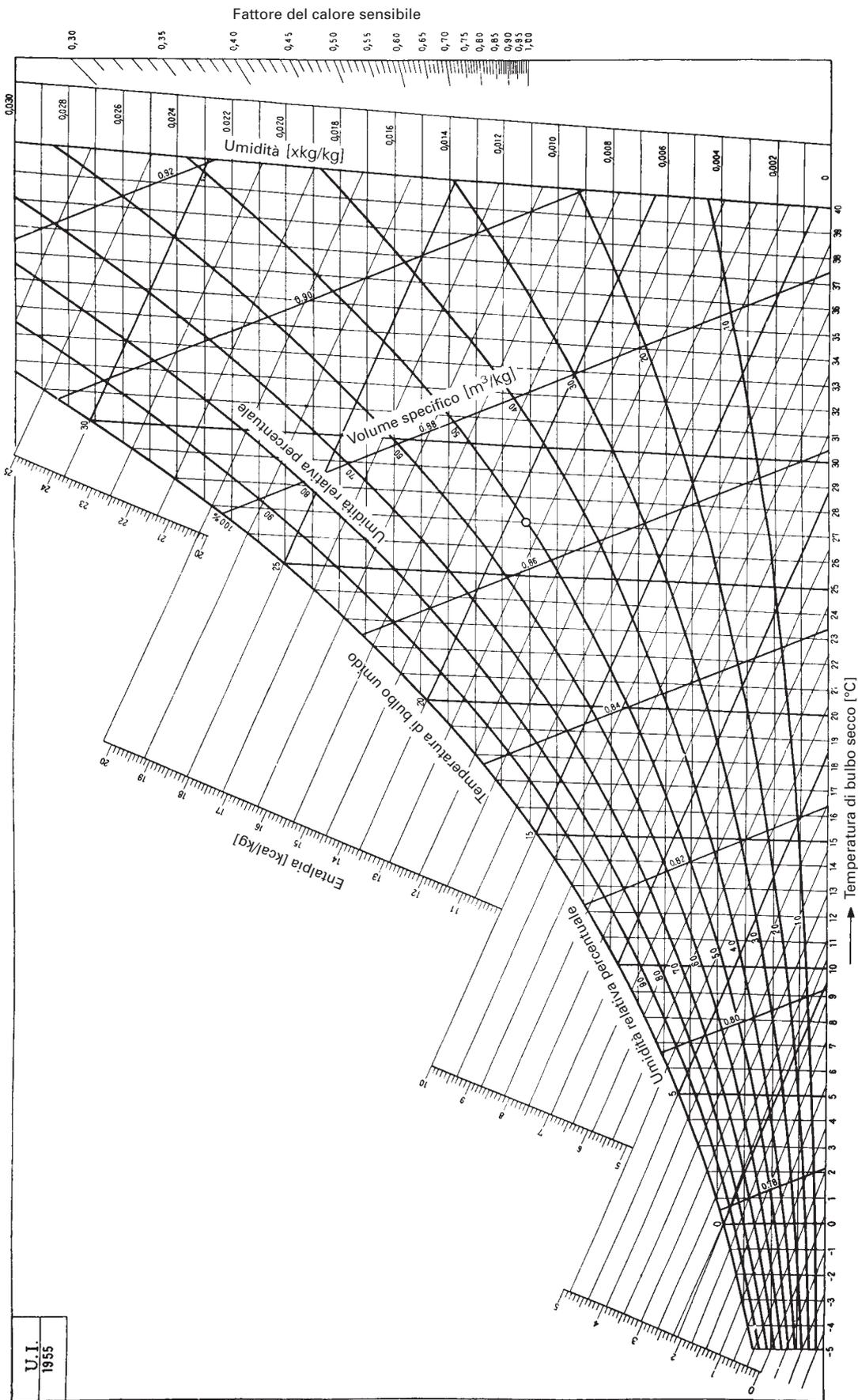
Tabella di saturazione dell'R-22

Press. kgf/cm <sup>2</sup> G	Temp. °C										
0,0	-40,8	5,0	5,4	10,0	26,3	15,0	41,0	20,0	52,6	25,0	62,3
0,1	-38,8	5,1	5,9	10,1	26,7	15,1	41,3	20,1	52,8	25,1	62,5
0,2	-37,0	5,2	6,5	10,2	27,0	15,2	41,5	20,2	53,0	25,2	62,7
0,3	-35,2	5,3	7,0	10,3	27,3	15,0	41,8	20,3	53,2	25,3	62,9
0,4	-33,6	5,4	7,5	10,4	27,7	15,4	42,0	20,4	53,5	25,4	63,0
0,5	-32,0	5,5	8,0	10,5	28,0	15,5	42,3	20,5	53,7	25,5	63,2
0,6	-30,6	5,6	8,5	10,6	28,3	15,6	42,5	20,6	53,9	25,6	63,4
0,7	-29,1	5,7	9,0	10,7	28,6	15,7	42,8	20,7	54,1	25,7	63,6
0,8	-27,8	5,8	9,5	10,8	29,0	15,8	43,0	20,8	54,3	25,8	63,8
0,9	-26,5	5,9	9,9	10,9	29,3	15,9	43,3	20,9	54,5	25,9	63,9
1,0	-25,3	6,0	10,4	11,0	29,6	16,0	43,5	21,0	54,7	26,0	64,1
1,1	-24,1	6,1	10,9	11,1	29,9	16,1	43,8	21,1	54,9	26,1	64,3
1,2	-22,9	6,2	11,4	11,2	30,2	16,2	44,0	21,2	55,1	26,2	64,5
1,3	-21,8	6,3	11,8	11,3	30,6	16,3	44,3	21,3	55,3	26,3	64,6
1,4	-20,7	6,4	12,3	11,4	30,9	16,4	44,5	21,4	55,5	26,4	64,8
1,5	-19,7	6,5	12,7	11,5	31,2	16,5	44,7	21,5	55,7	26,5	65,0
1,6	-18,7	6,6	13,2	11,6	31,5	16,6	45,0	21,6	55,9	26,6	65,1
1,7	-17,7	6,7	13,6	11,7	31,8	16,7	45,2	21,7	56,1	26,7	65,3
1,8	-16,7	6,8	14,1	11,8	32,1	16,8	45,5	21,8	56,3	26,8	65,5
1,9	-15,8	6,9	14,5	11,9	32,4	16,9	45,7	21,9	56,5	26,9	65,7
2,0	-14,9	7,0	14,9	12,0	32,7	17,0	45,9	22,0	56,7	27,0	65,8
2,1	-14,0	7,1	15,4	12,1	33,0	17,1	46,2	22,1	56,9	27,1	66,0
2,2	-13,1	7,2	15,8	12,2	33,3	17,2	46,4	22,2	57,1	27,2	66,2
2,3	-12,3	7,3	16,2	12,3	33,6	17,3	46,6	22,3	57,3	27,3	66,3
2,4	-11,5	7,4	16,6	12,4	33,9	17,4	46,9	22,4	57,5	27,4	66,5
2,5	-10,7	7,5	17,0	12,5	34,2	17,5	47,1	22,5	57,7	27,5	66,7
2,6	-9,9	7,6	17,4	12,6	34,5	17,6	47,3	22,6	57,9	27,6	66,8
2,7	-9,1	7,7	17,8	12,7	34,8	17,7	47,6	22,7	58,1	27,7	67,0
2,8	-8,3	7,8	18,2	12,8	35,0	17,8	47,8	22,8	58,2	27,8	67,2
2,9	-7,6	7,9	18,6	12,9	35,3	17,9	48,0	22,9	58,4	27,9	67,3
3,0	-6,9	8,0	19,0	13,0	35,6	18,0	48,3	23,0	58,6	28,0	67,5
3,1	-6,2	8,1	19,4	13,1	35,9	18,1	48,5	23,1	58,8	28,1	67,7
3,2	-5,5	8,2	19,8	13,2	36,2	18,2	48,7	23,2	59,0	28,2	67,8
3,3	-4,8	8,3	20,2	13,3	36,5	18,3	48,9	23,3	59,2	28,3	68,0
3,4	-4,1	8,4	20,6	13,4	36,7	18,4	49,2	23,4	59,4	28,4	68,2
3,5	-3,4	8,5	21,0	13,5	37,0	18,5	49,4	23,5	59,6	28,5	68,3
3,6	-2,8	8,6	21,3	13,6	37,3	18,6	49,6	23,6	59,8	28,6	68,5
3,7	-2,1	8,7	21,7	13,7	37,6	18,7	49,8	23,7	59,9	28,7	68,7
3,8	-1,5	8,8	22,1	13,8	37,8	18,8	50,0	23,8	60,1	28,8	68,8
3,9	-0,9	8,9	22,5	13,9	38,1	18,9	50,3	23,9	60,3	28,9	69,0
4,0	-0,3	9,0	22,8	14,0	38,4	19,0	50,5	24,0	60,5	29,0	69,1
4,1	0,3	9,1	23,2	14,1	38,6	19,1	50,7	24,1	60,7	29,1	69,3
4,2	0,9	9,2	23,5	14,2	38,9	19,2	50,9	24,2	60,9	29,2	69,5
4,3	1,5	9,3	23,9	14,3	39,2	19,3	51,1	24,3	61,1	29,3	69,6
4,4	2,1	9,4	24,3	14,4	39,4	19,4	51,3	24,4	61,2	29,4	69,8
4,5	2,7	9,5	24,6	14,5	39,7	19,5	51,6	24,5	61,4	29,5	70,0
4,6	3,2	9,6	25,0	14,6	40,0	19,6	51,8	24,6	61,6	29,6	70,1
4,7	3,8	9,7	25,3	14,7	40,2	19,7	52,0	24,7	61,8	29,7	70,3
4,8	4,3	9,8	25,6	14,8	40,5	19,8	52,2	24,8	62,0	29,8	70,4
4,9	4,9	9,9	26,0	14,9	40,8	19,9	52,4	24,9	62,2	29,9	70,6

# 12.7 Diagramma di Mollier



# 12.8 Diagramma psicrometrico



U.I.  
1955

## 12.9 Controllo della qualità dell'acqua

Negli ultimi anni, con lo sviluppo della tecnologia del condizionamento dell'aria, si sono fatti molti progressi nel campo della miniaturizzazione e dell'alleggerimento delle apparecchiature.

Ciò significa che è possibile aumentare l'efficienza del condensatore o di altre parti dove avviene lo scambio di calore dell'acqua. Ma quanto più l'efficienza aumenta tanto più si producono incrostazioni. Non appena si installa un nuovo condizionatore d'aria, è molto importante verificare la qualità dell'acqua e, se necessario, cambiare l'approvvigionamento e la distribuzione dell'acqua o effettuare un trattamento. Questo rappresenta il modo migliore per evitare i problemi inerenti alla qualità dell'acqua.

Se si utilizzano falde idriche come acqua di reintegro della colonna di raffreddamento, si possono verificare frequentemente dei problemi.

Perciò, come acqua di reintegro si deve utilizzare l'acqua di rubinetto.

Anche nel caso di apparecchiature installate, è importante verificare periodicamente la qualità dell'acqua.

### 12.9.1 Punti di prelievo di campioni per analisi della qualità dell'acqua

#### 1. Prelievo dei campioni

(1) Nel caso di un sistema con ricircolazione come una colonna di raffreddamento, si devono prelevare due tipi di acque, vale a dire l'acqua di reintegro (sorgente) e l'acqua di ricircolazione.

Anche se si analizza solo l'acqua di ricircolazione, non si può affermare che l'acqua di reintegro sia in partenza inferiore o che peggiori durante la circolazione.

(2) Il campione deve essere prelevato in sequenza. Se viene prelevato dopo aver sostituito l'acqua, è impossibile formulare un giudizio.

(3) Ciascun volume d'acqua deve essere di 200cc o superiore. Si devono usare contenitori che si rompono difficilmente come quelli di polietilene. (In caso di problemi particolari, è talvolta necessario prelevare oltre 500cc di acqua.)

(4) È necessaria un'analisi locale prima del fatto.

- Il trattamento dell'acqua non è stato ancora fatto?
- Quando è stato fatto e in che modo? Quali sono i nomi dei prodotti chimici usati?
- È stato fatto durante la circolazione forzata? Quanto è il valore di portata?
- Come è stata fatta l'ultima pulitura?
- Qual è stato l'ultimo problema verificatosi?
- Come è l'impianto dell'acqua?
- Vi sono altri punti?

### 12.9.2 Problemi nei sistemi a circolazione d'acqua

Vi sono molti problemi collegati al sistema di circolazione dell'acqua per il condizionamento dell'aria, come quelli relativi agli scambiatori di calore.

Generalmente, i problemi tipici sono quelli relativi alla corrosione, alle incrostazioni e ai fanghi. Talvolta questi problemi si verificano separatamente, ma in molti casi si verificano tutti assieme.

#### 1. Problemi di corrosione

Vi sono due fenomeni causati dall'acqua utilizzata nel condizionamento dell'aria, la corrosione acida e la corrosione neutra. In molti casi, la corrosione acida deriva dalla dissoluzione del gas acido solforoso nell'aria, quando si impiega una colonna di raffreddamento. D'altra parte, la corrosione neutra viene considerata una corrosione di tipo elettrochimico, e la presenza di ossigeno accelera questa reazione. Nei condizionatori d'aria, l'aria e l'acqua sono di solito in contatto, per cui si deve fare attenzione al fatto che l'ossigeno venga fornito completamente.

#### 2. Problemi di incrostazione

I problemi di incrostazione, cioè la formazione di incrostazioni, indicano che alcune sostanze disciolte o sospese nell'acqua si separano o si depositano sulla parte interna di materiali come gli scambiatori di calore nel sistema a circolazione d'acqua. Tra questi vi è la durezza dei componenti, specialmente le incrostazioni di calcio e di silice. Quando si formano, si può avere un peggioramento della trasmissione di calore nello scambiatore di calore, e inoltre, la superficie attraversata dall'acqua dei tubi di trasmissione del calore diminuisce. Per questo motivo, si verificano vari problemi come l'aumento dell'alta pressione nel condensatore, la diminuzione della capacità di raffreddamento o l'aumento della potenza di funzionamento.

Talvolta, sulla superficie del metallo sotto lo strato di incrostazione si può verificare una corrosione per vaiolatura, principalmente a causa della formazione di batterie di concentrazione di ossigeno. Di recente, quando si usano le falde idriche (acqua di pozzo) come acqua di reintegro per le colonne di raffreddamento, si verifica di solito l'aderenza delle incrostazioni al condensatore. Si deve perciò fare molta attenzione.

#### 3. Problemi relativi ai fanghi

Il fango è una miscela di batteri, alghe, polvere nell'aria, ecc. Aderisce sulla parte interna dei tubi del condensatore o sulla parte interna della colonna di raffreddamento per il controllo della trasmissione del calore o del passaggio dell'acqua. Inoltre, come nel caso delle incrostazioni, si verifica la corrosione per vaiolatura sulla superficie del metallo sotto lo strato di fango.

Di solito, l'acqua di raffreddamento nel condensatore presenta condizioni favorevoli per la crescita di microrganismi e talvolta si può osservare la loro efficacia di propagazione. Si deve perciò fare molta attenzione.

**4. Nella seguente tabella viene riassunta la relazione tra come usare l'acqua per il condizionamento dell'aria e i problemi dei sistemi a circolazione d'acqua.**

**Problemi causati dal modo in cui si usa l'acqua**

Come usare		Esempi principali in uso	Acqua di reintegro principale	Cause principali di problemi	Tipos di problemi
Sistema di ricircolazione	Tipo aperto	● Dissipazione del calore nell'atmosfera mediante torre di raffreddamento	Acqua di rubinetto Acqua neutralizzata Acqua industriale	● Influenza dell'inquinamento atmosferico (SO <sub>2</sub> ) ● Dissoluzione di fuliggine, fumi e gas di scarico ● Inclusione di sporcizia e polvere, terra, sabbia, insetti ● Concentrazione di sali disciolti	Problemi di incrostazioni  Problemi di fanghi  Problemi di corrosione
	Tipo semichiuso	● Serbatoio di accumulo di calore in un palazzo d'uffici, ecc. ● Raffreddamento di processi industriali	Idem	● Dissoluzione di ossigeno con inclusione di aria ● Afflusso di altri scarichi ● Liscivia da pareti di calcestruzzo ● Introduzione di acqua di sorgente ● Propagazione di batteri	
	Tipo chiuso	● Unità di refrigerazione dell'acqua ● Sezione termoventilante	Idem	● Vi è un piccolo inquinamento e il numero di problemi è il più basso.	
Sistema transitorio		● Dopo aver estratto l'acqua da un pozzo e averla utilizzata per un sistema raffreddato ad acqua (pompa di calore), scaricarla.	Falda idrica	● Aderenza di incrostazioni dure come silice, componenti delle acque dure, ecc. ● Corrosione mediante bolle	

**12.9.3 Controllo della qualità dell'acqua**

**1. Livello di riferimento per la qualità dell'acqua**

La qualità dell'acqua utilizzata come acqua di raffreddamento e acqua refrigerata o calda di apparecchiature di refrigerazione e condizionamento dell'aria viene stabilita nel modo seguente.

**Livello di riferimento per la qualità dell'acqua**

Elementi	* 1 Acqua di raffreddamento		Acqua refrigerata o calda		Tendenza a	
	Acqua di raffreddamento nel sistema transitorio o di ricircolazione	Acqua di reintegro alla colonna di raffreddamento	Acqua refrigerata o calda nel sistema di ricircolazione	Acqua di reintegro	Corrosione	Formazione di incrostazioni
pH (25°C)	* da 6,5 a 8,0	* da 6,0 a 8,0	* da 6,5 a 8,0	* da 6,5 a 8,0	○	○
Conduttività (25°C μS/cm)	800 e inferiore	200 e inferiore	500 e inferiore	200 e inferiore	○	
Alcalinità (PPM)	100 e inferiore	50 e inferiore	100 e inferiore	50 e inferiore		○
Durezza totale (PPM)	200 e inferiore	50 e inferiore	100 e inferiore	50 e inferiore		○
Ione cloro (PPM)	200 e inferiore	50 e inferiore	100 e inferiore	50 e inferiore	○	
Ione acido solforico (PPM)	200 e inferiore	50 e inferiore	100 e inferiore	50 e inferiore	○	
Ferro totale (PPM)	1,0 e inferiore	0,3 e inferiore	1,0 e inferiore	0,3 e inferiore	○	○
Ione zolfo (PPM)	Non rilevabile	Non rilevabile	Non rilevabile	Non rilevabile	○	
Ione ammonio (PPM)	1,0 e inferiore	0,2 e inferiore	0,5 e inferiore	0,2 e inferiore	○	
Silice (PPM)	50 e inferiore	30 e inferiore	50 e inferiore	30 e inferiore		○
Acido carbonico libero (PPM)	* 3	* 3	10 e inferiore	10 e inferiore	○	

**(Nota 1)** \*1 I livelli di riferimento per l'acqua di raffreddamento e per l'acqua di reintegro alla colonna di raffreddamento sono in conformità con la proposta di revisione dello standard JRA. (JRA è l'abbreviazione di JRAIA, cioè l'Associazione industriale giapponese di refrigerazione e condizionamento dell'aria.)

\*2 Il valore di pH della sola acqua di reintegro varia da 6,0 a 8,0. La ragione è che, nel caso di falde idriche o altro, anche se il valore di pH diminuisce temporaneamente a causa della dissoluzione del biossido di carbonio, aumenterà durante l'utilizzo dell'acqua in circolazione nella colonna di raffreddamento.

\*3 Nello standard JRA, l'acido carbonico libero, il manganese, il cloro residuo e gli altri elementi non sono inclusi negli elementi del livello di riferimento poiché i loro valori permessi da un punto di vista quantitativo in relazione ad incidenti non sono molto chiari, ma risulta evidente che agiscono come fattori di corrosione.

**(Nota 2)** Ogni elemento dei livelli di riferimento è relativo ai problemi di corrosione o di incrostazione. Anche se un solo elemento è in opposizione alla norma, l'acqua viene considerata come tendente a generare corrosione o incrostazioni. Perciò, questi elementi devono essere controllati periodicamente.

**(Nota 3)** L'intervallo di qualità dell'acqua che è possibile utilizzare dopo trattamento varia a seconda della sostanza chimica immessa nell'acqua. Quindi, non è riportato in questa tabella. Sotto la guida di uno specialista nel trattamento dell'acqua, è possibile stabilire il giusto livello di qualità dell'acqua ed eseguire controlli periodici.

## 2. Controllo della qualità dell'acqua nel caso si utilizzi una colonna di raffreddamento per l'acqua di raffreddamento

### ■ Sommario

In una colonna di raffreddamento con sistema di ricircolazione aperto, circa l'1% dell'acqua di ricircolazione evapora e la temperatura dell'acqua viene diminuita dal calore latente di questa evaporazione, per utilizzo come acqua di raffreddamento. Perciò, è necessaria in continuazione dell'acqua di reintegro. E i componenti dell'acqua trasportati dall'acqua di reintegro si concentreranno sempre di più.

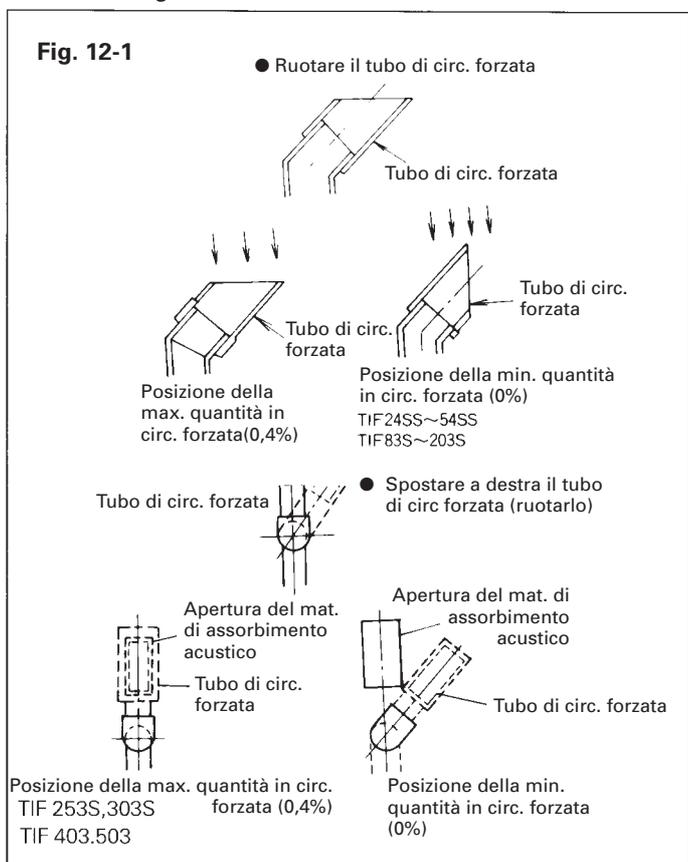
Inoltre, il gas acido solforoso, gli ossidi di azoto, il gas ammoniacale, il gas acido solfidrico e gli altri gas vengono trasportati dall'aria fresca e si concentreranno nell'acqua con conseguente peggioramento della qualità di quest'ultima. Vi sono molti esempi di questo tipo. Si deve perciò fare attenzione.

Le colonne di raffreddamento prodotte dalla nostra società adottano, per tutti i tipi, dispositivi di circolazione forzata in modo che l'acqua possa essere automaticamente sostituita.

Si fa quindi in modo che una parte dell'acqua di ricircolazione sia continuamente scaricata. Mediante regolazione, si può garantire una quantità in circolazione forzata compresa tra 0 e 0,4%. Perciò, quando si utilizza una colonna di raffreddamento dove è impossibile la circolazione forzata, è necessario sostituire periodicamente l'intera acqua di ricircolazione.

### ■ Come regolare la circolazione forzata

Come regolare il tubo di circolazione forzata che varia più o meno a seconda del tipo di colonna di raffreddamento. Nel modo seguente.



### ■ Pratica prioritaria di analisi dell'acqua

Per prima cosa analizzare la quantità di acqua di reintegro fornita alla colonna di raffreddamento per verificare se è opportuno usarla.

Il livello di riferimento della qualità dell'acqua di reintegro deve conformarsi ai valori della colonna della tabella "acqua di reintegro alla colonna di raffreddamento".

### ■ Se la qualità dell'acqua non è ritenuta sufficiente in seguito all'analisi dell'acqua, conformarsi ad uno dei due punti seguenti.

- Scegliere l'acqua di rubinetto della miglior qualità come acqua di reintegro.
- Se si sceglie un'acqua diversa da quella di rubinetto, consultare il più vicino concessionario Daikin o uno specialista nel trattamento dell'acqua.

### ■ Controllo della qualità dell'acqua di ricircolazione

Sebbene l'acqua di rubinetto venga adottata come acqua di reintegro, esistono differenti tipi di acque con valori di composizione diversi. Per questa ragione, analizzare la qualità dell'acqua di reintegro e calcolare per ogni elemento quanti multipli di concentrazione sono necessari per raggiungere il livello di riferimento per la qualità dell'acqua di raffreddamento di ricircolazione. Infine, il valore più basso viene fissato come multiplo di concentrazione possibile. Vengono riportate qui sotto le velocità di circolazione forzata in funzione dei multipli di concentrazione.

Multiplo di concentrazione	Velocità di circ. forzata (%)	Quantità d'acqua in circ. forzata (per colonna di raffreddamento da 10 t)
2,0	0,8	0,96/1,04 ℓ/min
2,5	0,5	0,6 /0,65 ℓ/min
3,0	0,35	0,42/0,46 ℓ/min
3,5	0,26	0,31/0,34 ℓ/min
4,0	0,2	0,24/0,24 ℓ/min

### (Nota)

Il multiplo di concentrazione (N) viene calcolato mediante la seguente espressione.

$$N = \frac{E + B + W}{B + W}$$

Dove,

- E: Portata d'acqua persa per evaporazione alla portata d'acqua di ricircolazione (di solito 0,9%)
- B: Portata d'acqua in circolazione forzata alla portata d'acqua di ricircolazione (regolabile da 0 a 0,4%)
- W: Portata d'acqua persa per diffusione alla portata d'acqua di ricircolazione (di solito 0,1%)

### ■ Se, in seguito all'analisi dell'acqua, la qualità dell'acqua viene ritenuta soddisfacente, anche in questo caso prendere in considerazione i seguenti punti.

- **Ispezione periodica dell'acqua di ricircolazione**  
L'ispezione della qualità dell'acqua di ricircolazione della colonna di raffreddamento deve essere effettuata una o due volte al mese.

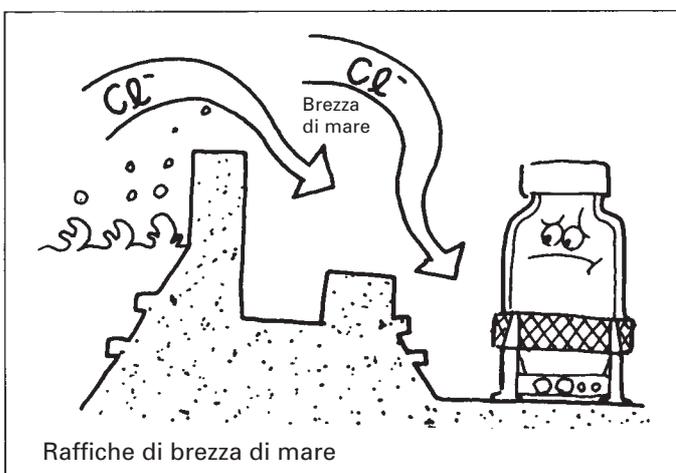
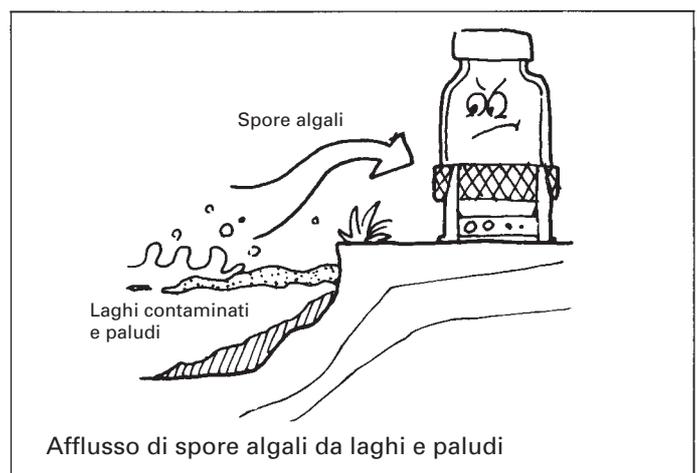
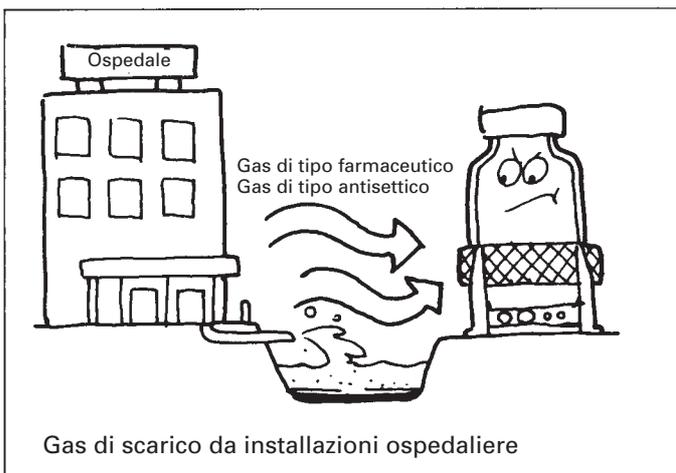
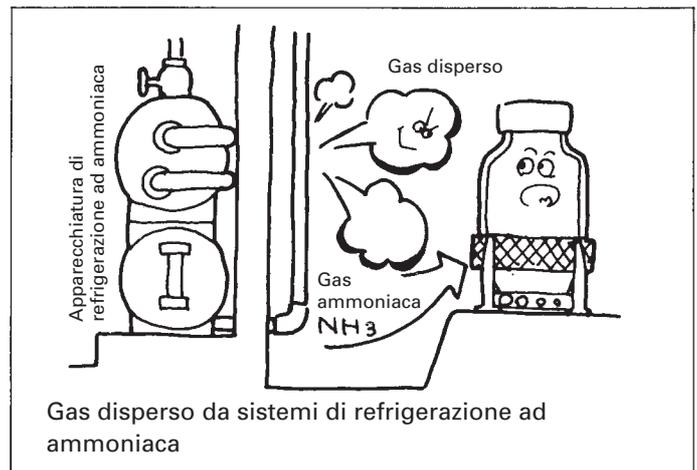
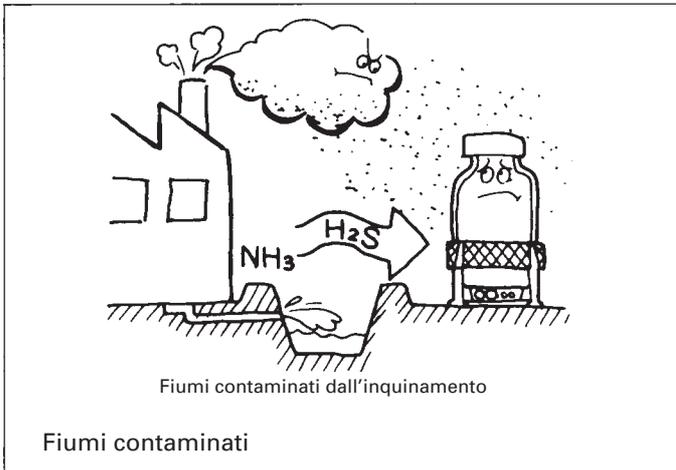
Verificare i due punti seguenti:

- pH (concentrazione dello ione idrogeno)
- Conduttività

## 12.9.4 Misure contro la corrosione o gli incidenti di perforazione

### 1. Qualità dell'acqua

L'acqua che passa attraverso uno scambiatore di calore, una colonna di raffreddamento o una tubazione d'acqua deve conformarsi al livello di riferimento per la qualità dell'acqua. Anche se a prima vista l'acqua è chiara e trasparente, ed è potabile, talvolta è inadatta alla refrigerazione e al condizionamento dell'aria. Perciò, è necessario rendersi chiaramente conto della qualità dell'acqua per mezzo di analisi e verificare che sia conforme al livello di riferimento.

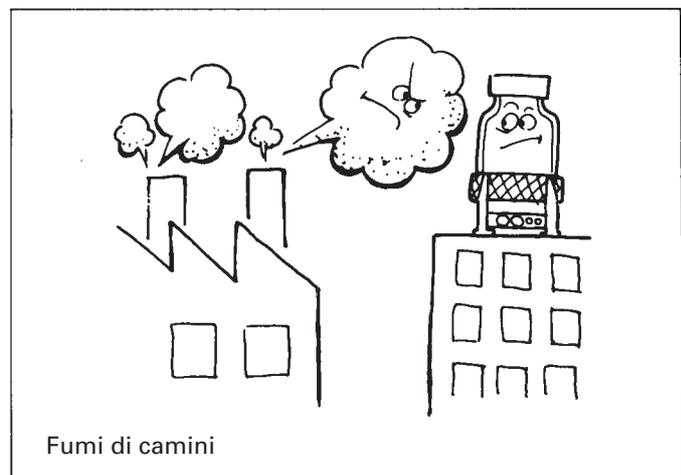
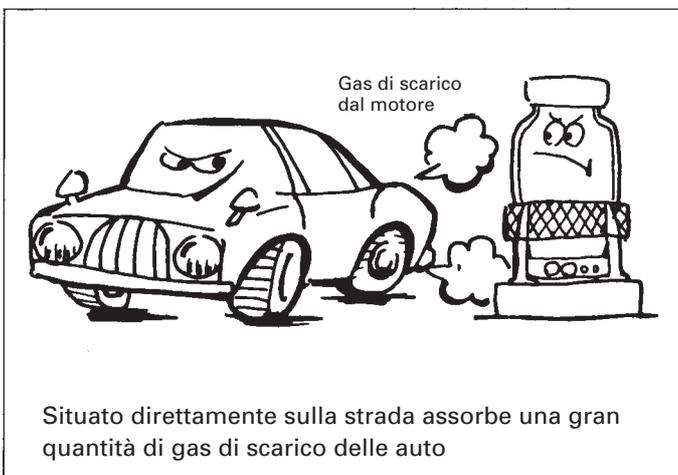
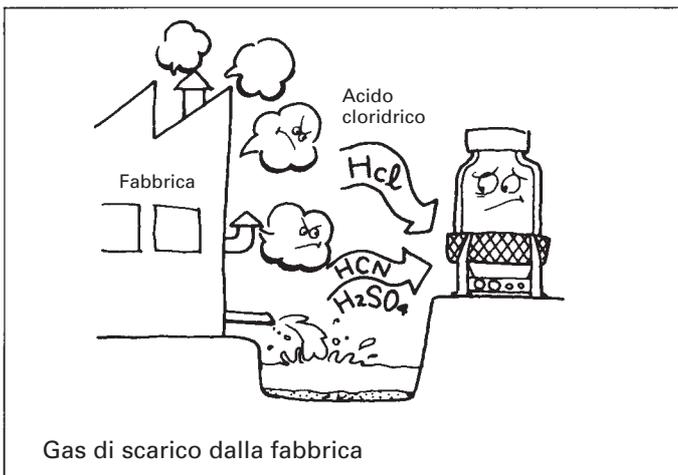
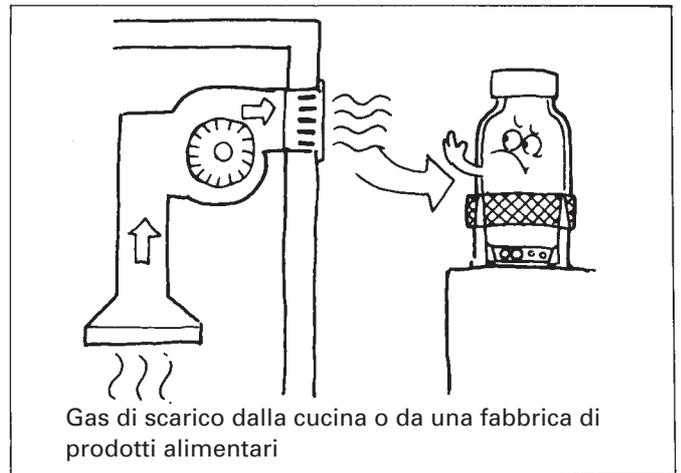
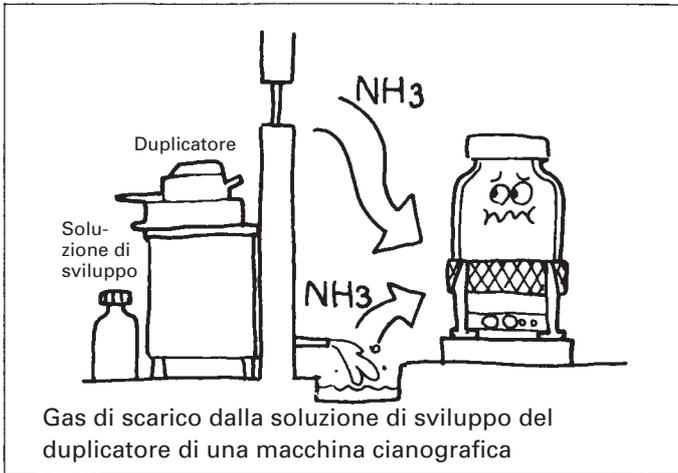


**●acqua della colonna di raffreddamento**

Se si usa una colonna di raffreddamento per la circolazione dell'acqua, è necessario prendere in considerazione la contaminazione dell'aria e la concentrazione della miscela di componenti.

L'installazione della colonna di raffreddamento non è adatta nei posti indicati qui sotto.

Inoltre, quando il multiplo di concentrazione dell'acqua della colonna di raffreddamento non è stato ancora trattato, è necessaria una circolazione forzata pari allo 0,2-0,4% della quantità d'acqua di ricircolazione in modo che il multiplo non sia superiore di tre o quattro volte.





#### 4. Portata dell'acqua

La corrosione delle tubazioni varia a seconda della portata dell'acqua. È necessario usare una portata vicina al valore nominale. Generalmente questo limite viene fissato nel modo seguente.

Da 1 m/sec a 3 m/sec (per grandi diametri dei tubi 4 m/sec o inferiore).

Per garantire una portata adeguata, fare attenzione ai seguenti punti.

- Adoperare una pompa dalla capacità adatta.
- Far scorrere l'acqua al valore nominale di portata, regolando la portata per mezzo della valvola d'arresto collocata sul lato di mandata della pompa. In molti casi, il flussometro non è installato nella tubazione dell'acqua. Chiudere quindi la valvola d'arresto e verificare la curva delle prestazioni della pompa mediante il manometro collocato tra la pompa dell'acqua e la valvola d'arresto.
- Se una pompa distribuisce acqua a due o più apparecchiature, si deve fare attenzione alla resistenza e al trascinamento nella tubazione dell'acqua. E a seconda dello stato di apertura e chiusura (ON/OFF) della valvola d'arresto di un'altra apparecchiatura, talvolta la portata dell'acqua dell'apparecchiatura restante cambia bruscamente o diventa anormale.
- Nella tubazione dell'acqua non si deve installare una valvola a solenoide. Se si lascia scorrere l'acqua rapidamente con la valvola a solenoide aperta, o se si passa rapidamente dallo stato di apertura a quello di chiusura, si verifica il martellamento dell'acqua con conseguente vibrazione dei tubi.
- Di solito vengono installati termometri all'entrata e all'uscita dello scambiatore di calore. È possibile in questo modo controllare la contaminazione dei tubi o regolare la portata dell'acqua.

#### 5. Corrosione elettrolitica

Per evitare la corrosione elettrolitica, non mettere a massa sulla tubazione il cavo di un altro impianto elettrico.

Quando i tubi sono interrati, si devono prendere precauzioni contro la ruggine.

#### 6. Perforazioni a causa del gelo

Quando la temperatura esterna scende al di sotto di 0°C, si possono verificare perforazioni a causa del gelo.

Installando un dispositivo di drenaggio nella parte più bassa della tubazione dell'acqua, è necessario estrarre l'acqua o prendere altri provvedimenti.

### 12.9.5 Misure preventive contro le incrostazioni e i fanghi

#### 1. Qualità dell'acqua

- Per il controllo della qualità dell'acqua è necessario utilizzare il livello di riferimento menzionato in precedenza. In generale, la corrosione e l'attitudine alla separazione sono in relazione tra loro. Si preferisce controllare la qualità dell'acqua per quanto riguarda la formazione di incrostazioni (alcalinità dell'acqua) piuttosto che la tendenza alla corrosione (acidità dell'acqua).  
La ragione di ciò è che le incrostazioni che si separano controllano la crescita della corrosione sulla superficie metallica. Sono quindi efficaci il controllo del pH, il controllo della portata della colonna di raffreddamento, l'aggiunta di inibitori di incrostazioni, l'addolcimento con resine a scambio ionico, ecc.
- Per inibire la separazione di fanghi generati da batteri o alghe, si aggiunge un inibitore di fanghi o non si fa penetrare in modo diretto la luce del sole.
- L'uso di tubi di PVC o con rivestimento interno è efficace nel prevenire la formazione di acque rossastre, ma si può comunque verificare una certa degradazione.

#### 2. Acqua di reintegro

Utilizzare acqua potabile per l'acqua di reintegro della colonna di raffreddamento. Le acque freatiche (acqua di pozzo) hanno maggiore tendenza alla formazione di incrostazioni, per cui non vanno usate come acque di reintegro.

#### 3. Portata dell'acqua

Per quanto riguarda la corrosione, è preferibile non usare portate estremamente elevate, mentre per quanto riguarda la formazione di incrostazioni è preferibile non usare portate molto basse.

Oggetto	Portata limite	Note
Tubo di raffreddamento	da 0,6 a 3 m/s o inferiore	
Tubo	da 1 a 4 m/s o inferiore	

### 12.9.6 Pulitura delle incrostazioni

#### 1. Introduzione

È necessario pulire regolarmente (in ogni stagione) o praticare un trattamento anticorrosione per facilitare la circolazione dell'acqua o prevenire la formazione di incrostazioni, depositi e corrosione.

#### 2. Punti principali

Per la pulizia, si possono utilizzare pulitori o spazzole. L'uso di pulitori si chiama purificazione chimica. Ciascuno di questi metodi presenta vantaggi e inconvenienti. Il modo di pulitura da usare deve essere scelto in base al tipo di incrostazioni, lo stato dell'officina, il tipo di apparecchiature, i costi di manutenzione, ecc.

A seconda del tipo di scambiatore di calore, vi è unicamente il modo di pulitura per via chimica.

### ■ Vantaggi e inconvenienti dei pulitori chimici

- La selettività delle incrostazioni è alta e quasi tutte possono essere rimosse, se il pulitore chimico viene scelto in modo preciso. D'altra parte, se si commette un errore nella scelta, non è possibile eliminare l'incrostazione e si può verificare una corrosione anormale.
- In alcuni casi, dopo la pulitura è necessario un trattamento neutralizzante dello scarico.
- È possibile persino pulire apparecchiature di grande capacità in tempi brevi.
- È possibile persino pulire un impianto dell'acqua assai complesso.
- Con i pulitori chimici fare attenzione alla corrosione metallica.
- In genere questo modo è troppo costoso.

### ■ Vantaggi e inconvenienti della pulitura con spazzole

- La selettività delle incrostazioni è bassa e non è possibile eliminare le incrostazioni molto dure.
- Si tratta quasi unicamente di lavoro fisico e il dispendio personale è troppo alto.
- Nel caso di circuiti d'acqua complessi o di tipo chiuso, non è possibile inserire una spazzola, per cui non è possibile pulire.
- Dato che non si utilizzano pulitori chimici, non vi sono rischi di inquinamento dello scarico.
- In genere questo modo è poco costoso.
- Si può osservare direttamente il risultato della pulitura.

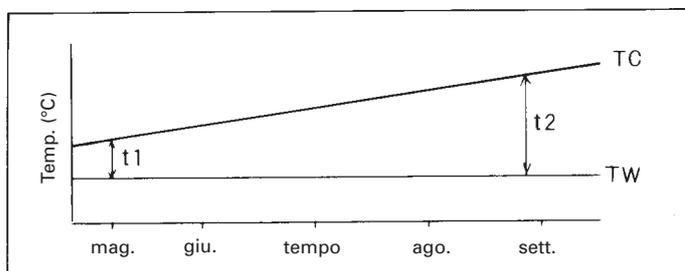
### 3. La pulizia è necessaria oppure?

Vi sono diversi modi per giudicare la formazione di incrostazioni, ma un modo sicuro è rappresentato dal grado di diminuzione dell'efficienza dello scambio termico. Vale a dire durante il funzionamento a pieno carico del sistema di raffreddamento (refrigerazione), "la temperatura di uscita dell'acqua di raffreddamento entrante nel condensatore", viene confrontata con "la temperatura di condensazione del refrigerante". E quindi questa differenza viene confrontata con il valore al momento della pulitura del tubo di raffreddamento.

Infine, si osserva di quanto è aumentato il precedente valore.

Temperatura di condensazione del refrigerante: si determina mediante conversione della temperatura di saturazione del refrigerante dalla pressione indicata sul manometro della parte alta.

Il punto di forza è che entrambe le differenze di temperatura sono quasi costanti, anche se la portata dell'acqua di raffreddamento varia più o meno. Vi è una minor tendenza a formulare giudizi erronei.



Vengono forniti: TC: Temperatura di condensazione.  
TW: Temp. dell'acqua di raffreddamento all'uscita del condensatore.  
t1: Differenza di temp. con il tubo di raffreddamento pulito.  
t2: Differenza di temp. con aderenza di incrostazioni.

Non restare sorpresi all'arresto improvviso del dispositivo di funzionamento del raffreddamento (refrigerazione) anche se l'interruttore di alta pressione non funziona. È necessario quindi esaminare l'aumento di "t2 - t1" e pulire in anticipo le incrostazioni. In genere quando "t2 - t1" supera i 3-5°C, è necessario pulire.

### 4. Pulizia

Il modo più semplice e più sicuro è di osservare direttamente lo stato di rimozione delle incrostazioni. Ma, in molti casi, è impossibile una conferma visuale poiché i più recenti scambiatori di calore di un dispositivo di raffreddamento (refrigerazione) hanno una struttura ermetica o assai complessa. È perciò importante fare un confronto prima e dopo la pulizia, nel modo indicato nel paragrafo 3. Se si trascura ciò (conferma del risultato della pulizia), anche se l'alta pressione viene diminuita per motivi diversi dalla formazione di incrostazioni, si potrebbe considerare sbagliato il metodo di pulizia. Inoltre, il modo di giudicare lo stato di aderenza delle incrostazioni solo mediante l'alta pressione non è adatto poiché lo stato cambia in funzione della temperatura o della portata dell'acqua di raffreddamento.

## 5. Come scegliere i pulitori chimici

Un fattore importante è la scelta del pulitore chimico adatto a seconda del tipo di incrostazioni. In realtà, l'analisi di incrostazioni complesse deve essere effettuata dalla Daikin S.S. o da uno specialista nel trattamento dell'acqua.

### Esempi di pulitori chimici

Tipo di incrostazione	Marca	Produttore	Concentrazione	Tempo necessario per la pulizia
Incrostazioni fangose	Clean-star HP	Kurita Ind.	10%	da 15 a 30 min.
Incrostazioni dure (soprattutto componenti duri)	Clean-star B-111 Clean-star B-114 Clean-star SP	Kurita Ind.	10%	da 30 min. a 2 h.
Incrostazioni di ossido di ferro	Clean-star EP	Kurita Ind.	10%	da 30 min. a 2 h.
Incrostazioni di silice	Clean-star AP Clean-star B-114	Kurita Ind.	da 10 a 20%	da 6 a 24 h. da 2 a 3 h.
Ruggine con calcio	SS-2	Showa Ind.	10%	4 h.
Incrostazioni di calcio	New Neolux	Showa Ind.	10%	4 h.
Incrostazioni di silicato di calcio	SS-2 Super	Showa Ind.	10%	24 h.
Incrostazioni di silice	Show Cleaner 1000 Show Cleaner 1002	Showa Ind.	da 5 a 10%	4 h.
Ruggine	Show Cleaner N	Showa Ind.	da 10 a 20%	4 h.
Fanghi	Show Cleaner SS-100 Show Cleaner SS-106 Show Cleaner SS-130	Showa Ind.	da 10 a 20%	4 h.

Per il trattamento, consultare le istruzioni.

## 6. Esempi di insuccessi nella pulizia

■ Con incrostazioni dure composte da più di due tipi complessi, si senta a volte dire: "Nonostante avessimo pulito, i pulitori chimici non erano efficaci." Questo perché l'analisi della qualità dell'acqua o delle incrostazioni non è stata fatta in anticipo o non vi sono prodotti chimici adatti o tempo a sufficienza per la pulizia.

● Si è verificata un'aderenza di incrostazioni bianche, per cui si è ritenuto che fosse silice e si è quindi utilizzato un pulitore specializzato. Ma in realtà, il componente principale dell'incrostazione era il calcio, e si è quindi formato un deposito tenace di fluoruro di calcio, rendendo la pulitura estremamente difficile.

■ Il condensatore è stato perforato.

In genere le cause sono le seguenti.

● A causa di un utilizzo troppo lungo, lo spessore della parete del tubo di raffreddamento è diminuito. Per questa ragione, una volta tolta l'incrostazione, è stato trovato un foro.

- Poiché il lavaggio con acqua per la neutralizzazione dopo la pulitura era insufficiente, la soluzione di pulitura restante aveva corrosato il tubo perforandolo.
- Durante la pulitura, la portata era troppo elevata, per cui il tubo di raffreddamento è stato perforato. Nota) La portata, durante la pulizia, non deve superare 3 m/sec.
- A causa dell'utilizzo di forti agenti chimici e un tempo inadatto, il tubo di raffreddamento è stato perforato.
- A causa dell'impossibilità di arrestare il dispositivo di raffreddamento (refrigerazione), è stato introdotto un prodotto chimico nel serbatoio della colonna di raffreddamento per pulire e questo ha causato i seguenti insuccessi.
- Poiché questo fatto è stato dimenticato negligenzemente, il tubo di raffreddamento è stato perforato a causa di un eccesso di pulizia.
- Il pulitore è stato disperso in tutte le direzioni dal ventilatore della torre di raffreddamento ed ha danneggiato i prodotti agricoli tutt'intorno.

## 7. Manutenzione preventiva della tubazione di raffreddamento dell'apparecchiatura di acqua refrigerata (Condizionatori d'aria monoblocco e unità di refrigerazione dell'acqua di grandi dimensioni)

Se la manutenzione preventiva della tubazione di raffreddamento è insufficiente, vi è il rischio di corrosione o che i tubi vengano perforati. Se si dovesse verificare un incidente, si avrebbe una fuoriuscita di refrigerante all'esterno dell'apparecchiatura e quindi l'acqua vi entrerebbe. Come conseguenza si avranno costi di riparazione elevati. Allo scopo di evitare un tale incidente, è necessario un controllo della qualità dell'acqua e un'ispezione mediante rivelatore di difetti con correnti parassite.

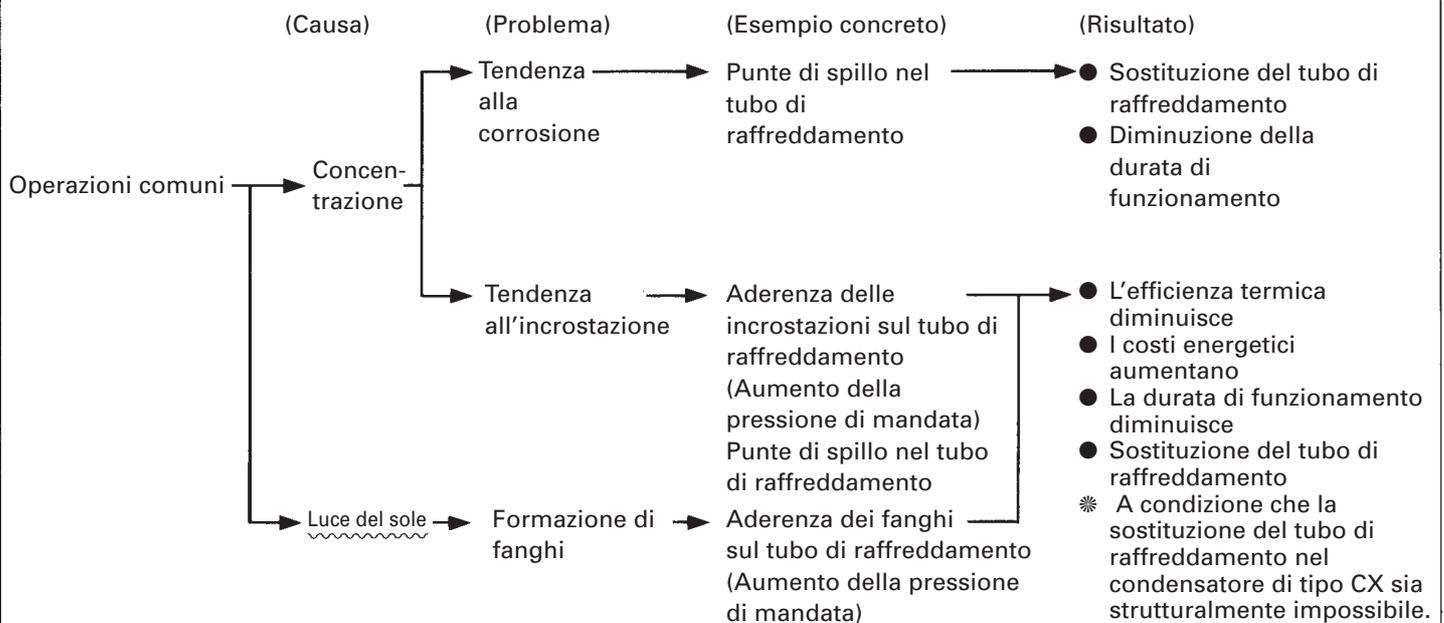
### (1) Controllo della qualità dell'acqua

© Problemi nell'impianto dell'acqua di raffreddamento. L'acqua di raffreddamento in una colonna di raffreddamento con sistema a ricircolazione aperta,

diminuisce la sua temperatura mediante il calore latente di evaporazione. L'acqua evaporata e i sali disciolti (i componenti duri, lo ione cloro, lo ione acido solforico, ecc.) aumentano. Per cui si verifica il fenomeno di concentrazione dell'acqua con conseguente lento peggioramento della qualità dell'acqua. Inoltre, nella colonna di raffreddamento, l'acqua e l'aria sono di solito in contatto. Perciò, i gas corrosivi (l'acido solforoso) o le impurezze (polvere, sabbia, ecc.) presenti nell'aria si mescolano nella colonna di raffreddamento. Si ha quindi un ulteriore peggioramento della qualità dell'acqua.

Si verificano frequentemente problemi connessi con la qualità dell'acqua. Per esempio, **la corrosione, l'aderenza di incrostazioni e la formazione di fango** sono dei fenomeni tipici.

Fig. 12-2 Processo di formazione di problemi



© Controllo della circolazione forzata dell'acqua di raffreddamento

Per evitare la variazione di pH e la concentrazione di fattori di corrosione e di incrostazioni nell'acqua di raffreddamento, è necessaria una circolazione (scambio) forzata dell'acqua di raffreddamento.

In genere, vi sono due modi:

- ① Circolazione forzata continua manuale
- ② Circolazione forzata automatica

© Trattamento dell'acqua mediante prodotti chimici

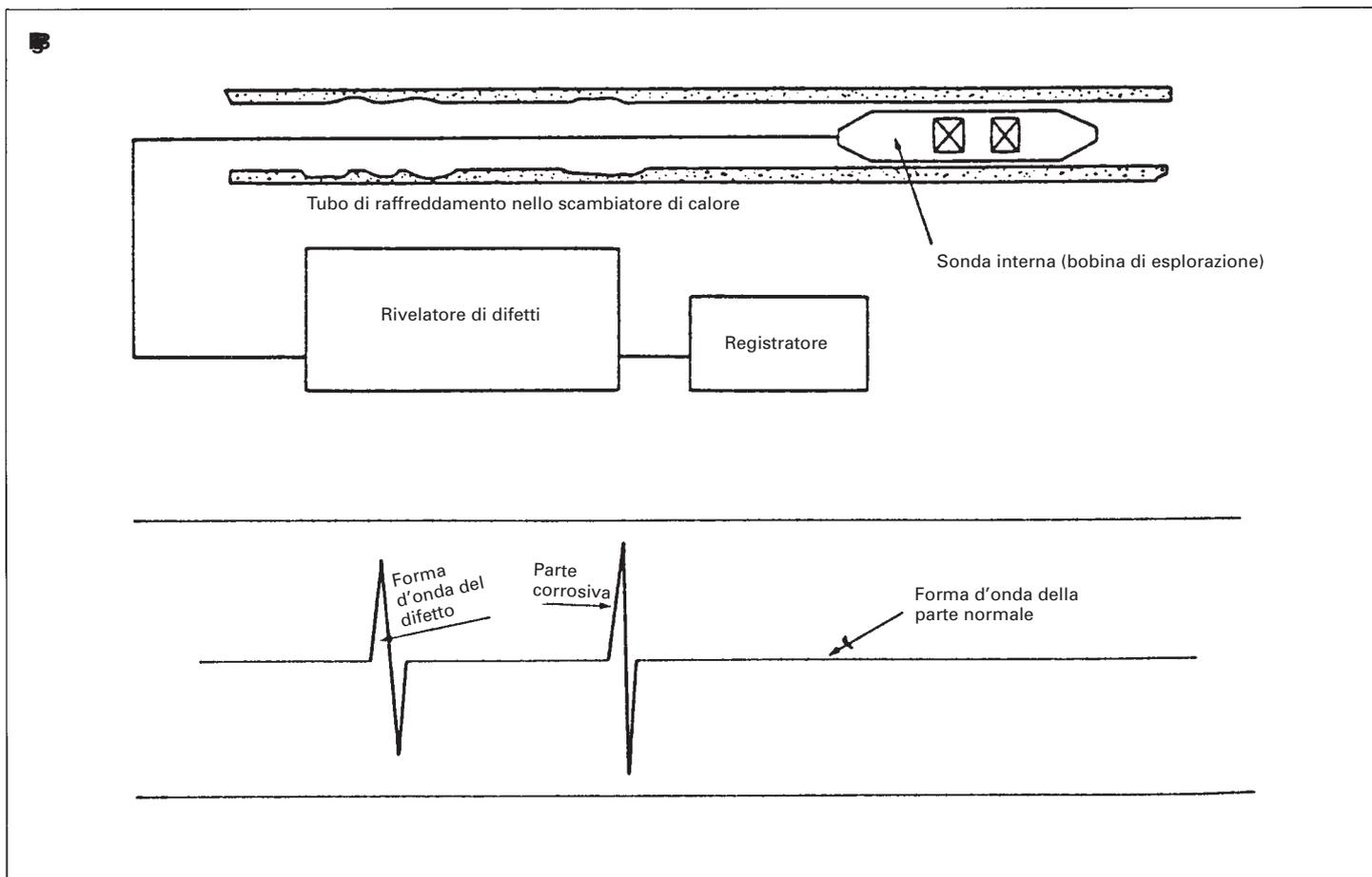
Per motivi di economicità dell'acqua e di trattamento automatico dell'acqua, vi è un uso pratico di prodotti chimici.

⌘ Ispezione dei tubi di raffreddamento

L'ispezione mediante rivelatore di difetti con correnti parassite determina la presenza di usura, danni e corrosione prodotti all'interno e all'esterno della tubazione di raffreddamento dello scambiatore di calore, e permette di evitare gli incidenti causati da danni alla tubazione di raffreddamento.

Come funziona un rivelatore di difetti con correnti parassite?

"Quando un conduttore si trova in un campo magnetico a corrente alternata, nel conduttore si produce una corrente parassita. Questa corrente cambia con lo stato della parte interna del conduttore." Applicando questo principio, si può evidenziare la presenza di corrosione, usura o danni. La Daikin, in qualità di produttore specializzato nei refrigeratori e condizionatori d'aria, effettua l'ispezione per mezzo del rivelatore di difetti con correnti parassite, utile per la manutenzione preventiva della tubazione di raffreddamento.



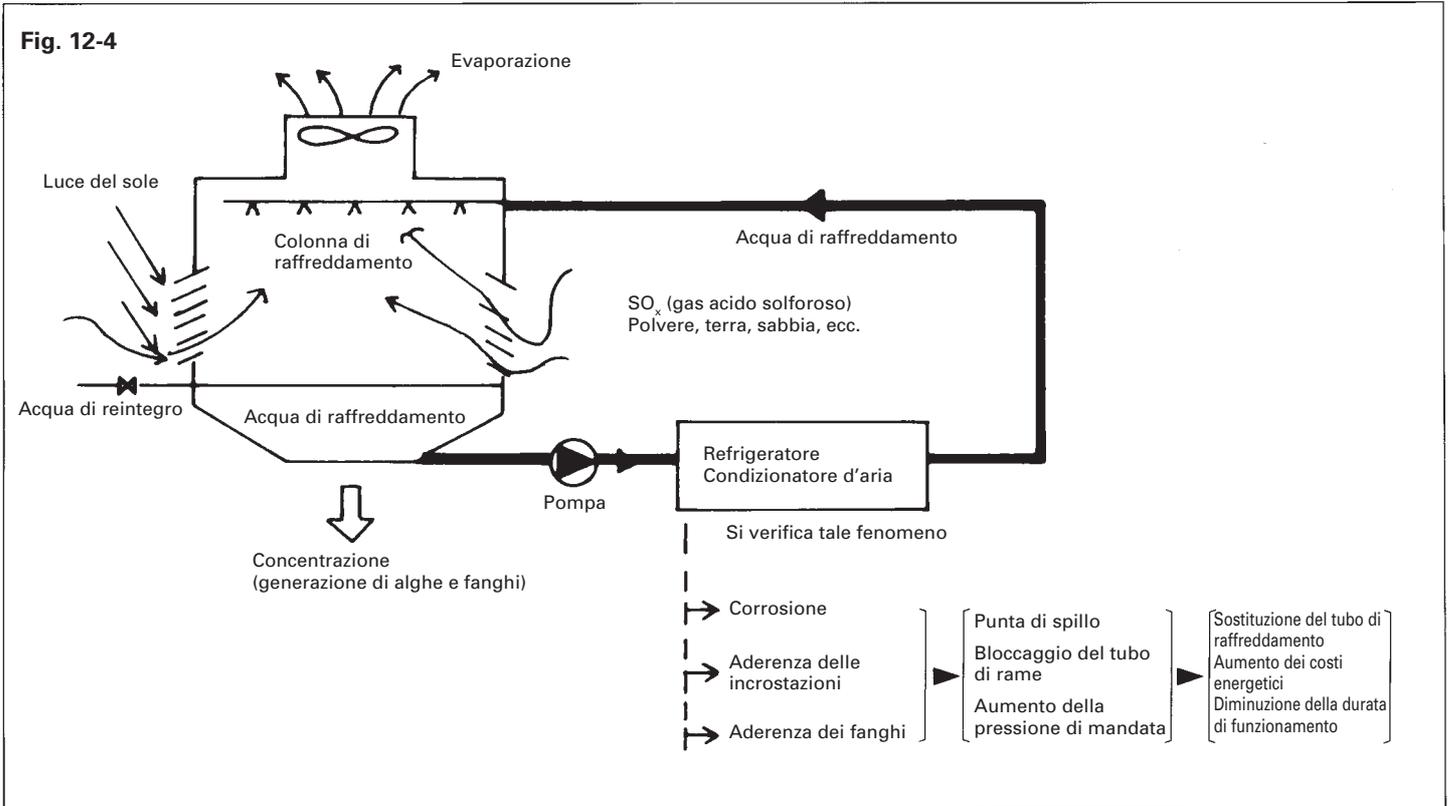
La misurazione viene effettuata inserendo una sonda interna (bobina di esplorazione) nel tubo di raffreddamento dello scambiatore di calore, come indicato nella figura.

La registrazione dell'ispezione viene indicata da un oscillografo a penna come una forma d'onda sull'oscillografo.

Nel caso del tubo di raffreddamento indicato nella figura in alto, la forma d'onda è registrata nella figura in basso. Per cui si può constatare la necessità di sostituzione del tubo di raffreddamento.

## 8. Problemi con l'impianto dell'acqua di raffreddamento

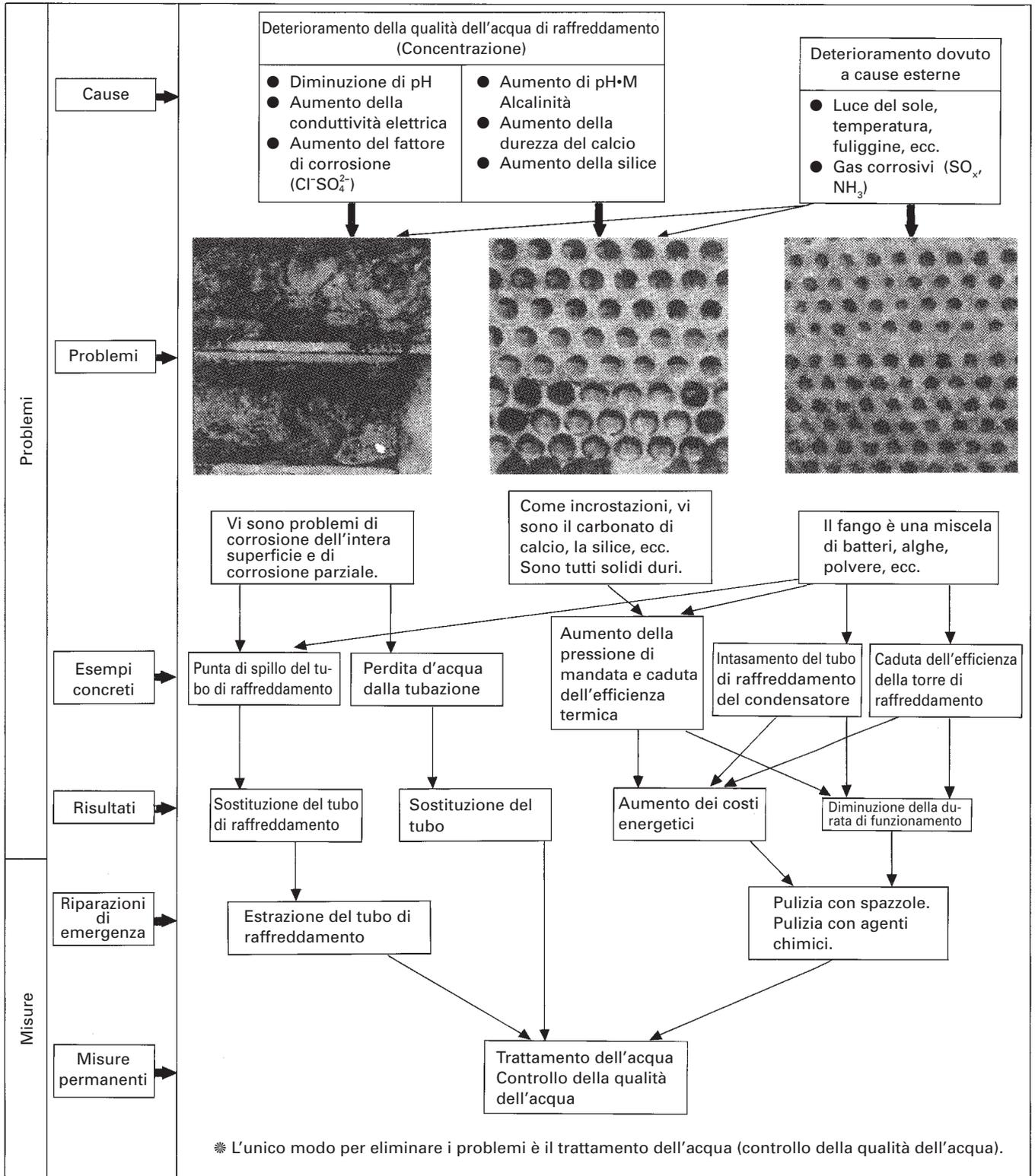
### (1) Perché l'acqua di raffreddamento diventa sporca?



In una colonna di raffreddamento di tipo aperto e con rimessa in ciclo, la temperatura dell'acqua di raffreddamento si abbassa con l'utilizzo del calore latente di evaporazione, quindi l'acqua viene riutilizzata. L'acqua evapora parzialmente e, come conseguenza, la solubilità dei sali (durezza dei componenti, ioni cloro, ioni acido solforico, ecc.) nell'acqua restante aumenta. Si verifica perciò un fenomeno di concentrazione e la qualità dell'acqua diminuisce gradualmente. Inoltre, dato che l'aria e l'acqua sono di solito in contatto nella colonna di raffreddamento, il gas acido solforoso, la polvere, la terra e la sabbia penetrano nella colonna di raffreddamento e deteriorano sempre di più la qualità dell'acqua. Nell'impianto dell'acqua di raffreddamento, si verificano molti problemi per le suddette ragioni. I più importanti sono: ● corrosione ● aderenza delle incrostazioni ● generazione di fanghi.

(2) Problemi con l'acqua di raffreddamento e provvedimenti

Fig. 12-5 Problemi e provvedimenti



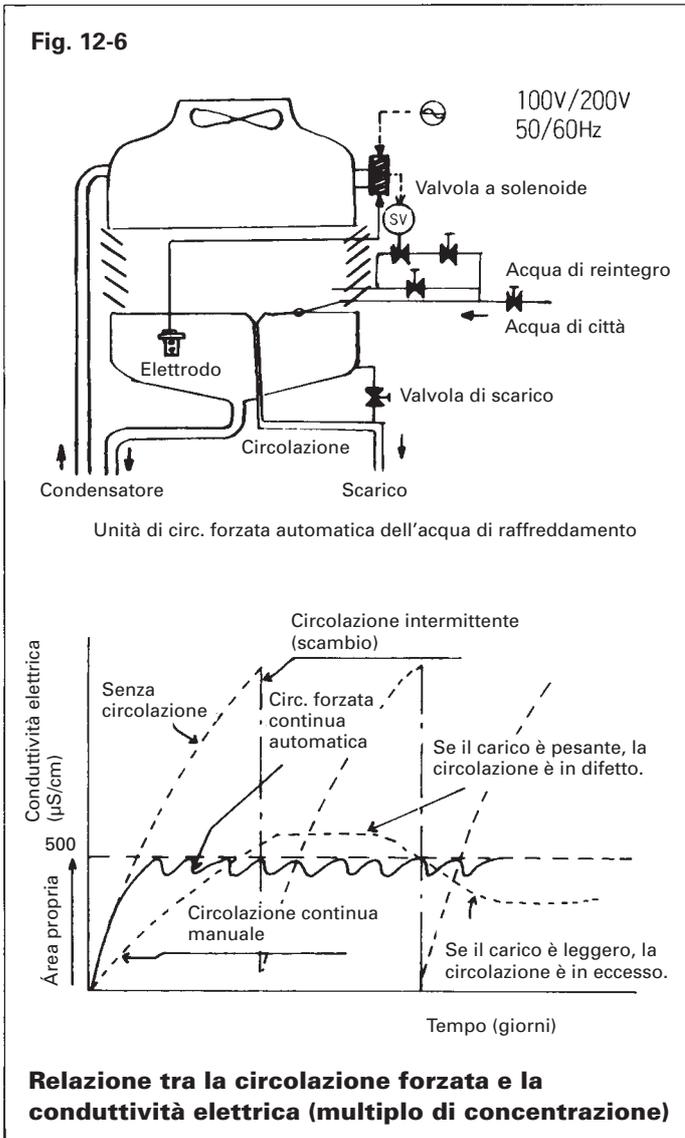
### (3) Controllo della circolazione forzata dell'acqua di raffreddamento

Per eliminare la concentrazione anormale dell'acqua di ricircolazione (acqua di raffreddamento) nella colonna di raffreddamento, e quindi per evitare la variazione di pH e la concentrazione di fattori di corrosione e di incrostazioni nell'acqua di raffreddamento, è necessaria una circolazione (scambio) forzata dell'acqua di raffreddamento.

In genere, vi sono due modi:

- (1) Circolazione forzata continua manuale
- (2) Circolazione forzata automatica che permette all'acqua di circolare in modo forzato, bloccando continuamente la conduttività elettrica dell'acqua di raffreddamento.

La variazione della conduttività elettrica dell'acqua di raffreddamento per ciascun tipo di circolazione forzata è indicata nel seguente grafico, che indica che la circolazione forzata continua manuale fa circolare una portata costante, senza tenere conto del carico leggero o pesante. Quindi, se il carico è leggero, la circolazione è in eccesso e viene scaricata, rispetto alla circolazione forzata automatica. Si preferisce perciò quest'ultima.



### (4) Multiplo di concentrazione (livello di contaminazione dell'acqua)

Una colonna di raffreddamento con ricircolazione di tipo aperto abbassa la temperatura dell'acqua di raffreddamento mediante il calore latente di vaporizzazione dell'acqua. Quindi l'acqua di raffreddamento viene rimessa in circolo. A questo punto l'acqua evapora e i sali disciolti nell'acqua si concentrano. Nello stesso tempo, i sali non si concentreranno all'infinito poiché si ha la perdita per diffusione della portata d'acqua dalla colonna di raffreddamento o la portata d'acqua propria della circolazione forzata.

Il bilancio dell'acqua in questa colonna di raffreddamento è il seguente:

$$N = (E + B + W) / (B + W) \dots\dots(1)$$

Dove,

- N: Multiplo di concentrazione (livello di contaminazione dell'acqua)
- E: Portata d'acqua persa per evaporazione alla portata d'acqua di ricircolazione
- B: Portata d'acqua in circolazione forzata alla portata d'acqua di ricircolazione
- W: Portata d'acqua persa per diffusione alla portata d'acqua di ricircolazione
- E+B+W: corrisponde alla portata d'acqua di reintegro

$$B = \frac{1}{N - 1} E - W \dots\dots(2)$$

(Esempio di calcolo)

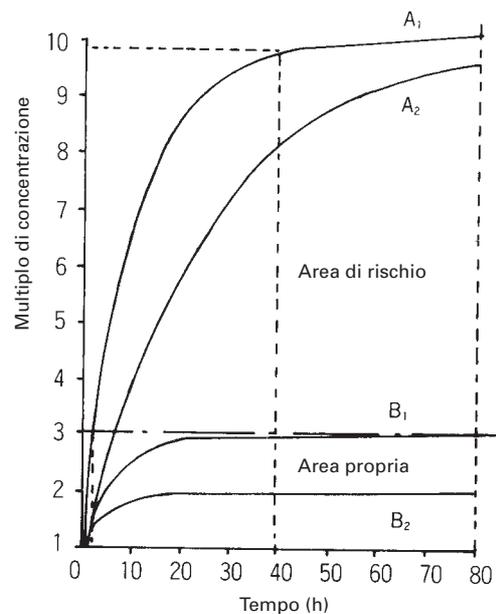
Condizioni: Macchina turborefrigerante 260RT

Portata d'acqua di ricircolazione: 200m<sup>3</sup>/h

Portata d'acqua persa per evaporazione: 1,8 m<sup>3</sup>/h (0,9%) = E

Portata d'acqua persa per diffusione: 0,2 m<sup>3</sup>/h (0,1%) = W

**Fig. 12-7**



**Multiplo di concentrazione e ore di funzionamento**

- A1    Quantità d'acqua di trattenimento: 2000 l  
       Portata in circ. forzata: 0  
       Multiplo di concentrazione max.: 10
- A2    Quantità d'acqua di trattenimento: 5000 l  
       Portata in circ. forzata: 0  
       Multiplo di concentrazione max.: 10

**(Nota)**

I casi A1 e A2 menzionati sopra sono un esempio che indica come cambia la velocità di concentrazione in funzione della quantità d'acqua di trattenimento.

- B1    Quantità d'acqua di trattenimento: 5000 l  
       Portata della circ. forzata: 0,35%  
       Multiplo di concentrazione max.: 3
- B2    Quantità d'acqua di trattenimento: 5000 l  
       Portata della circ. forzata: 0,8%  
       Multiplo di concentrazione max.: 2

**(Nota)**

I casi B1 e B2 menzionati sopra sono un esempio che indica come cambiano i multipli di concentrazione in funzione della portata della circolazione forzata.

La variazione della qualità dell'acqua di raffreddamento usata nelle condizioni di cui sopra, viene illustrata qui sotto. Nel caso di A1, il suo multiplo di concentrazione arriva a 3 volte in 2,5 ore dopo l'avviamento, e in modo simile arriva al massimo 10 volte in circa 40 ore.

In genere, quando il multiplo di concentrazione raggiunge o supera 3 volte, aumenta la tendenza al verificarsi di problemi. A causa di ciò, l'area si chiama area di rischio. Perciò, quando la qualità dell'acqua è controllata dalla circolazione forzata, come nel caso di B1 e B2, l'area si trova nella cosiddetta zona propria, in conformità con lo standard JRA.

In queste condizioni, la portata d'acqua di circolazione forzata si determina nel modo seguente.

Dalla formula del multiplo di concentrazione (2),

$$B = \frac{1}{N-1} E - W$$

- ☉ Quando il multiplo di concentrazione è pari a 3:

$$B_1 = \frac{1}{3-1} 1,8 - 0,2 = 0,7 \text{ m}^3/\text{Hr}$$

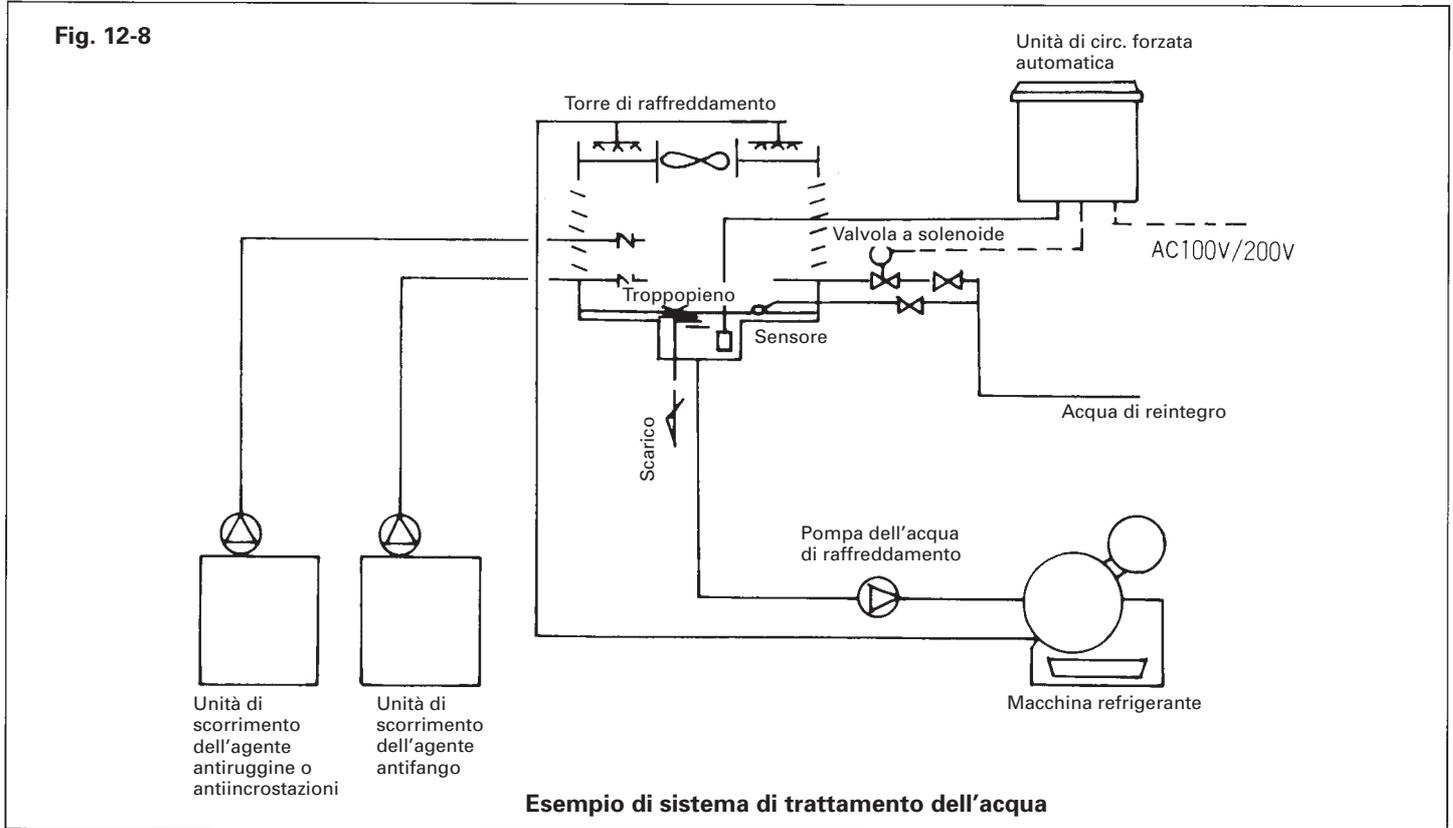
- ☉ Quando il multiplo di concentrazione è 2:

$$B_2 = \frac{1}{2-1} 1,8 - 0,2 = 1,6 \text{ m}^3/\text{Hr}$$

Il fatto che il multiplo di concentrazione sia 2 o 3 dipende dalla qualità dell'acqua di reintegro e dalle condizioni di installazione della colonna di raffreddamento.

### (5)Trattamento dell'acqua mediante prodotti chimici

È necessario analizzare l'acqua di raffreddamento e l'acqua di reintegro, quindi stabilire il multiplo di concentrazione e la portata d'acqua di circolazione forzata allo scopo di soddisfare i livelli di riferimento in conformità allo standard JRA. Quando la qualità dell'acqua di reintegro è insufficiente, vi è una tendenza ad aumentare la portata dell'acqua della circolazione forzata e le portate dell'acqua. Si ha quindi un sistema di trattamento dell'acqua che è una combinazione del dispositivo di circolazione forzata automatico per un risparmio considerevole di acqua e di un dispositivo di scorrimento di un agente di trattamento.



Il sistema di trattamento dell'acqua è una combinazione di unità che mantengono la qualità dell'acqua di raffreddamento ad un livello costante e permettono automaticamente lo scorrimento degli agenti chimici di trattamento dell'acqua.

#### ① Caratteristiche

- Notevoli economie di acqua (economia)
- Controllo automatico (riduzione della manodopera)
- Controllo perfetto del trattamento dell'acqua (manutenzione)

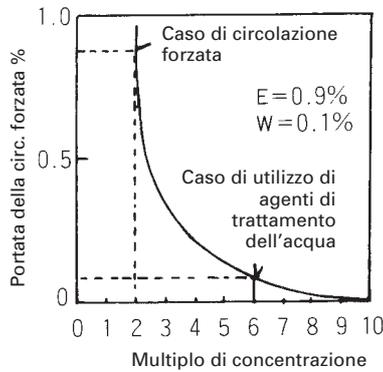
#### ② In generale vi sono alcuni tipi di prodotti chimici come i seguenti:

- Anticorrosione
- Agenti antiincrostazioni
- Agenti di controllo dei fanghi

③ Perché è possibile far funzionare questa unità economizzando l'acqua a concentrazioni elevate? L'agente antiincrostazioni impedisce la cristallizzazione dei componenti delle incrostazioni e li disperde nell'acqua. Questo agente viene di solito usato in combinazione con l'agente anticorrosione. Per mezzo dell'agente antiincrostazioni, i componenti (durezza dei componenti) si disperdono più facilmente nell'acqua. Sebbene vi sia qualche differenza nella qualità dell'acqua di reintegro, in genere il multiplo di concentrazione può essere mantenuto a livelli elevati (da 4 a 10 volte). Ciò produce un'economia dell'acqua di reintegro. (Ma quando il livello della silice nell'acqua di reintegro è elevato, è necessario esaminare il multiplo di concentrazione.)

④ Confronto dei costi tra il caso di circolazione forzata e l'utilizzo di prodotti chimici

Fig. 12-9



Rapporto tra il multiplo di concentrazione e la portata della circ. forzata

Il rapporto tra il multiplo di concentrazione e la portata della circolazione forzata è indicato nel grafico superiore. Come indicato chiaramente su questo grafico, quando il caso di N 2 è confrontato con il caso di N 6, la differenza tra le portate di circolazione forzata è 0,72%. Se si usa un agente di trattamento dell'acqua.....

(Esempio di calcolo di prova)

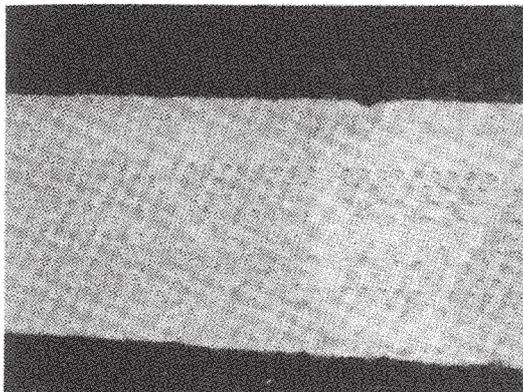
Poiché il volume d'acqua della colonna di raffreddamento per 260USRT è  $200\text{m}^3/\text{h}$ , la differenza tra le portate d'acqua di circolazione forzata è  $1,44\text{m}^3/\text{h}$ . Se si considera il costo per un mese, e supposto un funzionamento di 10 ore al giorno e 30 giorni al mese, la differenza tra le portate d'acqua di circolazione forzata raggiunge  $432\text{m}^3/\text{h}$ . E se l'acqua di città costa  $350\text{ yen}/\text{m}^3$ , si può avere un risparmio di 151.200 yen.

Il costo di un agente chimico è il seguente. Il costo di agenti anticorrosione, compreso gli antiincrostazioni e i germicidi (agenti di controllo dei fanghi) è di 90.000 yen. Per cui si può dire che l'attività è redditizia.

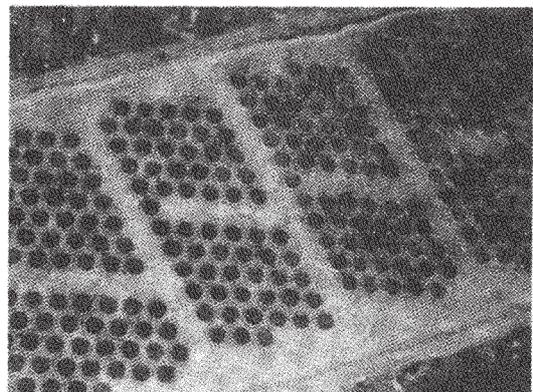
- Caso della città di Tokyo  
Costo acqua di città:  $350\text{ yen}/\text{m}^3$   
Incluso drenaggio:  $610\text{ yen}/\text{m}^3$   
Costituito alla fine di novembre 1981.

Fig. 12-10

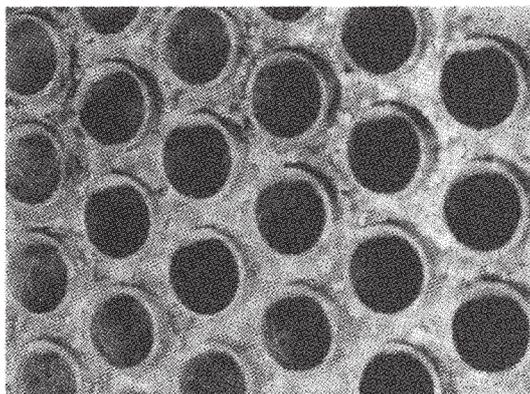
Esempi di uso di agenti chimici



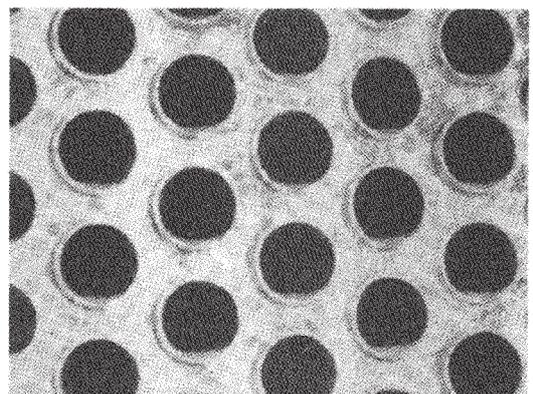
Aderenza delle incrostazioni su tutta la superficie



Dopo trattamento dell'acqua



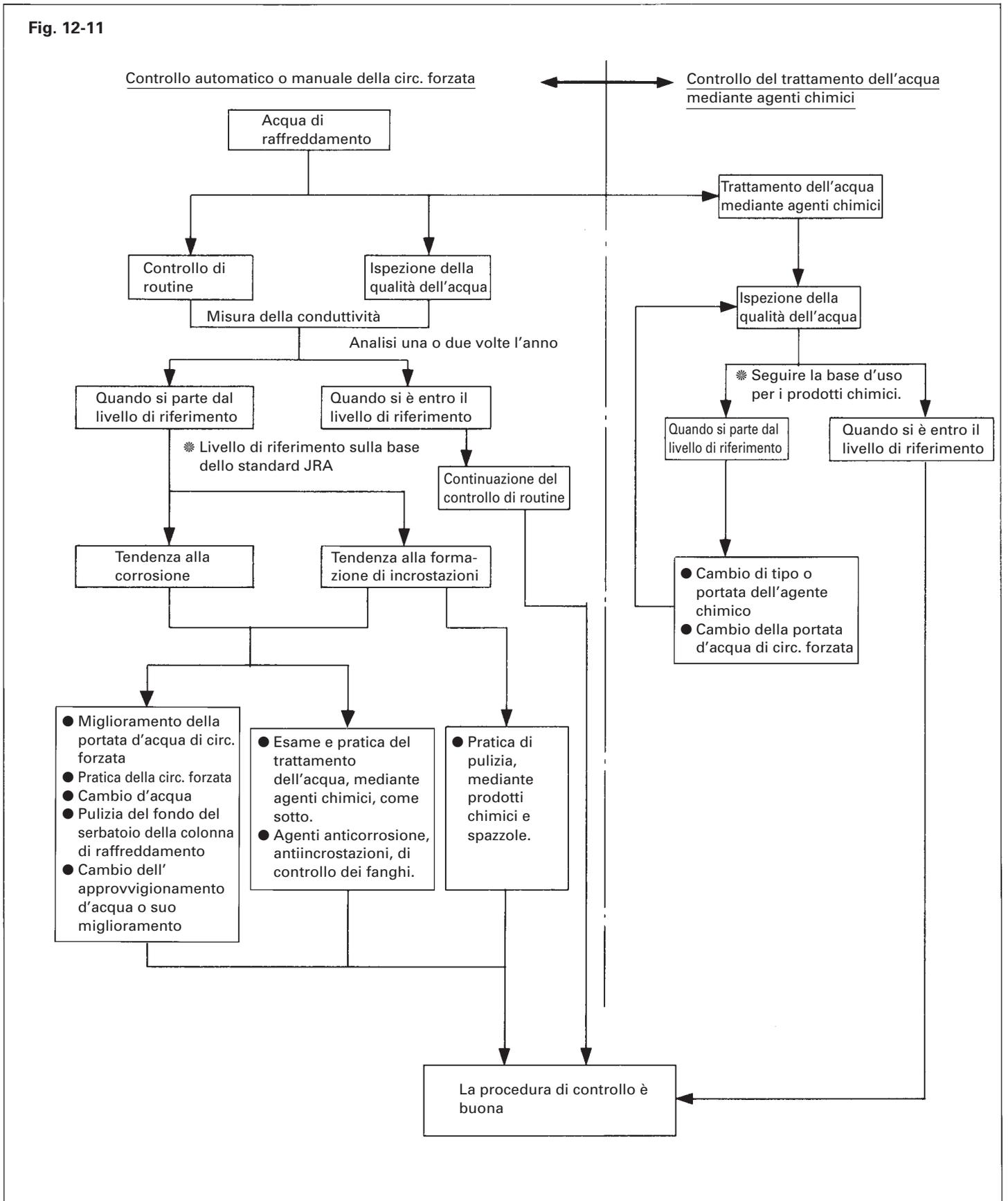
Inquinamento da ruggine, incrostazioni e corrosione



Dopo trattamento dell'acqua, lo scambiatore di calore è pulito all'interno

(6) Sommario della procedura di controllo della qualità dell'acqua

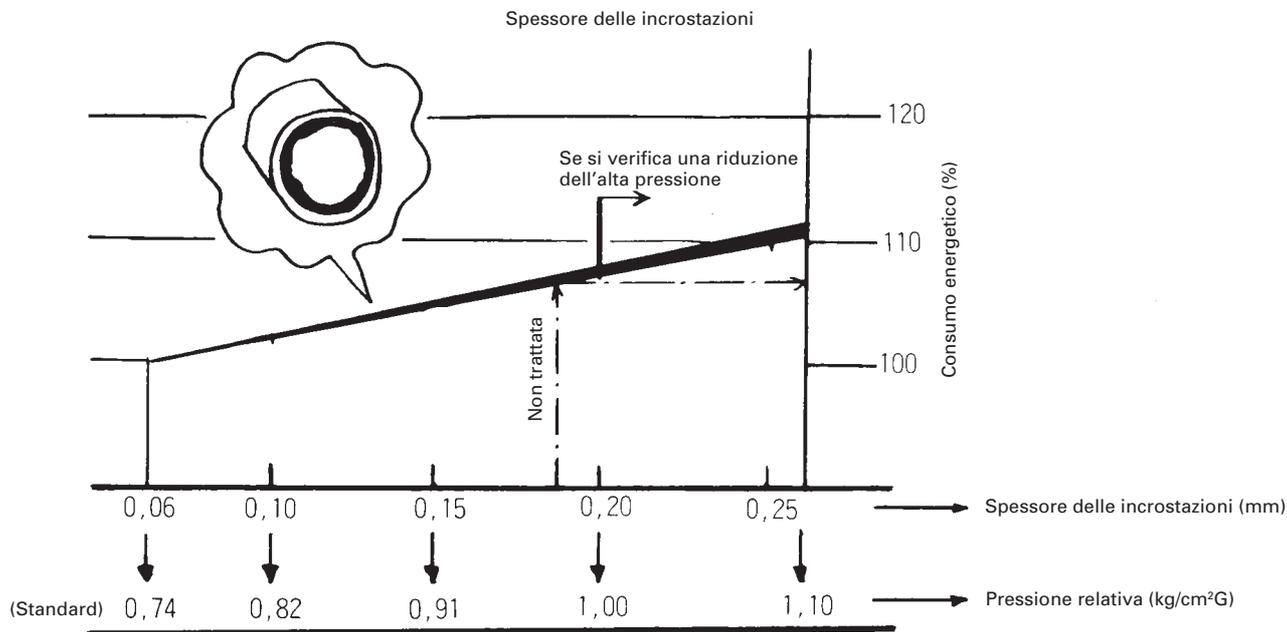
Fig. 12-11



## 9. Trattamento dell'acqua mediante agenti chimici dal punto di vista del risparmio energetico o di risorse

Discutiamo adesso dell'effetto delle incrostazioni, fanghi e corrosione sul consumo energetico.

**Fig. 12-12 Relazione tra lo spessore delle incrostazioni (mm), la pressione relativa e il consumo energetico**



### (Esempio di riferimento)

La seguente tabella indica che il notevole consumo di elettricità viene pagato per l'aderenza delle incrostazioni all'interno dei tubi di raffreddamento dello scambiatore di calore nel refrigeratore d'acqua centrifugo.

Pressione di condensazione (standard)	Spessore delle incrostazioni	Aumento del consumo energetico
0,74 kg/cm <sup>2</sup>	0,06 mm	0 %
0,82 kg/cm <sup>2</sup>	0,10 mm	2,5%
0,91 kg/cm <sup>2</sup>	0,15 mm	5,0%
1,0 kg/cm <sup>2</sup>	0,20 mm	7,5%
1,01 kg/cm <sup>2</sup> (Riduzione dell'alta pressione)	—	—

### ■ Due esempi di prove di risparmio energetico, dove nel caso 1: l'acqua non è trattata, e nel caso 2: il trattamento dell'acqua è prevalente.

Quantità di risparmio energetico  
[Condizioni]

- Refrigeratore d'acqua centrifugo: 200RT (hotel)
- Ore di funzionamento: 20h x 30g x 5m = 3.000h/y
- Consumo di corrente per 1 RT: 0,9 KWH/RT
- Prezzo unitario del consumo di corrente: 30yen/KWH (costituito nel sett. 1981)
- Confronto dei due casi come acqua di raffreddamento, caso 1: l'acqua non è trattata, caso 2: il trattamento dell'acqua è prevalente.

	Spessore delle incrostazioni	Aumento del consumo energetico
Non trattata	0,19 mm	7%
Il trattamento è prevalente	0,07 mm	1%

- Caso 1: Non trattata  
200RT x 0,9KWH/RT x 3000h x 1,07 x 30 yen/KW.H ≅ 17.330.000 yen/anno
- Caso 2: Il trattamento è prevalente  
200RT x 0,9KWH/RT x 3000h x 1,01 x 30 yen/KW.H ≅ 16.360.000 yen/anno

Quantità di risparmio energetico mediante trattamento dell'acqua: 970.000 yen/anno

..... ①

② Riduzione dei costi di manutenzione

La frequenza della pulizia mediante prodotti chimici è diminuita

[Condizioni]

- Costo del lavaggio chimico: 200.000 yen (costituito nel nov. 1981)
- Frequenza di pulizia di "Non trattata" e "Con trattamento prevalente" (Ciò differisce dalle zone.)

	1° anno	2° anno	3° anno	4° anno	Note
Non trattata	○	○	○	○	Rispettato ogni anno
Con trattamento prevalente	×	×	×	○	Rispettato ogni 4 anni

○: Lavaggio chimico necessario

X: Lavaggio non necessario

(Nota) La pulizia con spazzole è necessaria in entrambi i casi menzionati sopra.

Costo del lavaggio chimico all'anno

Caso di "Non trattata": 200.000 yen

Caso di: "Con trattamento prevalente":

200.000 yen ÷ 4 = 50.000 yen

Diminuzione del costo del lavaggio chimico mediante trattamento dell'acqua 150.000 yen/anno ..... ②

Come prova di risparmio, si ottiene la seguente quantità:  
① + ② = 1.120.000 yen/anno

**Per riferimento: Confronto delle durate di funzionamento dei materiali**

(Unità: anno)

Materiali	Durata dichiarata dal produttore		Durate effettive
	Caso della manutenzione preventiva	Caso della manutenzione dopo il fatto	
Tubo di alimentazione (Tubo d'acciaio bianco)	—	—	12.6
Pompa dell'acqua calda	16.0	7.5	9.7
Pompa dello scarico affondabile	11.7	5.0	6.1
Refrigeratore d'acqua centrifugo	16.4	10.5	11.2
Colonna di raffreddamento	13.0	6.0	9.9
Condizionatore d'aria (Tipo monoblocco)	13.3	7.5	7.9

**(Nota)**

1. La manutenzione preventiva significa che il verificarsi del problema viene trattato preventivamente prima del fatto. La manutenzione dopo il fatto significa che il caso viene trattato dopo il fatto.  
Entrambe dipendono dai dati del Reparto costruzioni dell'amministrazione del Ministero delle Costruzioni.
2. La durata di funzionamento effettiva significa quando il materiale è stato sostituito a causa del deterioramento. Dipende dalla "Ricerca sulle condizioni attuali di ciascuna durata di funzionamento dei materiali" dell'Associazione dei Costruttori".

(White Paper del 1981)

○ Se il prezzo del refrigeratore d'acqua centrifugo è fissato a 100, Caso della manutenzione

$$100 \div 10 \text{ años} \cong 10 (\%)$$

Diminuzione del costo %

Caso della manutenzione preventiva

$$100 \div 16,4 \text{ años} \cong 6,1 (\%)$$

$$10\% - 6,1\% = 3,9\%$$

La diminuzione del costo di rimborso della manutenzione preventiva per un refrigeratore d'acqua centrifugo all'anno è 3,9 % X prezzo standard.

**10. Controllo della manutenzione del sistemi ad acqua refrigerata e calda**

**(1) Caso del sistema semiermetico ad acqua refrigerata e calda dotato di serbatoio di accumulo del calore**

Un aumento di pH di oltre 10 dell'acqua del serbatoio di accumulo di calore non è insolito, poiché la liscivia eluisce da un serbatoio di accumulo di calore di calcestruzzo appena installato.

Quando il pH aumenta di oltre 9, la velocità di corrosione dell'acciaio aumenta. Quindi è necessario cambiare l'acqua prima del fatto. Se il serbatoio di accumulo di calore è stato adoperato troppo a lungo, si può verificare una perdita di acqua per fessurazione. La perdita di acqua non è sempre un problema serio, nel caso di acqua di sorgente, ma può essere più grave se si tratta di acqua di mare o sotterranea inquinata. A seconda del tipo di acqua di sorgente, talvolta si può formare una gran quantità di microbi nell'acqua del serbatoio di accumulo del calore, che contribuisce alla formazione di incrostazioni o all'aderenza del carbonato di calcio. Perciò, si consiglia un cambio periodico dell'acqua (una volta 1 o 2 anni) e una pulizia e ispezione del fondo del serbatoio di accumulo del calore.

Sebbene il trattamento dell'acqua con agenti chimici sia necessario, non vi sono problemi nelle alimentazioni intermittenti di prodotti chimici dal foro di accesso, perché il tempo di permanenza di questi prodotti nel sistema è assai lungo. L'ispezione visuale della tubazione di raffreddamento dello scambiatore di calore nel sistema ad acqua refrigerata e calda di macchine refrigeranti deve essere eseguita (almeno) una volta ogni 3 anni.

**(2) Caso del sistema ermetico ad acqua refrigerata e calda**

In questo caso, l'acqua di ricircolazione non si deteriora a causa di fattori esterni, perciò non esistono di fatto problemi di aderenza di incrostazioni.

Ma si può immaginare che la tubazione di ferro venga corrosa.

In tal caso, si può verificare una corrosione secondaria causata dall'incrostazione di ossido di ferro. Quindi, l'ispezione dello scambiatore di calore nel sistema ad acqua refrigerata e calda di macchine refrigeranti deve essere eseguita (almeno) una volta ogni 3 anni.

**11. Pulizia nel caso di controllo della manutenzione**

Vi sono due modi di pulire, uno mediante spazzole e l'altro mediante agenti chimici. Il modo di pulizia viene scelto in funzione del tipo di incrostazione, delle condizioni di funzionamento e del tipo di macchina da pulire. A seconda del tipo di scambiatore di calore (piccolo), talvolta l'unico modo per effettuare la pulizia è quello chimico. Prima della pulizia chimica è normale analizzare la qualità dell'acqua (analisi delle incrostazioni, se possibile). Sebbene la qualità dell'acqua sia completamente controllata, non esiste nessun impianto che non presenti l'accumulo di incrostazioni o depositi. In genere, è consigliabile pulire con spazzole una volta all'anno. L'ispezione visuale dei tubi di raffreddamento è possibile mediante questa revisione annuale. Per cui si può confermare visualmente lo stato della qualità dell'acqua.

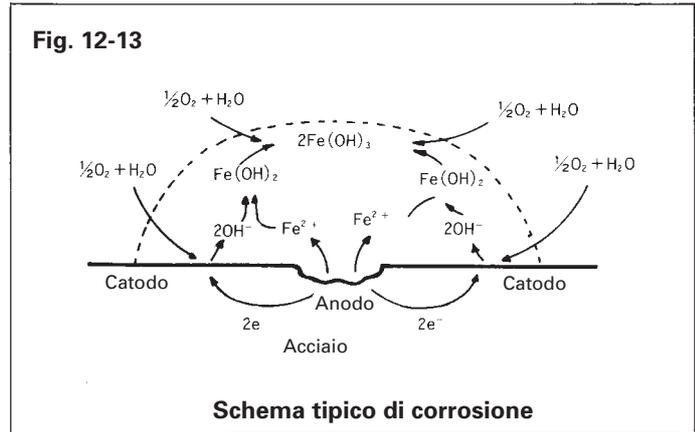
**12. Dati di riferimento sulla corrosione**

**(1) Corrosione**

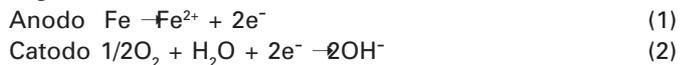
Si ha corrosione quando un metallo viene corroso chimicamente o elettrochimicamente. E la somma delle perdite causate dalla corrosione in Giappone è di circa 7 trilioni di yen giapponesi all'anno. Le perdite per corrosione includono le perdite dirette come materiali e costi di manodopera per la sostituzione di strutture di macchine corrose e costi vari per misure anticorrosione. Inoltre, le perdite includono le perdite indirette come quelle causate dalla diminuzione della conducibilità termica in seguito alla corrosione, le perdite causate dalla diminuzione dell'efficienza in seguito all'aumento della pressione della pompa e quelle causate dall'interruzione del funzionamento. La corrosione viene prodotta non solo nell'impianto di raffreddamento dell'acqua ma anche in tutte le direzioni, provocando una perdita notevole. Discutiamo adesso il fenomeno della corrosione unicamente nell'impianto di raffreddamento dell'acqua.

**(2) Reazione di corrosione e meccanismo**

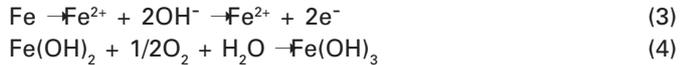
La corrosione di un metallo nell'acqua di raffreddamento è una reazione elettrochimica che produce innumerevoli ioni metallici che eluiscono dagli anodi di batterie locali, e ai catodi, si verifica la reazione di deossidazione dell'ossigeno disciolto, come reazione di accettazione di elettroni.



La reazione di corrosione del ferro in soluzione neutra è la seguente

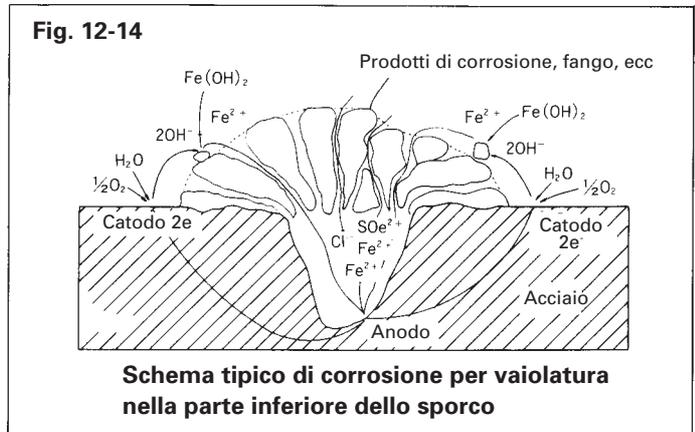


Inoltre, si verifica la seguente reazione che produce idrossido di ferro (ruggine) come prodotto di corrosione.



Inoltre, se il valore di pH non è superiore a 4, la reazione ai catodi produce idrogeno.  
 Catodo  $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$  (5)

La composizione del metallo o lo stato della sua superficie, la concentrazione dell'ossigeno disciolto, la discontinuità della temperatura e altri parametri vengono considerati come le cause della formazione di batterie locali. Specialmente quando fango, terra, sabbia e altri prodotti di corrosione aderiscono alla superficie del metallo, si formano batterie di concentrazione di ossigeno e si ha corrosione locale (corrosione per vaiolatura) nella parte inferiore dello sporco.



La parte inferiore dello sporco dove lo sporco aderisce e la concentrazione dell'ossigeno disciolto è bassa, è rivolta verso l'anodo, e la zona circostante dove lo sporco non aderisce e la concentrazione dell'ossigeno disciolto è alta, è rivolta verso il catodo, e quindi la reazione di corrosione avanza per produrre la corrosione locale.

A causa della forma porosa di questi depositi, gli ioni cloro o gli ioni acido solforico che sono gli ioni corrosivi

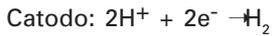
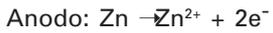
subiscono elettroforesi all'anodo per produrre  $\text{FeCl}_2$  o  $\text{FeSO}_4$ .

Ma poiché si ha idrolisi, la concentrazione degli ioni idrogeno ( $\text{H}^+$ s) aumenta, accelerando la dissoluzione del ferro. Quando questi depositi sono conduttivi e resistenti alla corrosione più del ferro, si formano batterie di elettrodi di diverso tipo per accelerare in modo significativo la corrosione.

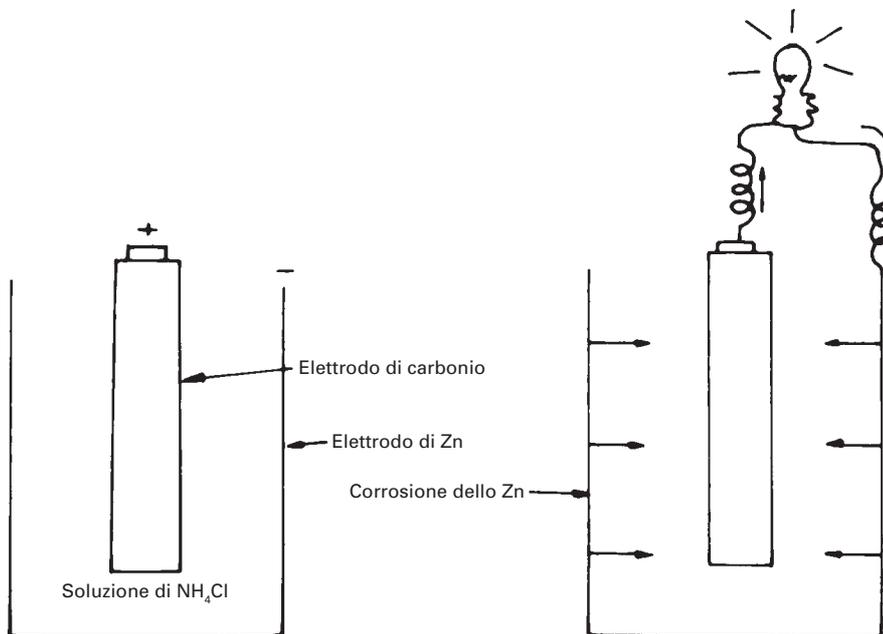
**Nota)**

Un esempio di batteria di elettrodi di tipo diverso (Batteria a secco).

I depositi conduttivi che aderiscono alla superficie del ferro funzionano allo stesso modo dell'elettrodo di carbonio di una batteria a secco, cioè la corrente passa tra il ferro e i depositi, e quindi il ferro si corrode.



**Fig. 12-15**



**Riferimenti: Manuale dati della Kurita Kogyo, Inc.**

## Lista di controllo della qualità dell'acqua

Usare questo foglio per verificare se la Vostra società esegue controlli sufficienti della qualità dell'acqua.

	Domande	Risposte	Direzione dei problemi	Provvedimenti
1	Mediante l'analisi della qualità dell'acqua di reintegro, è possibile verificare che non vi siano anomalie?	Sì No		<p>Analizzare la qualità dell'acqua per determinare la qualità dell'acqua di reintegro. Dopodiché stabilire il tipo di controllo della qualità dell'acqua.</p> <p>Esaminare la nuova sistemazione della colonna di raffreddamento.</p> <p>Eseguire il controllo della circolazione forzata.</p> <p>Se si intuisce la direzione del problema, riesaminare la portata dell'acqua, anche se si sta effettuando il controllo della circolazione forzata.</p> <p>Alimentare con l'agente anticorrosione o antiincrostazioni. O cambiare il tipo di prodotto chimico.</p> <p>Alimentare con l'agente di controllo dei fanghi. O cambiare il tipo di prodotto chimico.</p> <p>Eseguire la pulizia mediante prodotti chimici e spazzole.</p> <p>Eseguire la pulizia periodica della colonna di raffreddamento.</p> <p>Eseguire la pulizia dei tubi del condensatore della macchina refrigerante una volta all'anno. (Ripristino dello scambiatore di calore.)</p>
2	Vi sono camini, uscite d'aria, la costa del mare, ecc. che contribuiscono alla contaminazione da parte di sostanze dannose nelle vicinanze della colonna di raffreddamento?	Sì No		
3	Vi sono cambiamenti stagionali della pressione di mandata della macchina refrigerante?	Sì No		
4	Sostanze dure aderiscono alla colonna di raffreddamento?	Sì No		
5	La differenza di temperatura tra entrata e uscita dell'acqua di raffreddamento è normale?	Sì No		
6	Quando la macchina refrigerante viene revisionata, le sostanze dure vi aderiscono ogni anno?	Sì No		
7	Avete mai fatto l'esperienza in questa stagione di un'interruzione dell'alta pressione?	Sì No		
8	Il colore dell'acqua di raffreddamento è diventato rosso?	Sì No		
9	Avete mai osservato verdetame o ruggine sui tubi di raffreddamento, piastre terminali, piastre dei tubi, tubazioni durante la revisione della macchina refrigerante?	Sì No		
10	Avete mai osservato frammenti di ferro sull'impianto sprinkler o nel serbatoio d'acqua inferiore della colonna di raffreddamento?	Sì No		
11	Avete mai fatto l'esperienza di fuoriuscite d'acqua?	Sì No		
12	Crescono alghe nella colonna di raffreddamento?	Sì No		
13	Quando la macchina refrigerante è stata revisionata, sostanze come il fango aderiscono ai tubi del condensatore?	Sì No		
14	Avete mai effettuato una pulizia con agenti chimici?	Sì No		
15	Si hanno bolle d'acqua nel serbatoio d'acqua inferiore della colonna di raffreddamento?	Sì No		
16	Effettuate un controllo mediante circolazione forzata?	Sì No		
17	Versate l'agente di trattamento dell'acqua?	Sì No		
	<p>Le domande 1 e 2 riguardano il cambio del tipo di acqua di reintegro e la necessità di una nuova sistemazione. Le domande da 3 a 7 riguardano la direzione dei problemi di incrostazione. (Avete analizzato l'acqua di raffreddamento?) Le domande da 8 a 11 riguardano la direzione dei problemi di corrosione. Le domande da 12 a 15 riguardano la direzione dei problemi relativi ai fanghi. Le domande 16 e 17 riguardano la conferma dello stato attuale di controllo della qualità dell'acqua.</p>			

### 13. Classificazione della corrosione

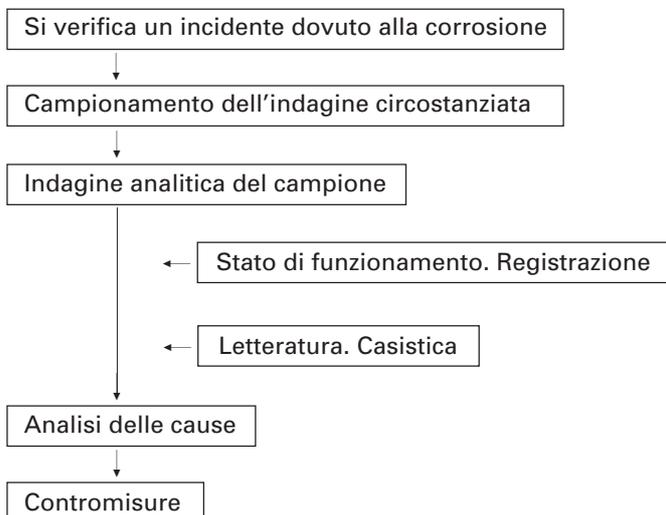
La corrosione si verifica quotidianamente nella forma di ruggine rossa di ferro o cambiamento di colore del rame. Ma i danni provocati dalla corrosione appaiono anche in altre forme. Talvolta, a causa della corrosione, si creano delle incrinature, oppure la duttilità diminuisce e provoca rottura. Talvolta i prodotti di corrosione non possono essere osservati ad occhio nudo, o le variazioni di peso sono talmente piccole da non poter essere misurate. La corrosione può essere classificata in termini di cambiamento di aspetto e proprietà fisiche. Ma "come classificare" dipende dal punto di vista dall'osservatore. Viene riportata qui di seguito una classificazione generica.



### 14. Metodi analitici di corrosione

#### (1) Processo di analisi della corrosione

Talvolta si verificano incidenti relativi alla corrosione da parte di fattori complessi che è difficile valutare. Perciò, quando si analizzano le cause degli incidenti, è necessario non solo un'indagine esauriente della parte corrispondente, ma anche l'ottenimento di informazioni accurate sui materiali, la struttura, lo stato di funzionamento, la registrazione delle attrezzature, ecc. Quando si verificano incidenti relativi alla corrosione, è necessario anticipare il processo di indagine nel modo seguente. Nella colonna di destra, a titolo di esempio, sono riportati gli elementi relativi all'indagine per l'analisi degli incidenti dovuti alla corrosione che interessano lo scambiatore di calore.



Processo d'indagine di incidenti dovuti alla corrosione

### Elementi d'indagine degli incidenti dovuti alla corrosione dello scambiatore di calore

- 1) Nome del processo
- 2) Nome dell'unità N°
- 3) Impiego e forma dei materiali
- 4) Ambiente (interno e esterno)
  - Temperatura.....max. e min.
  - Materia in contatto con la tubazione
    - Designazione
    - Composizione
    - Concentrazione delle impurezze
    - pH
    - Portata
    - Stato di ventilazione
    - Metallo in contatto con "l'acqua"
- 5) Informazioni sulle parti corrose
  - Forma
  - Posto
  - Condizioni
  - Periodo
- 6) Registrazione
  - Comportamento degli altri materiali
  - Anormalità fino all'incidente

Se le cause non vengono analizzate mediante informazioni sintetiche di questo tipo, si può arrivare ad una conclusione errata. Per esempio, in seguito alla corrosione del tubo di rame del condensatore in un ambiente ammoniacale, il rame verrà eliminato come complesso ammoniacale e non resterà come prodotto di corrosione. Perciò, in questo caso, solo mediante l'analisi del tubo di rame, le cause saranno chiare.

## 12.10 Utensili e strumenti per l'installazione e la manutenzione

### 12.10.1 Utensili

N°	Nome	Specifiche
1	Cacciavite	Phillips (+) N°1 N°2 N°3
2	Cacciavite	Piatto (-) N° 1 N°2 N°3
3	Chiavi semplici, aperte	10, 14, 17, 19, 21, 23, 27, 30 mm
4	Chiavi regolabili	150, 200, 300 mm
5	Pinze	
6	Pinze universali	
7	Set di chiavi Allen	1 set
8	Metro a nastro	
9	Utensile per svasatura	
10	Tagliatubi	
11	Alesatore per tubi di rame	
12	Piegatubi	1/2", 5/8", 3/4"
13	Rivelatore di fuoriuscite di gas	
14	Chiave per valvole	

● Utensile N°1



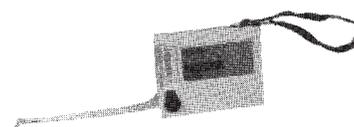
● Utensile N°2



● Utensile N°5



● Utensile N°8



● Utensile N°11



● Utensile N°14



● Utensile N°3



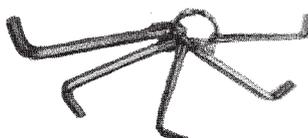
● Utensile N°4



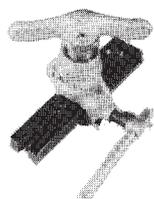
● Utensile N°6



● Utensile N°7



● Utensile N°9



● Utensile N°10



● Utensile N°12



● Utensile N°13



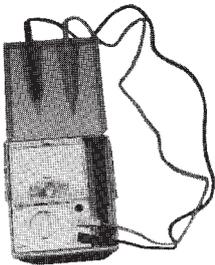
### 12.10.2 Strumenti

N°	Nome	Specifiche
1	Amperometro	
2	Ohmmetro (tester)	
3	Tester di resistenza dell'isolante (tester meger)	500 V
4	Termometro a mercurio	
5	Kit raccordo del manometro	
6	Cilindro di carica	2 kg (o 4 kg)
7	Bilancia	50 kg
8	Pompa da vuoto	
9	Termometro di superficie	
10	Anemometro	

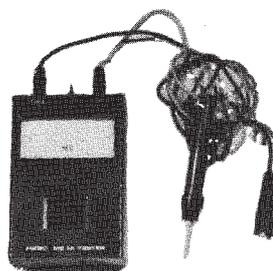
● N°1



● N°2



● N°3



● N°4



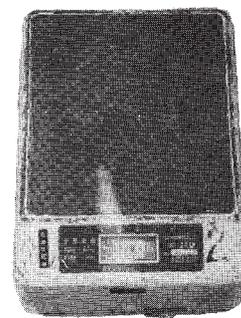
● N°5



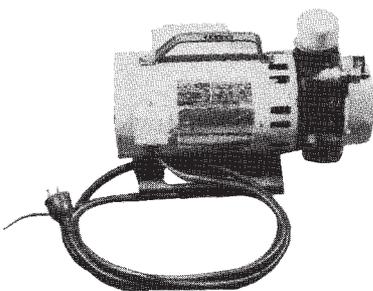
● N°6



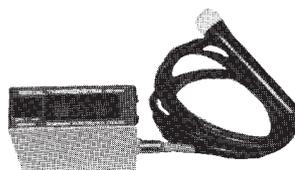
● N°7



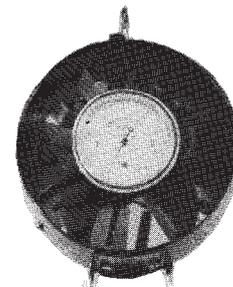
● N°8



● N°9



● N°10



## 12.11 Olio per macchine refrigeranti

### 1. Caratteristiche e tipi di olio per macchine refrigeranti

Le parti di una macchina refrigerante da lubrificare sono i cuscinetti, il cilindro, l'albero a gomiti, lo spinotto, ecc. nel caso di compressori alternativi, e il cuscinetto, gli ingranaggi moltiplicatori, ecc. nel caso di compressori centrifughi.

Di recente, i compressori ermetici sono costruiti in modo che questi pezzi siano in contatto con il refrigerante. Perciò, le buone proprietà consolute dell'olio per macchine refrigeranti rappresentano un fattore importante.

Specialmente per piccole macchine refrigeranti ermetiche, non vi è alcun scambio di olio lubrificante in modo semipermanente. Sono quindi necessarie buone proprietà di lubrificazione, buone proprietà consolute e una buona stabilità termica e chimica.

#### ■ Stato dell'olio di macchine refrigeranti

- Basso punto di congelamento, buona liquidità alle basse temperature.
  - Solidificazione nell'evaporatore.
- La separazione dell'olio dal refrigerante è facile.
- La resistenza termica è buona.
  - Talvolta la temperatura del gas di mandata sale a 100-120°C.
- L'olio non contiene acqua, acidi o altre impurezze.
  - Le proprietà isolanti diminuiscono, fanghi, piastre di rame.
- La viscosità è relativamente alta poiché il refrigerante (specialmente il gas freon) e l'olio lubrificante hanno la proprietà di sciogliersi l'uno nell'altro.
- Se si usa un compressore ermetico, le proprietà isolanti devono essere buone.

### 2. Precauzioni generali

#### ■ Designazione della marca

Riempire con olio standard la macchina refrigerante.

Tenendo conto del controllo di manutenzione, è inaccettabile usare olio di altre marche.

Ma, solo nel caso in cui sia difficile acquistare nella zona (specialmente all'estero) olio standard per macchine refrigeranti per rabbocco o cambio, si può adoperare dell'olio paragonabile indicato con ○ o di tipo equivalente indicato con ⊙.

#### ■ Miscela di oli

Se si rabbocca o si cambia l'olio, non è consigliabile usare una miscela di oli o olio di altre marche. A causa della differenza tra i tipi di olio o l'aggiunta di additivi, si potrebbe verificare un incidente imprevisto. Si deve fare attenzione quando si usa olio di altre marche. L'olio nel serbatoio deve essere completamente scaricato. Dopo aver pulito il serbatoio, riempire con il nuovo olio.

- Scaricare l'olio.
- Riempire con il nuovo olio e far funzionare la macchina per 24 ore.
- Scaricare l'olio.
- Riempire con il nuovo olio e far funzionare normalmente.

#### ■ Assemblaggio locale delle tubazioni della macchina refrigerante

In questo caso, talvolta le tubazioni e le flange vengono assemblate con olio antiruggine o l'apertura della saldatura non è stata sufficientemente rimossa.

È quindi preferibile riempire con il nuovo olio e far funzionare dopo aver pulito.

All'olio antiruggine viene aggiunto un composto che contiene acidi grassi. E reagisce nel refrigerante formando un acido. Per questo motivo, l'olio può deteriorarsi e causare problemi.

Durante il funzionamento di prova, è consigliabile cambiare l'olio due o tre volte per poter pulire e rimuovere ciò che ha provocato il suo deterioramento.

#### ■ Manipolazione locale dell'olio di macchine refrigeranti

L'olio per macchine refrigeranti disponibile sul mercato viene messo in contenitori nello stato di disidratazione di 20ppm o anche meno. Quindi, si deve effettuare il riempimento in una giornata piuttosto secca. Dopo il riempimento, chiudere ermeticamente il contenitore in modo che l'acqua o la polvere non possano penetrarvi.

### 3. Olio SUN OIL per compressori di macchine refrigeranti

Proprietà \ Tipi		SUNISO 3GS (VG32)	SUNISO 3GS-DI (VG32)	SUNISO 4GS (VG56)	SUNISO 4GS-DI (VG56)	SUNISO 331	SUNVIS 51
Tinta		1 o inferiore		1 o inferiore		2 o inferiore	2,5 o inferiore
Reazione (valore di neutralizzazione)		0,05 o inferiore		0,05 o inferiore		0,05 o inferiore	0,05 o inferiore
Punto di infiammabilità COC°F		330 o superiore (166°C o superiore)		340 o superiore (171°C o superiore)		430 o superiore (221°C o superiore)	475 o superiore (246°C o superiore)
Temp. di autoaccensione COC°F		370 o superiore (187,5°C o superiore)		390 o superiore (199°C o superiore)		490 o superiore (254°C o superiore)	535 o superiore (279,5°C o superiore)
Viscosità SUS/1000°F (328°C)		da 150 a 160		da 280 a 300		da 300 a 315	da 500 a 530
Viscosità dinamica CSt		100°F (37,8°C)		33,1		62,5	
		210°F (98,9°C)		4,43		5,94	
Punto di scorrimento °F		-40 o inferiore (-40°C o inferiore)		-35 o inferiore (-37°C o inferiore)		0 o inferiore (-17,8°C o inferiore)	0 o inferiore (-17,8°C o inferiore)
Punto di fiocco °F		-60 o inferiore (-51°C o inferiore)		-50 o inferiore (-45,5°C o inferiore)		-30 o inferiore (-34,5°C o inferiore)	
Corrosione su rame 212°F 3hr 100°F 3hr		1 o inferiore		1 o inferiore			
Densità specifica 60°F 15,6°C API-15/4°C		da 22 a 24 (da 0,921 a 0,910)		da 20,5 a 23 (da 0,930 a 0,915)		da 29 a 31 (da 0,882 a 0,870)	da 28,5 a 30,5 (da 0,884 a 0,873)
Tensione di perforazione del dielettrico KV		25 o superiore		25 o superiore		25 o superiore	25 o superiore
Tracce di acqua P.P.M.		30 o inferiore		30 o inferiore		30 o inferiore	30 o inferiore
Additivi		Non usato	Refrattario	Non usato	Refrattario	Non usato	Nefrattario

### 4. Elenco di fornitori di olio per macchine refrigeranti

	Indicazioni sulla temperatura di evaporazione (Te)	
	Te ≥ -30°C	Te < -30°C
SUN OIL NIPPON SUN OIL		SUNISO3GS (VG32)
		SUNISO3GS-D1 (VG32)
		SUNISO4GS (VG56)
		SUNISO4GS-D1 (VG56)
		SUNVIS 51
		SUNISO 331
DAIKYO OIL		PIOREFROIL 32
		PIOREFROIL 56
MOBILE OIL		GARGOIL ARCTIC 155
		GARGOIL ARCTIC 300
		NOTE HEAVY MEDIUM
GENERAL OIL		POLAROIL SUPER 32
		POLAROIL SUPER 68
BRITISH PETROLEUM		BP ENERGOL LPT32
		BP ENERGOL LPT68
SHOWA OIL		SHOSEKI R-M22S
		SHOSEKI R-M46S

**Fig. 12-16 Elenco di oli per tutti i tipi di macchine refrigeranti**

	Compressore alternativo							Compr. rotativo		Turbo compr.	Compr. a viti		
	Ermetico, semiermetico, monofase		Semi-erm., a due fasi	Per contenitore	Per serbat. e collett. evapor.	Tipo aperto monofase		Tipo aperto a due fasi	Te $\geq$ -30°C		Te $<$ -30°C	Te $\geq$ -30°C	Te $<$ -30°C
	Te $\geq$ -30°C	Te $<$ -30°C				Te $\geq$ -30°C	Te $<$ -30°C						
SUNISO3GS (VG32)		⊙	⊙				⊙	⊙				⊙	
SUNISO3GS-D1(VG32)		○	○	⊙			○	○		⊙			
SUNISO4GS (VG56)	⊙						⊙						
SUNISO4GS-D1 (VG56)	○								⊙		⊙		
SUNVIS 51					⊙								
SUNISO 331										⊙			
PIOREFROIL 32		⊙	⊙				⊙	⊙					
PIOREFROIL 56	⊙						⊙						
GARGOIL ARCTIC 155		⊙	⊙				⊙	⊙					
GARGOIL ARCTIC 300	⊙						⊙						
NOTE HEAVY MEDIUM										○			
POLAROIL SUPER 32		⊙	⊙				⊙	⊙					
POLAROIL SUPER 68	⊙						⊙						
BP ENERGOL LPT 32		⊙	⊙				⊙	⊙					
BP ENERGOL LPT 68	⊙						⊙						
SHOSEKI R-M22S													
SHOSEKI R-M46S							⊙						

Note ⊙ ..... Olio standard per macchine refrigeranti  
 ⊙ ..... Equivalente all'olio standard per macchine refrigeranti (Marca nuova di SUNISO 3GS oppure 4GS)  
 ○ ..... Paragonabile all'olio standard per macchine refrigeranti



## Capitolo 13 Spiegazioni supplementari

13.1 Come scegliere la cinghia trapezoidale o la puleggia del motore del ventilatore .....	248
13.2 Installazione del condizionatore d'aria in un luogo dove la maggior parte della fuliggine come i fumi di olio da taglio vengono aspirati .....	249
13.3 Rumore da condizionatori d'aria e provvedimenti .....	250
13.4 Una piccola quantità di corrente di dispersione dalla capacità elettrostatica in sospensione .....	254
13.5 Fenomeni di "spruzzo" dei condizionatori d'aria nelle operazioni di raffreddamento ..	254
13.6 Procedura operativa con cappuccio di otturazione per tubi di raffreddamento nello scambiatore di calore .....	255
13.7 Come usare l'interruttore elettromagnetico .....	256
13.8 Effetto della caduta di tensione istantanea sul contattore elettromagnetico .....	256

## Capitolo 13 Spiegazioni supplementari

### 13.1 Come scegliere la cinghia trapezoidale o la puleggia del motore del ventilatore

Quando si cambia la puleggia del motore del ventilatore, la lunghezza della cinghia trapezoidale può essere determinata nel modo seguente. (Poiché la posizione del supporto del motore è regolabile, la lunghezza della cinghia trapezoidale ammissibile può variare di ±1 pollice.)

#### 1. Determinazione del numero di giri del ventilatore

Riportando su un grafico il punto in cui la portata dell'aria richiesta e la pressione statica esterna (portata dell'aria - pressione statica totale sulla curva delle prestazioni) si incrociano, è possibile determinare il numero di giri del ventilatore.

#### 2. Determinazione della puleggia del motore del ventilatore

Dato che la puleggia del ventilatore è già stata determinata e registrata nelle caratteristiche di rendimento del ventilatore, è possibile determinare la puleggia del motore dal numero di giri del ventilatore, il numero di giri del motore (a 50 Hz, 1.450 giri/min e a 60 Hz, 1.725 giri/min) e il diametro del passo della puleggia del ventilatore.

Passo della puleggia del motore

$$= \frac{\text{Numero di giri del ventilatore} \times \text{Diametro del passo della puleggia del ventilatore}}{\text{Numero di giri del motore}}$$

#### Note)

- ① Il diametro della puleggia viene indicato come diametro esterno, quindi il diametro del passo deve essere sottratto come indicato nella tabella sulla destra.
- ② Con riferimento alle pulegge disponibili sul mercato, fare riferimento alla tabella riportata qui sotto.

Classificate secondo la forma	Valore da sottrarre
A	9 mm
B	11 mm
C	14 mm

#### 3. Determinazione della cinghia trapezoidale

Utilizzando come riferimento la distanza tra gli assi del ventilatore e del motore del ventilatore al momento della spedizione, si può determinare la lunghezza della cinghia trapezoidale.

$$L = 2C + 1,57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$$

L: Lunghezza della cinghia (mm)

C: Distanza dal centro (mm)

D: Diametro passo puleggia grande (mm)

d: Diametro passo puleggia piccola (mm)

Nota) La cinghia trapezoidale viene indicata in pollici.

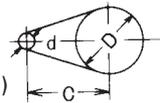


Fig. 13-1 Lista delle dimensioni della puleggia del motore (disponibili sul mercato)

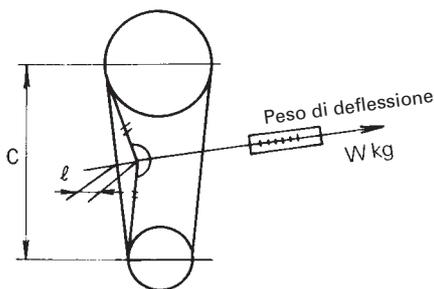
(Unità: mm)

Forma della cinghia	A		B		C		
Numero di cinghie	Da 1 a 3 sono comuni		Da 1 a 5 sono comuni		Da 3 a 6 sono comuni		
	OD (diametro esterno)	PD (diametro del passo)	OD (diametro esterno)	PD (diametro del passo)	OD (diametro esterno)	PD (diametro del passo)	
Dimensioni della puleggia	Diametro min. della puleggia		Diametro min. della puleggia		Diametro min. della puleggia		
	84	75	136	125	214	200	
	89	80	143	132	226	212	
	94	85	151	140	238	224	
	99	90	161	150	250	236	
	104	95	171	160	264	250	
	109	100	181	170	279	265	
	115	106	191	180	294	280	
	121	112			314	300	
	127	118	211	200	329	315	
	134	125			369	355	
	141	132	235	224	414	400	
	149	140			464	450	
	159	150	261	250	514	500	
	169	160	291	280	574	560	
	189	180	311	300	644	630	
			326	315	724	710	
		209	200	366	355		
		233	224	411	400		
		259	250	461	450		
	Il resto è tralasciato.		511	500			
			571	560			

#### 4. Tensione corretta della cinghia trapezoidale

Per la tensione di una cinghia trapezoidale, si deve soddisfare il seguente peso di deflessione (W). Calcolare il valore del carico di deflessione corretto (I) dalla seguente formula e verificare che il peso di deflessione (W) sia nella seguente gamma. Se è fuori specifica, regolarlo, dato che la base del motore è regolabile.

Tipo di cinghia trapez	Peso di deflessione (W) kg
Tipo A	Da 1,4 a 2,1
Tipo B	Da 2,3 a 3,5
Tipo C	Da 4,0 a 6,0
Tipo D	Da 8,0 a 12,0



$$I = 0,016 \times C$$

C: Distanza tra gli assi della puleggia (mm)

#### Nota)

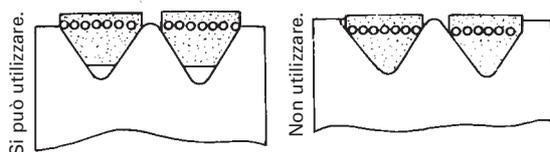
- Regolare sul valore di tensione corretto dopo che è stata installata sulla puleggia. (Dopo aver funzionato 24 o 48 ore.)
- Nel caso di una cinghia nuova, regolarla sul valore di 1,3 volte il massimo del peso di deflessione (W).

#### 5. Guida al momento di sostituzione della cinghia trapezoidale

Quando la cinghia trapezoidale diventa come indicato nella figura sottostante, si può dire che la cinghia ha raggiunto il limite di utilizzo e deve essere sostituita con una nuova.

- Quando la cinghia si usura aderendo sul fondo della scanalatura della puleggia.
- Quando lo slittamento è importante e la rotazione diminuisce sebbene venga eseguita la regolazione normale.

#### Limite di utilizzo della cinghia trapezoidale

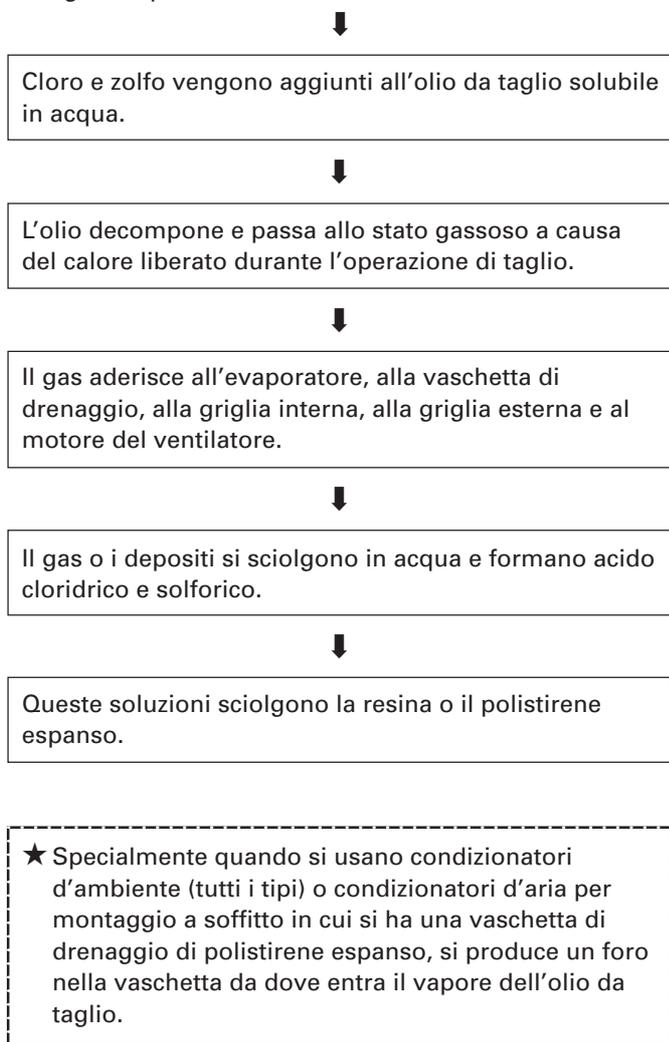


### 13.2 Installazione del condizionatore d'aria in un luogo dove la maggior parte della fuliggine come i fumi di olio da taglio vengono aspirati

Quando il condizionatore d'aria viene installato in un luogo dove si impiega olio da taglio (per lavori di tornitura, ecc.), si possono verificare i seguenti problemi:

- Si produce un foro nella vaschetta di drenaggio di polistirene espanso, con perdita d'acqua.
- griglia di entrata o la griglia di uscita a base di resine si bagnano.
- Il materiale isolante della bobina del motore del ventilatore si bagna, causando un isolamento insufficiente del motore.

Questo problemi sono probabilmente causati dal seguente processo.



★ Specialmente quando si usano condizionatori d'ambiente (tutti i tipi) o condizionatori d'aria per montaggio a soffitto in cui si ha una vaschetta di drenaggio di polistirene espanso, si produce un foro nella vaschetta da dove entra il vapore dell'olio da taglio.

### 13.3 Rumore da condizionatori d'aria e provvedimenti

Il rumore provocato dal condizionatore d'aria su TV e radio è causato principalmente dalla scarica elettrica dell'alta tensione, dalla scarica di contatto nel momento di interruzione. Si parlerà qui di prevenzione del rumore, cura del prodotto e individuazione dei guasti.

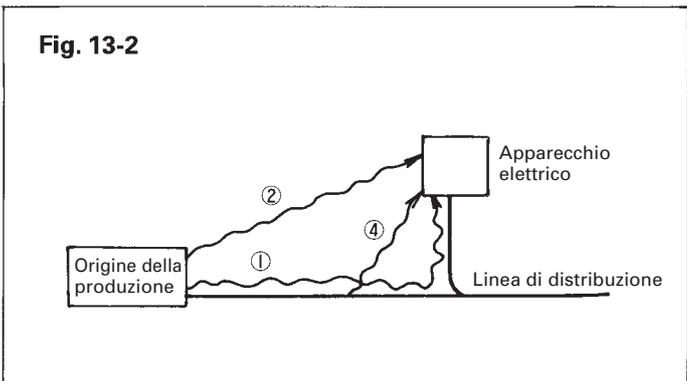
#### 1. Classificazione e origine dei principali rumori

Rumore naturale	{	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Rumore atmosferico.....</li> <li>● Rumore dallo spazio</li> </ul>	{	<p>La terra, il vapore acqueo, la ionosfera (rumore termico)            Scarica di fulmini (rumore atmosferico)            Gocce di pioggia, tempesta di polvere, tempesta di neve (rumore di deposizione)</p>
Rumore artificiale	{	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Dovuto a scintille.....</li> <li>● Dovuto a scintille e contatto a impulsi y contactos de pulsos</li> <li>● Dovuto a scariche a bagliore.....</li> <li>● Dovuto all'effetto corona.....</li> <li>● Dovuto ad oscillazione continua .....</li> </ul>	{	<p>Scintille da dispositivo ad alta frequenza            Candele di accensione di motori a combustione interna (automobile, motocicletta, aeroplano)            Termostato, vibratore            Vetro deteriorato di linee di trasmissione o distribuzione            Tram            Motori in serie di piccole dimensioni per trapani elettrici, strumenti per dentista, motori elettrici, aspirapolvere            Lampada fluorescente, lampade al neon, raddrizzatore a vapore di mercurio            Linea di trasmissione ad altissima tensione (275 kV), ozonizzatore            Applicazioni ad alta frequenza (macchine da cucire ad alta frequenza, attrezzature mediche)</p>

#### 2. Produzione e propagazione di onde di guasto

I problemi causati dall'alta frequenza vengono prodotti nel circuito elettrico connesso, in seguito a scariche, oscillazione o cambiamento improvviso di tensione (corrente). Il cammino di propagazione è il seguente.

- La corrente delle onde di guasto si sposta lungo i cavi dell'alimentazione provocando guasti (Fig. 13-2 ①).
- Le onde di guasto diventano onde elettriche e si riflettono provocando guasti (Fig. 13-2 ②)
- Propagazione complessa di ① e ②.
- Diventano onde elettriche dai cavi dell'alimentazione con conseguente irraggiamento (Fig. 13-2 ④).



### 3. Come considerare la prevenzione del rumore

La maggior parte del rumore artificiale può essere bloccato intervenendo alla radice del problema. È un modo efficace e non costoso di risolvere i problemi.

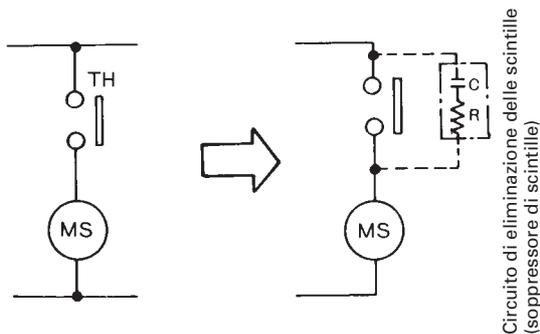
#### Esempi:

- Eliminare il rumore → eliminare le scintille o la corona.
- Bloccare la propagazione del rumore.  
Se la fonte di rumore non può essere eliminata a causa del funzionamento dell'apparecchio (per esempio: dispositivo ad alta frequenza), bloccare la propagazione del rumore può arrestare il danno.  
Propagazione dall'alimentazione → inserire un filtro di corrente.  
La propagazione diventa onda elettrica e irraggiamento → schermare elettricamente.

### 4. Misure concrete di prevenzione del rumore

#### ■ Eliminazione di scintille

Ciò si riferisce all'eliminazione di scintille elettriche generate dal termostato.



#### ● Espediente per scintille

Quando si fa passare corrente, l'energia immagazzinata nell'interruttore magnetico viene scaricata quando il termostato è su OFF e si formano scintille sul contatto.

Mediante calcolo, è possibile determinare le capacità di C e R nel circuito di eliminazione delle scintille. Tuttavia, sarà più efficace preparare altri tipi di C e R per formare combinazioni tra i vari C e R da usare nel momento in cui si verifica il problema.

#### ■ Tipi di C e R necessari sul posto di lavoro

- Il punto C (condensatore) 0,1  $\mu\text{F}$  con pressione resistente è  $\sqrt{2}$  volte o più la tensione operativa, tipo a mica
- Il punto C (condensatore) 0,05  $\mu\text{F}$  con pressione resistente è  $\sqrt{2}$  volte o più la tensione operativa, tipo a mica
- Il punto C (condensatore) 0,01  $\mu\text{F}$  con pressione resistente è  $\sqrt{2}$  volte o più la tensione operativa, tipo a mica
- R (resistenza) 100  $\Omega$  tipo 1/4W o maggiore
- R (resistenza) 200  $\Omega$  tipo 1/4W o maggiore
- R (resistenza) 300  $\Omega$  tipo 1/4W o maggiore

Combinando i vari tipi di C e R, è possibile determinare la combinazione più efficace.

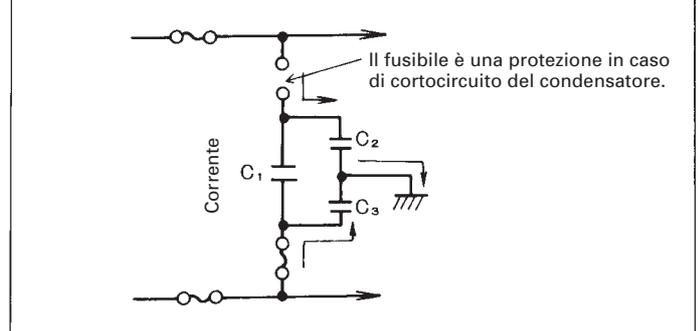
#### [Per riferimento]

La combinazione più efficace di C e R (valori aggiornati) è:  
C = 0,05  $\mu\text{F}$   
R = 300  $\Omega$

#### ■ Installare un filtro di corrente

Bloccare la propagazione a partire dal cavo usando C e R (bobina).

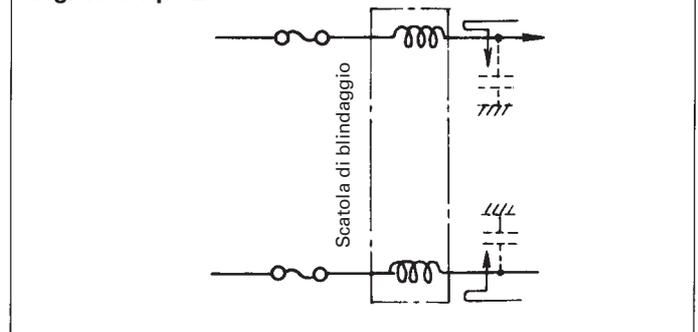
Fig. 13-3 Tipo C (struttura del circuito)



#### (Principio di funzionamento)

Quanto più la frequenza è elevata, tanto più diminuisce la resistenza (impedenza). Utilizzando questa capacità del condensatore, la resistenza aumenta rispetto alla frequenza di distribuzione e diminuisce rispetto alla frequenza del rumore. Quindi solo l'onda di guasto viene bypassata a terra.

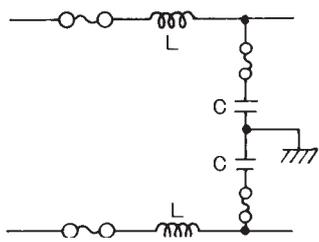
Fig. 13-4 Tipo L



#### (Principio di funzionamento)

La propagazione alla linea di distribuzione viene bloccata utilizzando la proprietà di L, poiché L aumenta la frequenza e la resistenza (impedenza) aumenta, che è l'opposto di C.  
(L'uso indipendente di questo circuito è minimo.)  
(Il tipo F è usato in molti casi.)

Fig. 13-5 Tipo F



**(Principio di funzionamento)**

Si prevede un effetto considerevole in confronto all'uso indipendente di C o L. Poiché questo tipo utilizza la variazione di resistenza all'alta frequenza di C e L, mettere a terra l'energia che è stata bloccata nel punto L.

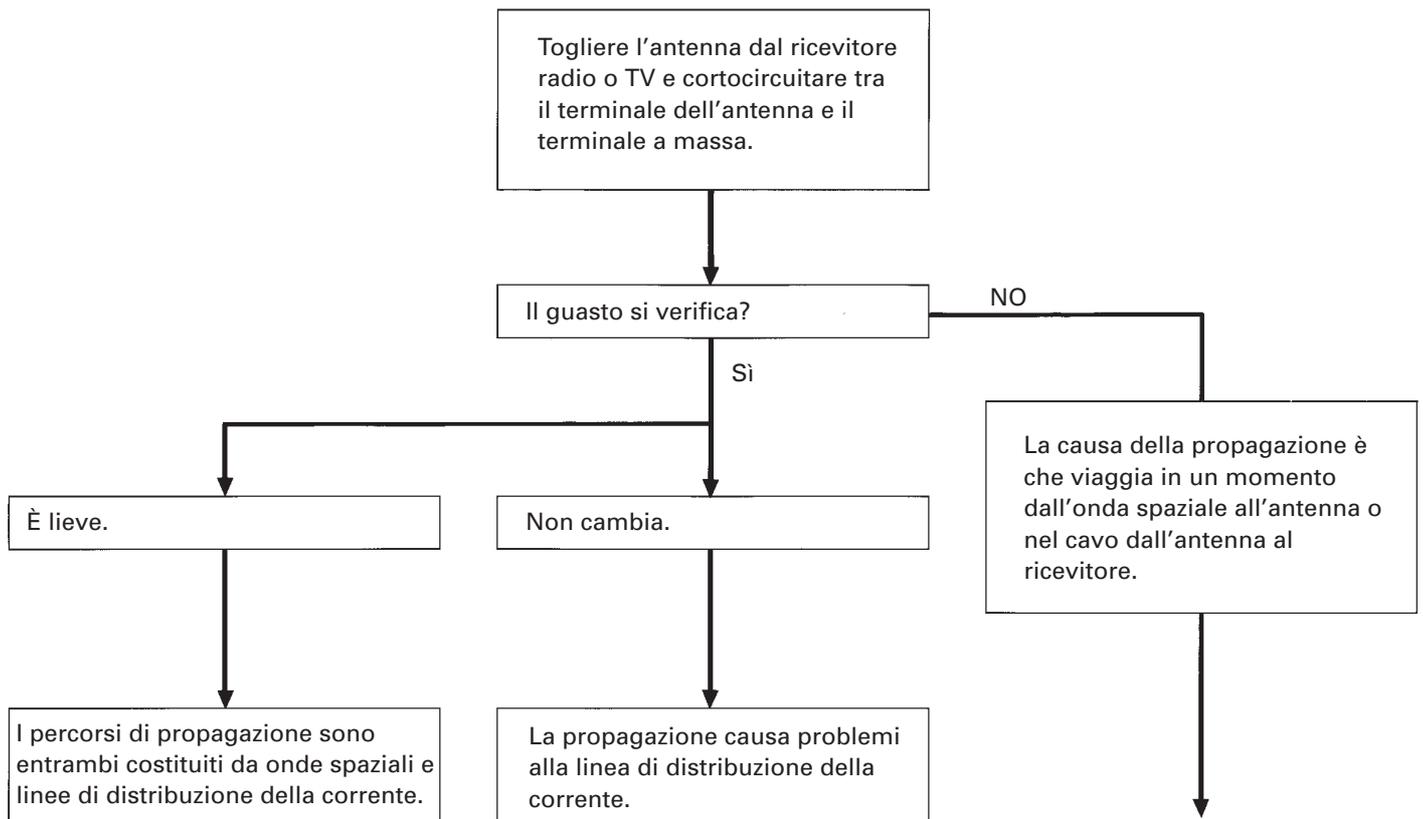
**■ Note sulla scelta di C e R**

- Scegliere per quanto possibile un condensatore di buona qualità per C. (Si consigliano i tipi a mica.)
- Per quanto riguarda l'interruttore automatico, C e R sono scelti e installati in modo che l'aumento della corrente di dispersione a terra sia entro 1 mA.
- Mettere a terra il cavo. (La resistenza di terra non supera i 100 Ω.) Inoltre, mettere a terra il cavo in modo indipendente perché spartirlo con altri dispositivi può provocare guasti inattesi.
- C e R devono essere installati nel punto più vicino alla zona che causa problemi, come ad esempio il termostato o il trasformatore d'accensione.

**5. La seguente tabella elenca i prodotti DAIKIN e le parti dove si può verificare un guasto, nonché il tipo di problema e le contromisure.**

Tipo di macchina	* 1 Luogo di produzione del guasto * 2 (Luogo dove vi è possibilità di produzione)	Tipo di produzione	Controllo	Contromisure quando si produce il guasto
Tutti i tipi di macchine (eccetto condizionatori d'aria per computer)	* 2 La possibilità che il guasto sia prodotto da una variazione annuale del termostato o dal contatto del circuito corrispondente è elevata.	Scintilla	Non esiste	Si risolve il problema solo installando un circuito di estinzione delle scintille.
Riscaldatore - Forno ad aria calda	* 1 Scintilla ad alta tensione dell'elettrodo (trasformatore per accensione)	Scintilla	Non esiste. Durante la formazione di scintille, viene prodotta un'onda di guasto. Ma, dato che si può schermare, la propagazione è difficile.	① Cambio di schermo magnetico incorporato nel trasformatore di accensione. (Sul trasformatore è indicato "TIPO A BASSO RUMORE".) ② Il circuito di tipo C e L è incorporato.
Condizionatore d'aria a riscald. pulito (GFV)	* 1 (Scintille ritardate)	Oscillazione continua	Esiste (circuito di tipo C e R incorporati)	
Bobina del ventilatore (con dispositivo di controllo automatico della portata d'aria)	* 1 Dispositivo di controllo automatico della portata d'aria	A causa di una variazione improvvisa di tensione	Esiste (circuito di tipo C e R incorporati)	
Bobina del ventilatore (con precipitatore elettrostatico)	* 2 Quando gli elettrodi del collettore di polvere sono ostruiti dalla sporcizia, si produce un guasto.	Effetto corona o scintilla	Non esiste. Poiché la tensione da 100 è aumentata dal trasformatore, non vi è produzione dal trasformatore ad alta tensione.	
Filtro dell'aria	* 1 Dispositivo di corrente ad alta tensione	Oscillazione continua	Esiste (Circuito di tipo C incorporato)	
Condizionatore d'aria per computer	* 2 Circuito di controllo	Scintilla	Esiste (Tipo C e R a 2 fasi)	

## 6. Metodo di rivelazione del percorso di propagazione (caso della radio o della TV)



### Metodo di eliminazione

- Eliminare come indicato sulla destra.

### Fasi

- Se causato dal termostato, usare i tipi C e R.
- Se causato dall'accensione, come per il bruciatore, usare il tipo C.
- Alimentare a partire da un'altra presa.
- Nel caso del lato di alimentazione del dispositivo che origina il guasto, si deve installare il tipo C a 2 fasi.
- Se si utilizza una radio senza antenna, installare un'antenna di circa 1-2m di lunghezza.
- Nel caso del televisore, accertarsi che l'antenna e il cavo siano saldamente collegati.

### Fasi

- Se causato dal termostato, usare i tipi C e R.
- Se causato dall'accensione, come per il bruciatore, usare il tipo C.
- Quando si utilizza un vecchio cavo del televisore, cambiarlo con un cavo coassiale.



- Controllare il rendimento a massa del dispositivo che origina il problema.

### 13.4 Una piccola quantità di corrente di dispersione dalla capacità elettrostatica in sospensione

Talvolta, tra il rivestimento del condizionatore d'aria o il refrigeratore e la terra si misurano più di 10V, o il corpo umano può percepire una piccola quantità di corrente di dispersione.

Tali fenomeni sono prodotti da tutti gli apparecchi elettrici (specialmente se includono motori come la lavatrice o il frigorifero), se si verificano tutte le condizioni, per cui non si tratta di fenomeni anormali.

#### [Misure preventive]

Questi fenomeni possono essere evitati costruendo una terra. Infatti, l'unica misura preventiva è la messa a terra, che va quindi effettuata durante l'installazione.

#### ■ Osservazioni sulla capacità elettrostatica in sospensione e le perdite

In tutti i casi, più o meno, il corpo umano riceve una scossa elettrica, ma le cause possono essere molto diverse.

- Se si fornisce una resistenza di isolamento sufficiente, quando si misura questa resistenza, non si ha cortocircuito.
  - Si deve considerare come elettricità causata da capacità elettrostatica in sospensione.
- Dopo aver misurato la tensione con un tester tra la parte interessata da elettricità diversa da quella del circuito elettrico e la terra, se vi sono differenze tra le tensioni misurate in ciascuna gamma, considerarle come elettricità causata da capacità elettrostatica in sospensione.

**Nota)** Vi sono diversi modi per valutare se la messa a terra è completa oppure no. In modo molto semplice, misurare la tensione tra il terminale a massa e il lato di alimentazione (nel caso di 100V è ⊕).

- Quando la tensione è uguale alla tensione di alimentazione - la messa a terra è corretta.
- Quando la tensione è inferiore alla tensione di alimentazione - la messa a terra è errata.

### 13.5 Fenómeno de "vaporización" del acondicionador de aire en la refrigeración

#### ■ Fenomeni

Occasionalmente, nelle operazioni di raffreddamento, vi è un fenomeno di spruzzo dall'uscita di un condizionatore d'aria quasi nuovo, utilizzato solo una stagione.

#### ■ Luogo in cui si verifica

Il luogo in cui si verifica è praticamente limitato alla zona dove la quantità di nebbie oleose e di vapore prodotti sono piuttosto grandi, come in un ristorante cinese o in una rosticceria.

#### ■ Cause

Si suppone che in un'atmosfera dove la quantità di nebbie oleose è grande, si formi un rivestimento oleoso sulla superficie dell'evaporatore e l'acqua di drenaggio su questo rivestimento viene respinta trasformandosi in una sostanza nebbiosa nel processo di soffiatura con aria raffreddata.

#### ■ Punti di eliminazione

Quando tale fenomeno si verifica, lavare l'evaporatore. Inoltre, questo lavaggio è efficace per guasti che si verificano "in condizionatori d'aria dai parrucchieri, nei negozi di cosmetici, ecc. dove si generano cattivi odori". Il modo di lavaggio è indicato nella seguente figura. Spruzzare l'evaporatore con il liquido di lavaggio e lo spruzzatore fino a quando l'olio non è stato rimosso a sufficienza. Usare Clean-Star F101 diluito cinque volte con acqua come liquido di lavaggio. E dopo aver lavato a spruzzo, si deve eseguire un lavaggio completo dell'evaporatore con acqua calda. (Si consiglia acqua tiepida.)

#### Osservazioni

- Evitare di lavare durante le ore di apertura dei negozi, a causa dei prodotti chimici utilizzati.
- Il liquido di lavaggio (soluzione non diluita) ha una certa alcalinità. Attenzione a non venire in contatto con la soluzione non diluita. Ma non è necessario usare guanti di gomma. Inoltre, questo liquido non presenta né odore né tossicità.



#### ■ Liquido di lavaggio

Clean Star F-101

Produzione e distribuzione: Kurita Industries Ltd.

#### Esempio tipico

Ristorante cinese

Tipo: UCS3G

- Quantità di liquido di lavaggio utilizzata (soluzione non diluita): 4l
- Tempo di lavaggio (compreso il tempo necessario al lavaggio finale): circa un'ora.

## 13.6 Procedura operativa con cappuccio di otturazione per tubi di raffreddamento nello scambiatore di calore

### 1. Scopo

Quando un tubo di raffreddamento nel condensatore (CHS) o nell'evaporatore è danneggiato (apertura nel tubo), e quando il tubo di raffreddamento non può essere sostituito, il condensatore o l'evaporatore può essere utilizzato con il tubo danneggiato non in funzione inserendo cappucci di otturazione ad entrambe le estremità del tubo. La procedura operativa è la seguente.

Nel caso di incidente dovuto alla corrosione nello scambiatore di calore, iniziare il lavoro dopo aver determinato la corrente parassita. E accertarsi che i tubi di raffreddamento eccetto quello danneggiato non siano corrosi dopo aver eseguito il test di troppopieno. In genere, in caso di incidente dovuto alla corrosione, quasi tutti i tubi di raffreddamento sono corrosi. Perciò, sebbene solo il tubo danneggiato venga otturato con cappuccio, vi sarà di nuovo un reclamo.

### 2. Scambiatore di calore applicabile

Tubo di raffreddamento : diametro esterno:  $\phi$  19,1  
: diametro interno:  $\phi$  16,7

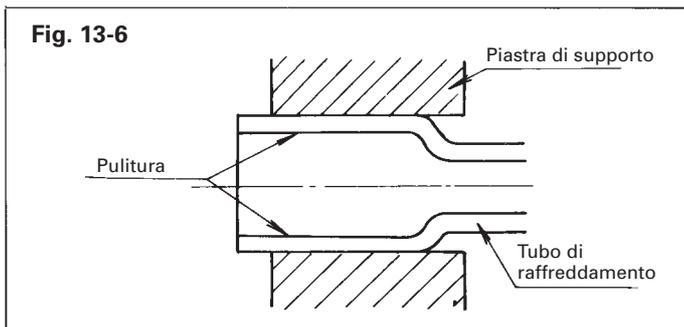
Materiale { BSTF 2  
D Cut

### 3. Numero dell'articolo del cappuccio di otturazione

Numero dell'articolo: 299601

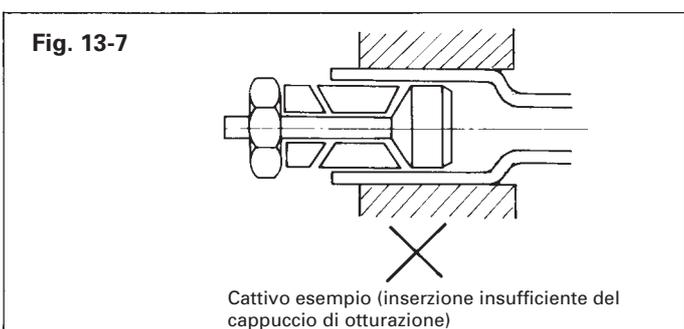
### 4. Procedura operativa

- Pulire l'interno del tubo di raffreddamento. (Posizione di installazione dei cappucci di otturazione.)  
(Levigare la superficie interna con carta #600 per togliere lo sporco aderente.)

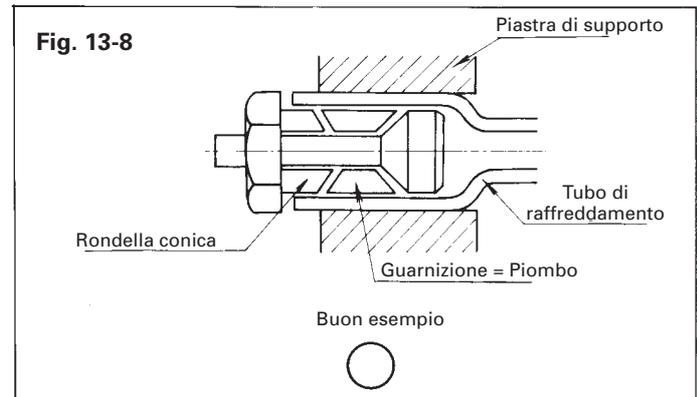


### ■ Installazione del cappuccio di otturazione

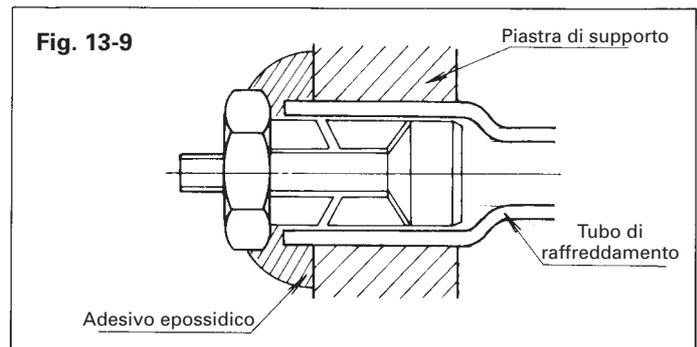
- Si devono usare adesivi epossidici all'interno della posizione di installazione.  
Adesivo epossidico: Cemendine #1302



- La rondella conica deve essere saldamente inserita nel tubo di raffreddamento.

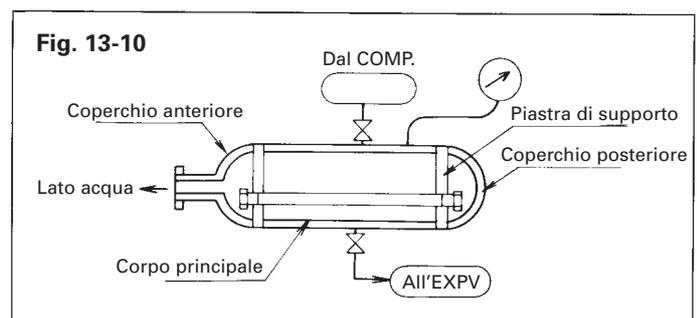


- Serraggio del cappuccio di otturazione  
Coppia di serraggio.....Serrare il cappuccio con una coppia di circa 120kg-cm.  
Serrarlo con due chiavi.
- Otturazione girevole  
Dopo aver serrato, effettuare un'otturazione girevole usando l'adesivo epossidico.



- Eseguire la suddetta procedura ad entrambe le estremità del tubo di raffreddamento.
- Essiccazione dell'adesivo epossidico.  
Tempo di essiccazione → da 12 a 24 ore all'aria.
- Verifica del test di fuoriuscita.

	Elemento	Gas caricato	Valore della pressione di prova
1 Lato interno	R-12	Nitrogen gas + Freon	16,5
	R-22	Nitrogen gas + Freon	20



Verificare che non vi siano fuoriuscite di gas dal lato interno o dal lato dell'acqua, mediante rivelatore di gas del tipo torcia ad alogenuro.

**Nota)**

- Verificare che la guarnizione di piombo sia usata.
- Per unità marine, eseguire il test secondo la pressione specificata.
- Quando il numero di tubi di raffreddamento per i quali si usano cappucci di otturazione supera il 5%, informarsi presso la Daikin.

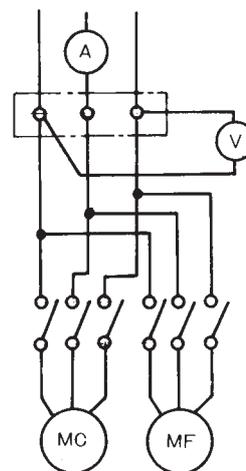
### 13.7 Come usare l'interruttore elettromagnetico

L'uso sbagliato dell'interruttore elettromagnetico provoca non solo guasti a quest'ultimo, ma anche all'intera apparecchiatura. L'interruttore elettromagnetico rappresenta un componente molto importante. Viene spiegato qui di seguito come utilizzarlo.

L'interruttore elettromagnetico al quale ci si riferisce è specificato nel JIS-C8325.

- ① La tensione di funzionamento deve essere compresa tra l'85% e il 110% di quella nominale.
- ② La bobina di funzionamento non deve essere collegata in serie.
- ③ L'interruttore non deve essere usato una volta o più volte per 3 secondi.
- ④ Quando sono presenti entrambi i contatti ausiliari a e b nello stesso blocco, ed entrambi sono utilizzati, devono essere collegati in modo che siano in fase.
- ⑤ Nel caso di avviamento  $\lambda - \Delta$ , il ritardo per passare da  $\lambda$  a  $\Delta$  deve essere di 0,1 secondi o superiore.
- ⑥ Poiché la capacità nominale del contatto differisce a seconda della tensione del circuito o del tipo di carico, va scelta in funzione delle condizioni.
- ⑦ Questo interruttore non deve essere usato per carichi che superano continuamente la capacità nominale.
- ⑧ Non utilizzare due o più contattori collegati in parallelo per cambiare un solo carico.
- ⑨ Se si usano i contatti di un solo contattore in parallelo, utilizzarli dopo verifica mediante test, a seconda dello stato attuale del carico.
- ⑩ La temperatura ambiente standard è di 40°C e la temperatura di servizio massima è di 65°C.
- ⑪ Fare attenzione a olio, sporco, gas, ecc.
- ⑫ Installarlo in posizione verticale con il terminale del lato alimentazione rivolto verso l'altro e quello del lato carico rivolto verso il basso.
- ⑬ Si deve avere un gioco di 5mm o superiore tra gli interruttori mutui e tra l'interruttore e il pannello laterale o il coperchio superiore.
- ⑭ La vite del terminale deve essere serrata saldamente.
- ⑮ Se si sostituisce un contatto, tutti i contatti nello stesso interruttore devono essere sostituiti contemporaneamente.
- ⑯ Il relè di sovracorrente deve essere usato se necessario, a seconda del tipo di carico.
- ⑰ Vi sono due tipi di sistema di ripristino del relè di sovracorrente: ripristino automatico e manuale. Sceglierlo in modo che la composizione del circuito dell'intero sistema diventi un sistema di ripristino manuale (sistema di rimessa nello stato iniziale).

Fig. 13-11



### 13.8 Effetto della caduta di tensione istantanea sul contattore elettromagnetico

All'avviamento del compressore, si ha un passaggio di corrente superiore alla corrente normale e, di conseguenza, si verifica talvolta una caduta di tensione relativamente importante, che viene di solito chiamata "caduta di tensione istantanea".

Quando si verifica una caduta di tensione istantanea nell'istante di chiusura del contattore elettromagnetico, talvolta la forza coercitiva del magnete diminuisce provocando un funzionamento vibrante mediante la forza di repulsione della molla per lo smorzamento del nucleo di ferro.

Il funzionamento vibrante del contatto diminuisce la durata di funzionamento del contattore. Se il contatto ripete continuamente ON e OFF, l'arco tra i contatti riduce continuamente la durata di funzionamento.

Se si fornisce un cablaggio all'esterno dell'apparecchiatura, con i cavi di dimensioni e distanza riportate nel manuale tecnico DAIKIN, non si verificherà una caduta di tensione tale da ridurre la durata di funzionamento del contatto. Se i cavi sono di dimensioni più piccole di quelle specificate, o se superano la distanza massima, si possono avere dei problemi. Se si verifica una caduta di tensione che provoca una diminuzione notevole della durata di funzionamento del contatto, sostituire il cablaggio.

**[Un metodo per misurare la caduta di tensione istantanea nel settore]**

Una caduta di tensione istantanea non può essere misurata con un voltmetro o un tester di tipo generale. Ma si può determinare dalla seguente formula.

- Quando c'è un carico (motore del ventilatore, ecc.) in funzione prima del funzionamento del compressore:

$$V_S = V_0 - \left( \frac{I_I + I_S}{I_R} \right) (V_0 - V_R)$$

- Quando l'unità è costituita dal solo compressore:

$$V_S = V_0 - \left( \frac{I_S}{I_R} \right) (V_0 - V_R)$$

$I_I$ : Corrente totale del carico in funzione prima del funzionamento del compressore.

$I_R$ : Corrente di funzionamento della macchina refrigerante.

$V_0$ : Tensione di alimentazione nel punto di arresto della macchina refrigerante.

$V_R$ : Tensione di alimentazione con la macchina refrigerante in funzione.

$I_S$ : Corrente d'avviamento ..... Fare riferimento alla seguente tabella.

$V_S$ : Caduta di tensione istantanea.

**1. Tensione di funzionamento**

- L'uso attuale della bobina è impossibile tra la corrente continua (CC) e la corrente alternata (CA).
- In caso di CA, talvolta non si può usare la stessa tensione per 50Hz e 60Hz.  
Per esempio, ce ne è una nominale tripla (da 60Hz 200V a 220V 50Hz 200V) che non può essere usata per l'alimentazione di 50Hz 220V nominali.
- La tensione di funzionamento minima varia a seconda della dimensione dell'interruttore. In genere, se ha almeno l'80% del valore nominale, funzionerà correttamente.
- Si può usare fino al 110% del valore nominale senza provocare un aumento anormale della temperatura della bobina.
- Se la tensione è troppo alta, si ha notevole sviluppo di calore, con aumento della corrente magnetizzante.
- Se la tensione è troppo bassa, si genera un rumore sibilante con un'insufficienza di assorbimento acustico e, in casi estremi, diventa come una bobina in aria e si ha rottura per surriscaldamento.
- Se si produce una caduta di tensione istantanea nell'istante della chiusura, si genera un funzionamento vibrante provocando la saldatura del contatto.

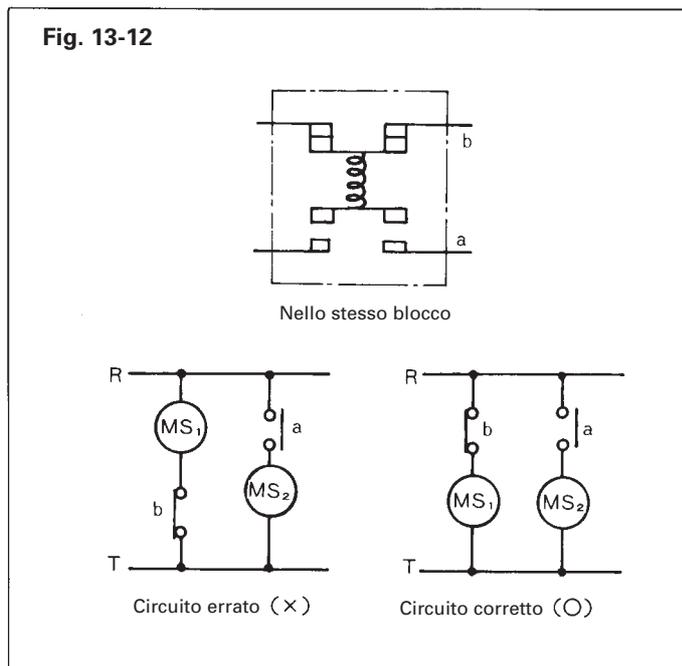
**2. Uso in serie della bobina di funzionamento**

Quando si utilizzano due bobine da 100V in serie in un circuito da 200V, si produce una differenza tra le tensioni delle bobine a causa della differenza tra ciascuna bobina e l'impedenza, e la bobina con il carico più pesante viene surriscaldata.

**3. Frequenza di apertura e chiusura dell'interruttore**

Durante la chiusura, una notevole quantità di corrente passa attraverso la bobina. Quindi, se viene aperto e chiuso in continuazione una volta o più volte per 3 secondi, si ha una notevole produzione di calore.

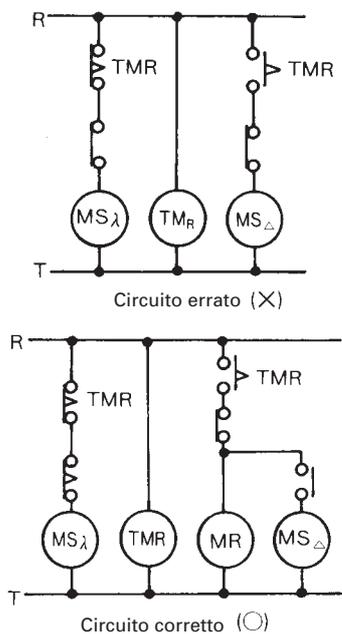
**4. Come usare i contatti ausiliari "a" e "b" nello stesso blocco**



I contatti "a" e "b" sono collegati con una molla, e talvolta, a seconda della regolazione, si può avere cortocircuito.

## 5. Tempo di sostituzione di con $\lambda$ a $\Delta$

Fig. 13-13



Quando il funzionamento di  $\Delta$  è interrotto e la scomparsa dell'arco è insufficiente, è necessario prendere il ritardo di 0,1 sec o più lungo per la sostituzione e per evitare di provocare il cortocircuito dell'arco attraverso i contatti.

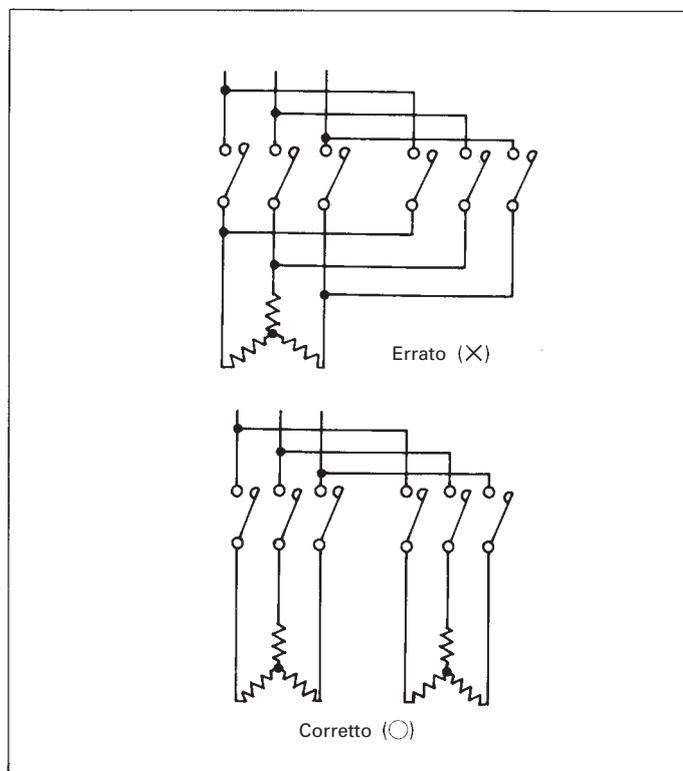
## 6. Capacità nominale dei contatti

- La capacità nominale dei contatti viene determinata dalle relazioni tra la capacità di interruzione (l'arco può essere interrotto?), la capacità elettrica di accensione (aumento di temperatura della parte in funzione) e la durata di funzionamento.
- Anche tra gli stessi tipi di contattori, quando si confronta quello collegato con il relè di sovracorrente con quello che non ha questo collegamento, talvolta la capacità nominale di uno di questi varia. (A causa del riscaldamento del relè di sovracorrente, nel caso di quello collegato, la capacità nominale è piccola.)
- Vi sono diverse capacità nominali a seconda del tipo di carico. Perciò, scegliere quella adatta, facendo riferimento ai cataloghi.
- La durata di funzionamento elettrica del tipo CLK è di 250.000 volte, quando si carica 5 volte la corrente della capacità nominale ad una frequenza di apertura e chiusura di 300 volte all'ora e la corrente normale è interrotta. (A-3-2 di JIS8325)
- La corrente bloccata del motore non deve essere usata in modo intermittente, e si può caricare o interrompere 10 volte la corrente della capacità nominale. Ma, secondo le specifiche JIS, CO (chiusura e apertura) è 5 volte e C (chiusura) è 100 volte. Se si ripete l'interruzione della corrente elevata, la durata di funzionamento diminuirà.
- Quando si produce un funzionamento vibrante, la corrente è intermittente e continuamente interrotta, e il calore dell'arco è accumulato e provoca la saldatura del contatto.

## 7. Scelta della capacità nominale dell'interruttore secondo il tipo di carico

- Carico di resistenza: scegliere questo in attesa del limite superiore di tolleranza del carico.
- Carico del motore: scegliere il relè di sovracorrente la cui capacità è superiore al valore fissato. (Quando il relè di sovracorrente non è usato oltre la corrente nominale.)
- Carico induttivo, carico della bobina elettromagnetica, carico della lampadina: scegliere quello la cui capacità è superiore alla corrente nominale.
- Carico del solo condensatore: la capacità elettrica, rispetto al carico generale, è piccola. Sceglierla utilizzando il catalogo del produttore.
- Circuito CC: come sopra.

## 8. Uso in parallelo degli interruttori



Poiché la capacità nominale di un interruttore è insufficiente, è impossibile avere due interruttori collegati in parallelo per effettuare un'operazione in apertura-chiusura di un solo carico. Vi sono differenze nella velocità di apertura o chiusura degli interruttori. Tutti i carichi sono imposti sulla chiusura rapida o sull'apertura lenta provocando un aumento anormale della temperatura o la saldatura dei contatti.

### 9. Uso in parallelo dei contatti in un interruttore

Sebbene la capacità conduttiva sia insufficiente nel caso di un solo polo, è possibile pianificare l'aumento della capacità conduttiva mediante l'uso in parallelo di due o tre poli.

Ma, a causa dello squilibrio dei valori di resistenza dei contatti, la capacità conduttiva non raddoppierà né triplicherà. La capacità di chiusura e apertura diventa la stessa rispetto a quando si usa un solo polo mediante variazione dei tempi di separazione dei contatti, per ciascun contatto. E la frequenza di apertura e chiusura deve essere diminuita. La durata di funzionamento sarà ridotta alla metà rispetto al caso in cui si utilizza un solo polo.

### 10. Temperatura ambiente

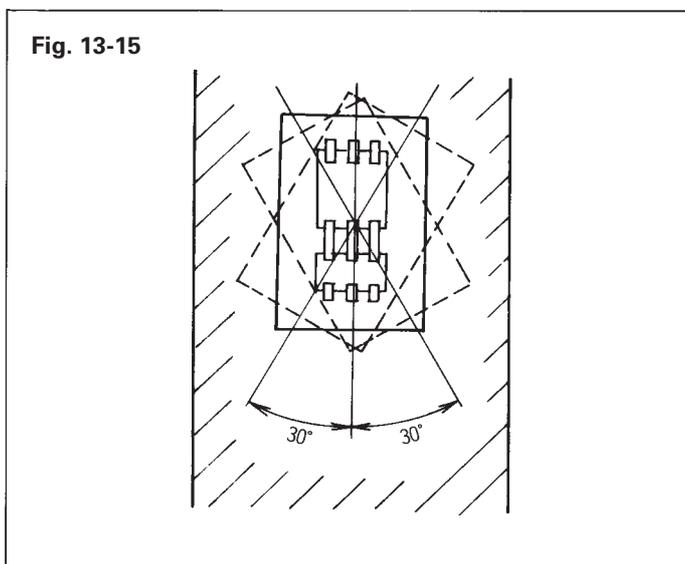
La temperatura ambiente standard è di solito 40°C e la temperatura di servizio massima è di 65°C.

Quando si usa a temperature elevate, si richiedono misure come l'aumento dell'isolamento della bobina ridotta della corrente di carico applicabile.

### 11. Influenza di olio, sporco o gas

- Se si ha aderenza di olio o sporco sul contatto o il nucleo di ferro, ciò provocherà un aumento della temperatura a causa di cattiva continuità del contatto incompleto, o esaurimento anormale del contatto.
- I gas a base di zolfo, azoto e ammoniaca penetrano nel contatto d'argento.

### 12. Direzione d'installazione



- Deve essere installato verticalmente in modo che il terminale del lato di alimentazione sia rivolto verso l'alto e il lato del carico sia rivolto verso il basso. Ma è tollerabile un'inclinazione di 30° in avanti e indietro, verso sinistra e/o verso destra.
- Ma, se è installato rivolto verso l'alto, verso il basso o lateralmente, produce un effetto sulla tensione di funzionamento, la capacità di interruzione, la durata di funzionamento, ecc.

### 13. Serraggio della vite del terminale

L'allentamento della vite del terminale contribuisce al funzionamento vibrante o alla bruciatura della resina. Deve quindi essere saldamente serrata.

### 14. Sostituzione di un contatto

Quando un contatto viene sostituito per la sua scabrezza, ecc. è necessario sostituire tutti i poli contemporaneamente.

### 15. Tipi di relè di sovracorrente

- Quando i motori dei compressori ermetici e semiermetici vengono confrontati con quelli multiuso, il circuito nel momento di bloccaggio deve essere rapidamente interrotto.  
Usare un relè di sovracorrente di tipo a funzionamento rapido.  
Esempio  
CLK-25UT-P5  
Quello contrassegnato con P5 o con la scritta "per il compressore".
- Per il ventilatore, la pompa, ecc. utilizzarne uno le cui proprietà sono indicate nel JIS-C8325.  
Esempio  
CLK-25UT-P4  
Quello contrassegnato con P4 o senza la scritta "per il compressore".
- Per ventilatori elicoidali di grandi dimensioni per i quali si richiede un tempo di avviamento di 5 secondi o superiore, è necessario utilizzare un tipo a funzionamento ritardato.  
Esempio  
CLK-20UT-P9S3  
Da UWY80 a 120E per ventilatore, lato alta velocità

### 16. Sistema di ripristino del relè di sovracorrente

- Quello per il compressore non è impiegato né per il tipo automatico né per quello manuale.
- Un altro è impiegato sia per l'automatico che per il manuale, ma il sistema di ripristino deve essere indicato alla consegna.