

CAPITOLO 10

# **IL COMPRESSORE A VITE**



## IL COMPRESSORE A VITE

Il compressore a vite è un compressore volumetrico rotativo. La compressione del refrigerante avviene mediante una riduzione progressiva del volume all'interno del quale è alloggiato il refrigerante stesso.

Un compressore a vite è essenzialmente costituito da un involucro entro il quale ruotano due rotori le cui superfici sono lavorate secondo viti a più principi aventi un determinato profilo.

Il compressore a vite nasce come compressore a secco per poter comprimere gas senza contaminarli con olio. Una tipica applicazione è riscontrabile nel campo dell'aria compressa: in questi casi i compressori sono dotati di due viti entrambe dotate di moto proprio e tra di loro perfettamente sincronizzate, in modo da non venir mai a contatto tra le loro superfici, benché gli spazi tra le stesse sia minimi.

Diversa è la natura dei compressori a vite utilizzati nel campo della refrigerazione. Per ridurre i costi dovuti alla precisione di lavorazione dei due profili, ai sistemi di sincronizzazione e soprattutto per eliminare i problemi dovuti a carichi assiali sui profili stessi, essenzialmente dovuti al maggior differenziale di pressione del campo di lavoro dei fluidi frigoriferi, le superfici delle viti vengono messe a contatto fra di loro. Così, delle due viti, una, la vite maschio, è direttamente collegata al motore; mentre l'altra, la vite femmina, viene trainata dal moto della prima. Un'abbondante lubrificazione permette il corretto funzionamento del sistema, fungendo, nel contempo, anche da tenuta.

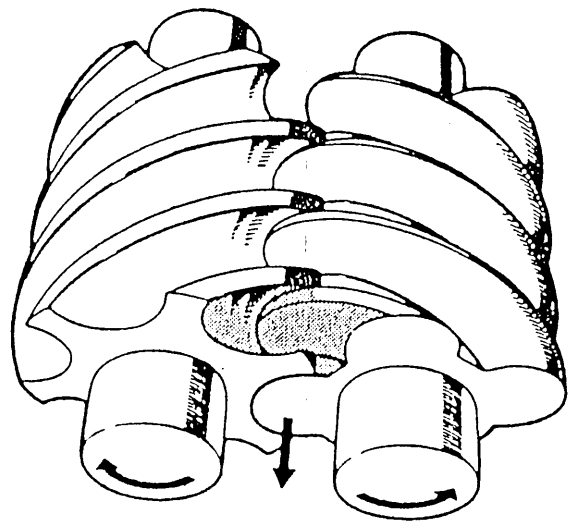
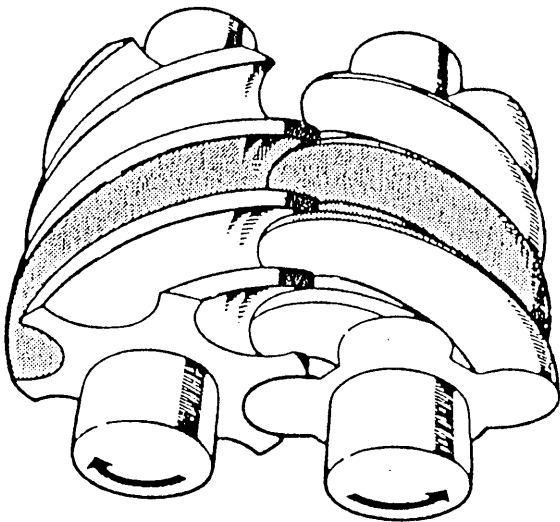
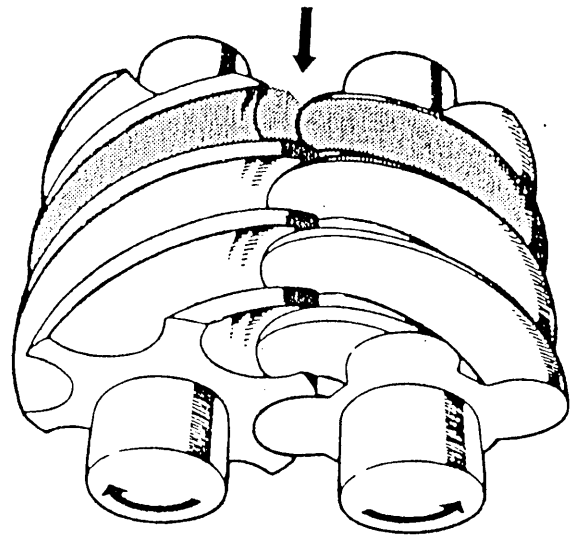
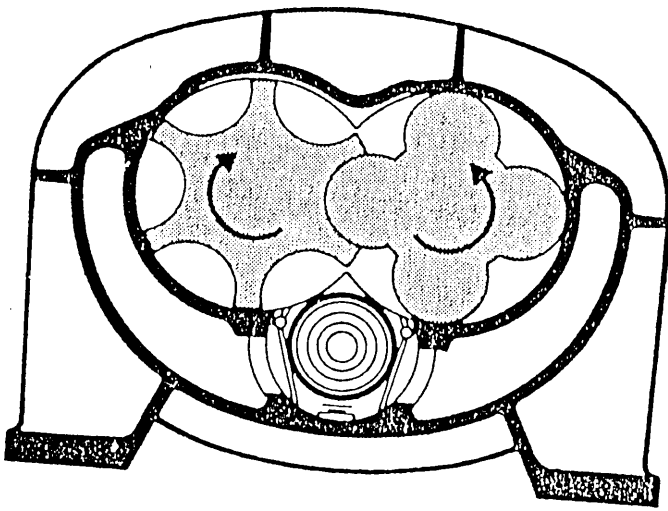
Il principio di funzionamento è visibile in fig. 1. Se si considera il volume compreso tra i due lobi di un rotore, la cava dell'altro ed il corpo compressore in corrispondenza della luce di aspirazione, si nota che detto volume va aumentando, in virtù del moto, producendo così l'effetto aspirante, effetto che cessa solamente oltre la luce di aspirazione stessa. Il refrigerante imprigionato fra gli elementi delle viti ed il corpo del compressore viene ridotto di volume dal movimento del compressore, in quanto diminuisce, in senso assiale, la distanza dei profili. La riduzione del volume, e quindi la compressione, cessa quando gli elementi si affacciano alla luce di scarico, che si trova all'estremità opposta del corpo compressore e diametralmente opposta alla luce di aspirazione.

Si ricavano immediatamente alcune caratteristiche peculiari del compressore a vite che lo differenziano, in modo positivo, dal compressore alternativo a pistoni:

- 1) la struttura costruttiva è estremamente semplice
- 2) non vi sono valvole, né di aspirazione, né di scarico
- 3) ogni punto dei profili lavora a pressione e temperatura costante
- 4) olio e refrigerante sono sempre alla stessa temperatura
- 5) la portata del refrigerante è continua
- 6) non vi sono parti in moto alternato

Nel capitolo seguente vengono illustrati i vantaggi prodotti dall'utilizzo del compressore a vite nei refrigeratori.

FIGURA N.1



## VANTAGGI DEL COMPRESSORE A VITE

Quando Henry Ford I<sup>a</sup> presentò l'allora rivoluzionario modello T, prima automobile al mondo ad essere costruita in catena di montaggio, i più scettici contestarono l'eccessiva semplicità del progetto rispetto ai canoni dell'epoca. Allora il geniale industriale americano rispose loro con una massima che sarebbe divenuta negli anni uno dei capisaldi dell'ingegneria moderna:

"Il pezzo che non c'è non si rompe"

Il compressore a vite risponde in pieno a tale concetto, estremamente illuminante nella sua apparente banalità.

Rispetto ad un compressore alternativo il numero delle parti costitutive, e di quelle in movimento in particolare, è decisamente minore. Abbiamo, nel caso del vite, sostanzialmente solo i due rotori contro l'albero motore, le bielle, i pistoni con fasce elastiche di tenuta, le valvole, solo per citare i componenti principali dell'alternativo. E' ovvio che la probabilità di guasto e soprattutto l'usura sono decisamente inferiori nel primo caso rispetto al secondo e si riflettono positivamente sia sulla durata complessiva della vita del compressore, sia sul costo della manutenzione ordinaria durante la vita stessa.

Le peculiarità del vite non si limitano ad una maggior affidabilità, ma spaziano anche nel campo dell'efficienza termodinamica in senso lato. In particolare, per chiarire meglio quest'ultima osservazione, è bene commentare singolarmente le caratteristiche già segnalate nel capitolo precedente e sottolineare le loro conseguenze dal punto di vista energetico.

### Assenza delle valvole di aspirazione e mandata

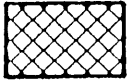
Le valvole di aspirazione e di mandata sono la fonte principale delle perdite di carico nei compressori alternativi. La figura 2 riporta a confronto i diagrammi p-v del ciclo di un compressore a vite rispetto al compressore alternativo. La differenza è immediata: nel secondo caso si hanno delle perdite, segnate nell'area a doppio tratteggio, dovute alla maggior pressione da conferire al refrigerante per compensare le perdite di carico delle valvole di mandata (area superiore), nonché il maggior lavoro di compressione richiesto dalle perdite delle valvole di aspirazione (area inferiore).

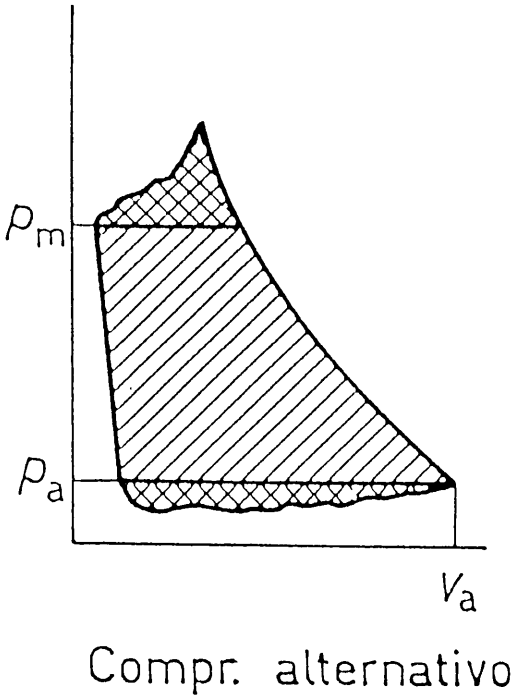
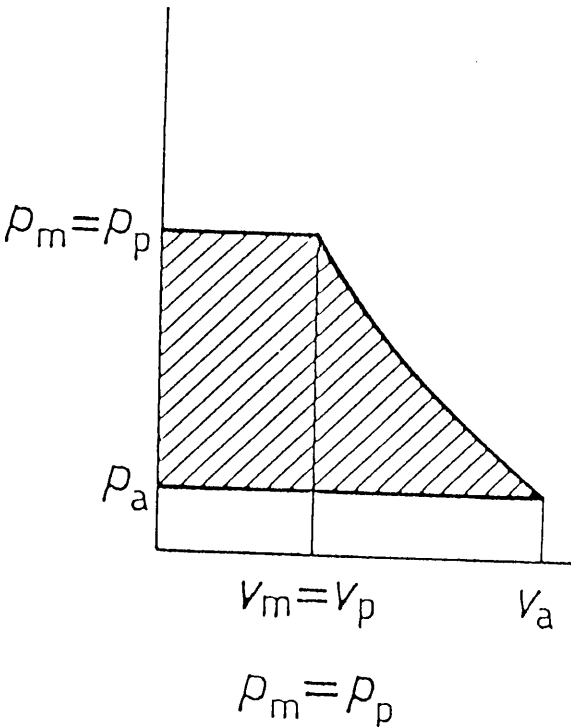
Vi è inoltre una diminuzione dello spazio nocivo all'interno del volume di compressione che fa migliorare il rendimento volumetrico del sistema.

Tutto ciò evidentemente si traduce in un miglioramento dell'efficienza globale del compressore.

Le valvole rappresentano anche uno dei punti deboli dell'alternativo, essendo sottoposte a gravosi cicli di lavoro e richiedendo quindi un costante controllo e una manutenzione periodica programmata (generalmente è bene prevedere la sostituzione delle valvole ogni 5000-8000ore di funzionamento, a seconda del tipo).

Va invece sfatata una teoria largamente diffusa che vorrebbe i compressori a vite, ed altri rotativi di concezione simile, insensibili ai ritorni di liquido. Teoria inesatta in quanto, se è vero che sono le valvole gli organi più danneggiabili in presenza di liquido, nei volumetrici

 Perdite



rotativi l'eventuale ritorno di refrigerante in fase diversa da quella di vapore, a causa della sua incomprimibilità, provoca delle sollecitazioni anomale sulle parti rotanti e sui cuscinetti, con possibili danni anche macroscopici.

#### Costanza di temperatura e pressione in ogni punto del profilo

Nei compressori alternativi, la faccia del pistone viene a trovarsi in contatto ora con refrigerante alla temperatura ed alla pressione di aspirazione, ora con refrigerante alla temperatura ed alla pressione di mandata. In pochi istanti si ha quindi un gradiente di temperatura dell'ordine di circa 50 °C. Ciò comporta una diminuzione dell'efficienza globale, oltre ad un logorio dovuto agli shock termici, comunque compensabile da una corretta progettazione.

Nei compressori a vite, invece, la pressione, e quindi la temperatura, cresce in direzione del flusso del refrigerante, dalla luce di aspirazione a quella di scarico. I due valori si mantengono localmente costanti in ogni punto, eliminando l'insorgere degli inconvenienti sopra descritti.

#### Identità delle temperature del refrigerante e dell'olio

Il trascinamento di un rotore da parte dell'altro richiede un'adeguata lubrificazione dei due profili, per permettere la trasmissione dell'energia necessaria al moto. L'iniezione di olio, oltre ad assicurare la trasmissione del movimento, garantisce la tenuta del refrigerante, grazie alla formazione di un velo sui profili del rotore. L'olio, che deve essere iniettato in grande quantità, ha però una notevole importanza quale veicolo di trasporto di calore di compressione, e esso viene in continuità opportunamente raffreddato.

L'olio iniettato si miscela con il fluido frigorifero in fase di compressione, assumendone identica temperatura. E' pertanto possibile contenere la temperatura di fine compressione se l'olio viene raffreddato prima di essere iniettato nel compressore. Grazie a questa particolarità, il compressore a vite può lavorare con rapporti di pressione più elevati di un compressore alternativo.

L'olio viene separato dal refrigerante mediante un'opportuna trappola, parte integrante del compressore stesso.

#### Portata continua del refrigerante

Come gli altri compressori volumetrici di tipo rotativo, il vite permette l'ottenimento di una portata costante del refrigerante, con dei notevoli vantaggi rispetto alla portata "pulsante" tipica degli alternativi.

Il fenomeno della pulsazione provoca vibrazioni sulla struttura delle batterie di condensazione, provocando delle sollecitazioni cicliche, fonte di rumorosità indotta. Per attenuare tale fenomeno sulle tubazioni del refrigerante, vengono aggiunti apparecchi di compensazione, non più necessari con i compressori a vite. I benefici ottenibili sulla qualità dell'emissione sonora della macchina sono considerevoli.

#### Assenza di parti in moto alternato

Grazie alla particolare soluzione costruttiva dei rotori e l'assenza di moto alternato, le vibrazioni del compressore sono ridotte ad 1/5 rispetto ad un tradizionale compressore a pistoni, a tutto vantaggio dell'intera struttura del refrigeratore.

In fig. 3 è visibile un confronto tra le vibrazioni di un compressore tradizionale e quelle di un vite.

Un notevole beneficio della riduzione di vibrazioni si ha nella limitazione della rumorosità indotta per via strutturale. Come è noto, il rumore si trasmette sia per via aerea, sia attraverso le strutture di un edificio. Generalmente questa seconda via di trasmissione è sempre la più difficile da eliminare, richiedendo pavimentazioni di un certo tipo, molto costose, l'inserimento di giunti elastici e di altri accorgimenti non sempre facilmente pianificabili in fase di progetto. Inoltre, comune tendenza ad installare i gruppi frigoriferi sopra i tetti, o comunque negli ultimi piani degli edifici, laddove, se da un lato la trasmissione aerea del rumore rappresenta un problema relativo, la particolare leggerezza delle strutture amplifica il fenomeno della trasmissione del rumore per via strutturale.

Eliminare alla fonte il problema delle vibrazioni comporta un vantaggio decisamente notevole.

L'assenza di moto alternato garantisce dei livelli di emissione sonora inferiori, rispetto ad un compressore a pistoni, soprattutto alle basse frequenze, nel campo cioè dove è più difficile operare per ottenere un'attenuazione attraverso materiale fonoassorbente.

In figura 4 è visibile il confronto tra un vite ed un compressore alternativo: si nota come il primo sia più rumoroso solo alle alte frequenze, laddove si può operare abbastanza facilmente con i materiali utilizzati nella pratica corrente.

Vi sono inoltre altre peculiarità da sottolineare che rendono interessante il compressore a vite sulle quali vale la pena soffermarsi.

#### Regolazione del compressore a vite

Il compressore a vite ha la possibilità di essere facilmente parzializzato dal 100% fino al 10% della potenza. La parzializzazione avviene mediante una speciale valvola a cassetto che, aprendo un by-pass sulla ripresa (fig.5), ritarda l'inizio dell'aspirazione.

E' da segnalare che, ad una riduzione di potenza frigorifera, non corrisponde un'eguale riduzione di potenza elettrica assorbita; il sistema adottato nei compressori a vite è particolarmente penalizzante al di sotto del 50%, come si può notare in fig. 6, dove è riportato un confronto con un compressore alternativo a pistoni.

Per ovviare questo inconveniente, Climaveneta, a differenza di altri costruttori, costruisce gruppi frigoriferi pluricompressori dotati ciascuno di una regolazione a gradini, in grado di parzializzare al 50% e 75%. Inoltre, all'avviamento, per ridurre gli spunti, vi è un'ulteriore parzializzazione al 10%.

In fig. 7 sono riportati gli schemi di regolazione a gradini utilizzati nei compressori Hitachi.

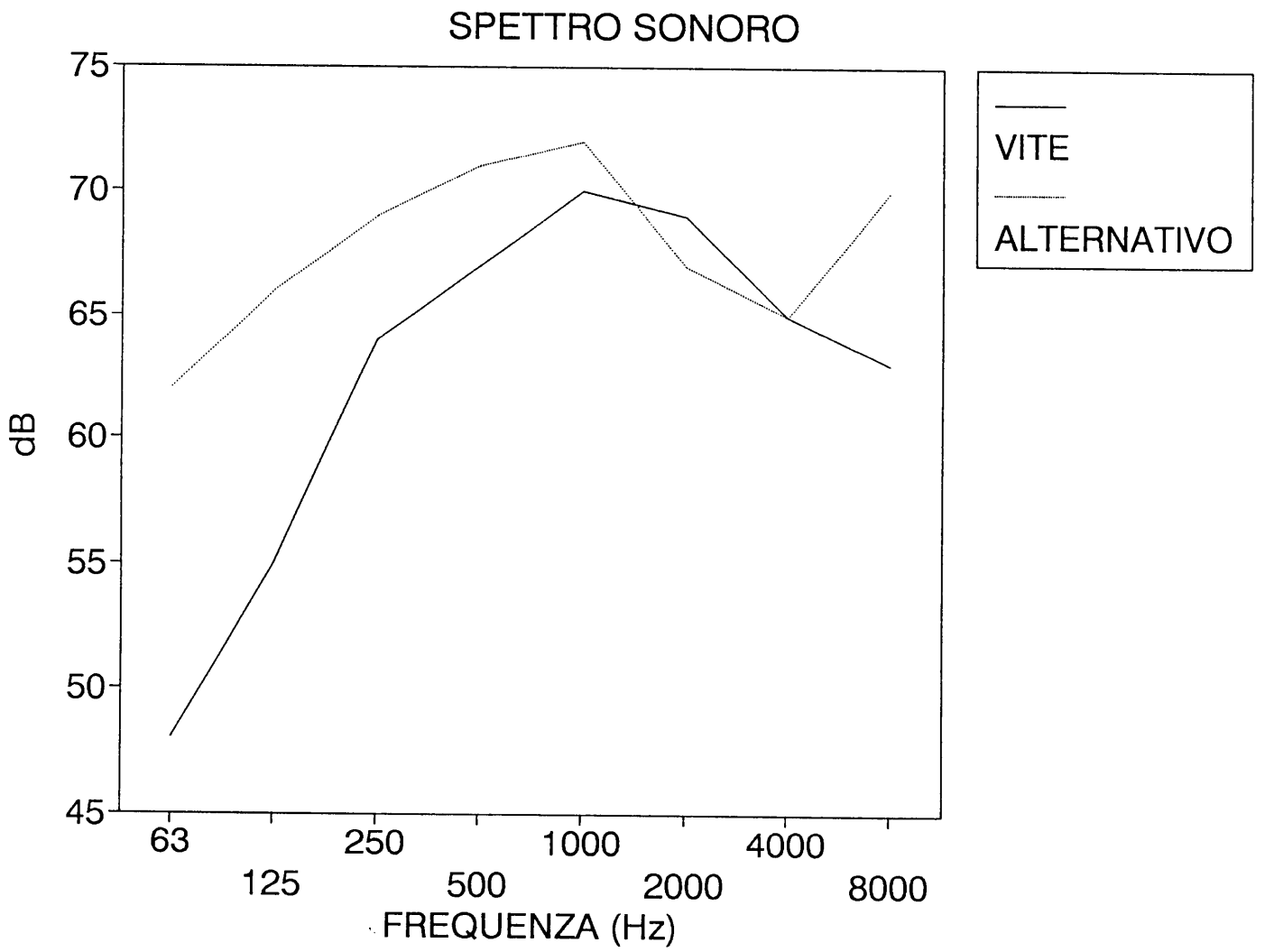




FIGURA N. 4

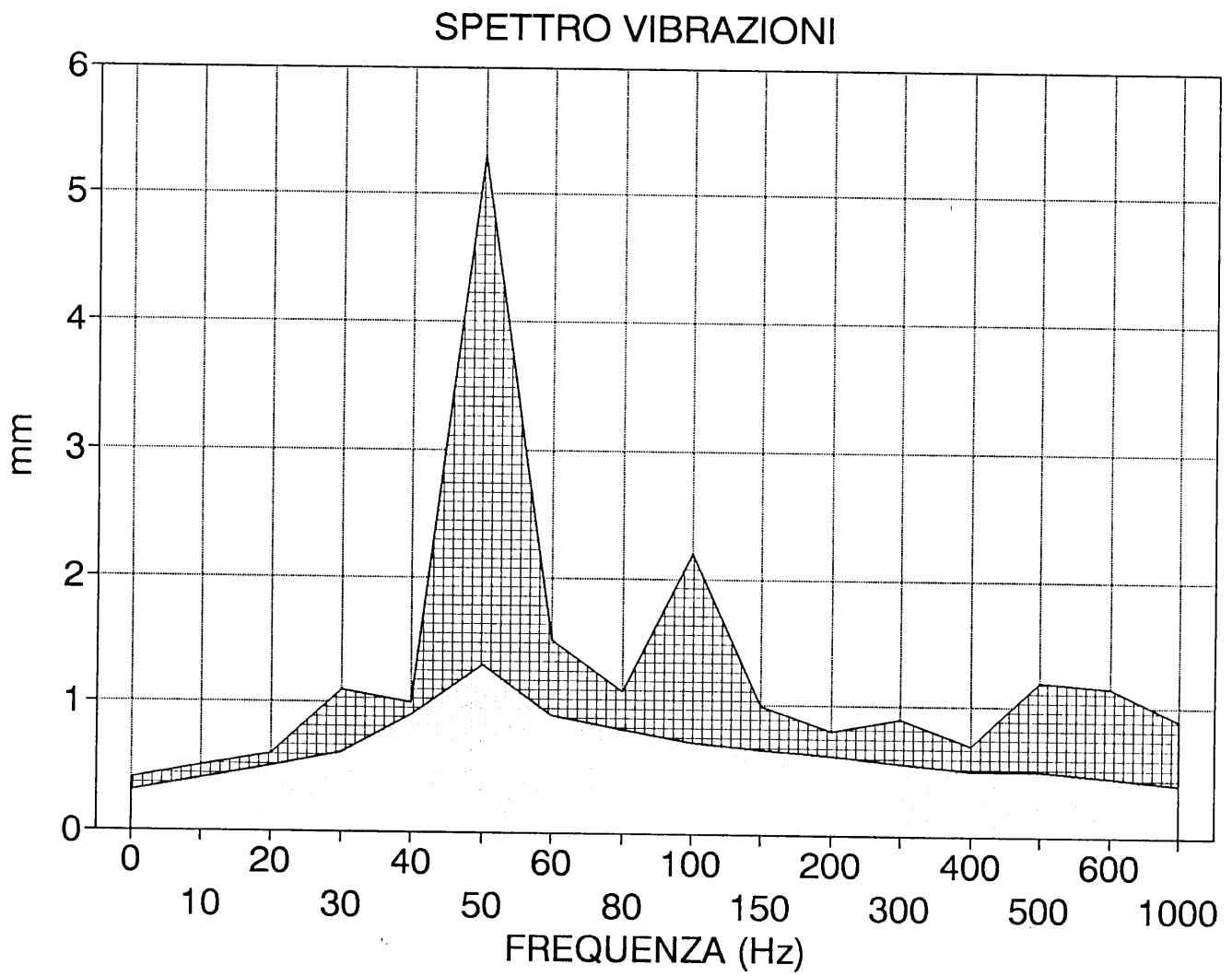


FIGURA N. 5

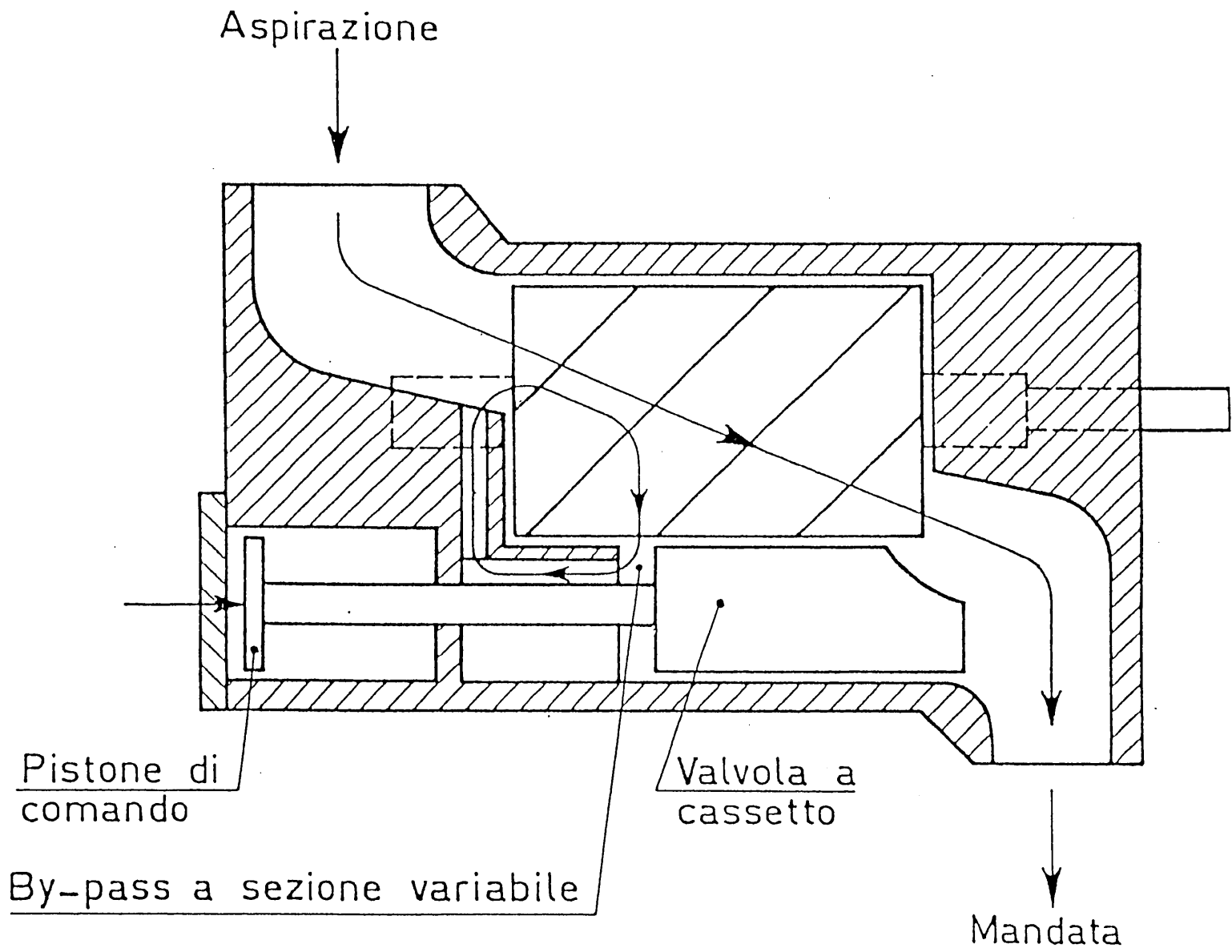
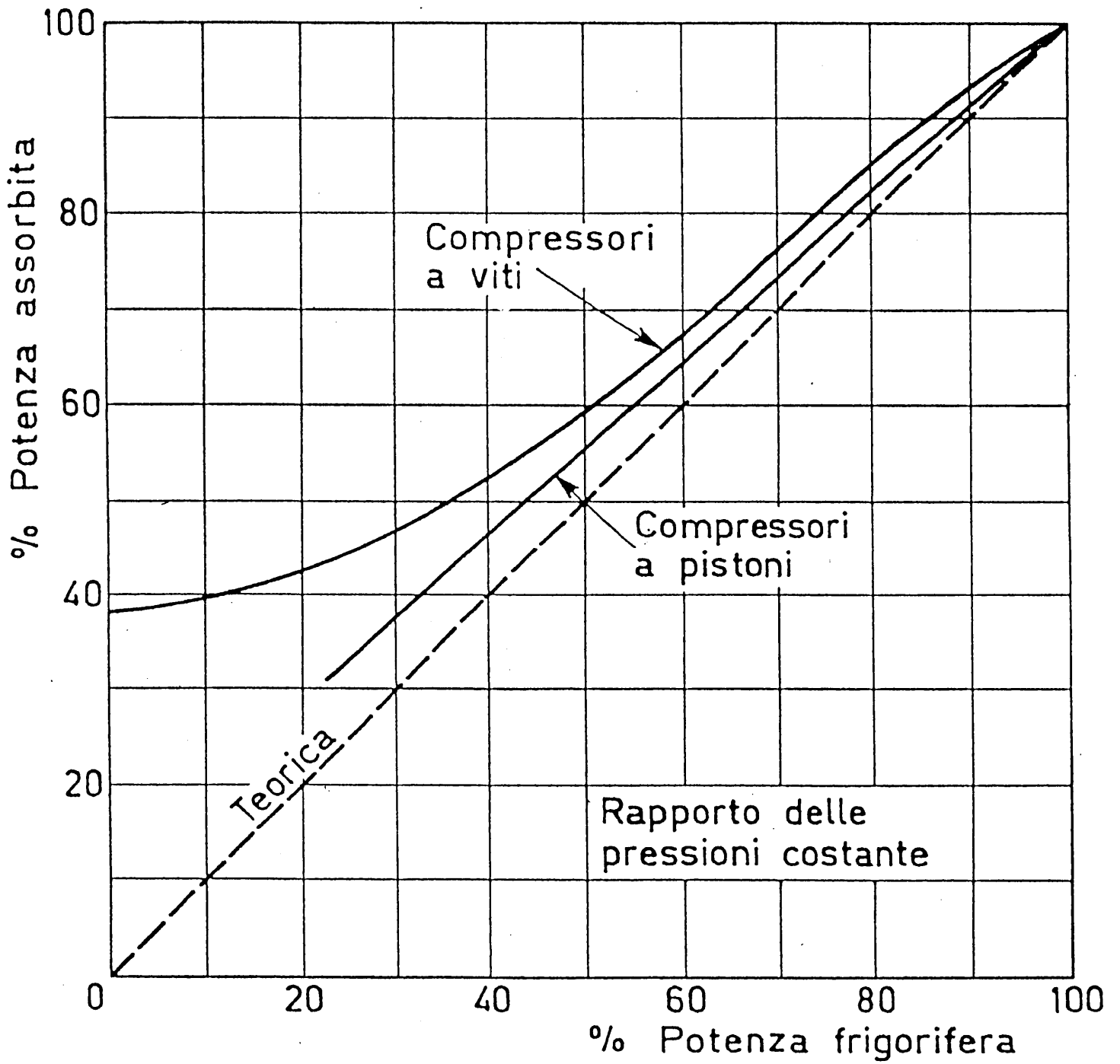


FIGURA N. 6



La valvola a cassetto viene mossa da un pistone mediante un sistema idraulico che sfrutta la pressione dell'olio. I vari gradini vengono selezionati mediante l'apertura e la chiusura delle tre valvole a solenoide A, B, C.

All'avviamento è aperta la valvola A, mentre le altre due sono chiuse. Sulla faccia di destra, lato refrigerante, vi è una pressione pari a quella di mandata, mentre sull'altra, lato olio, si instaura la pressione di aspirazione, grazie all'apertura della valvola A.

Per ottenere il 50% del carico, viene chiusa la valvola A ed aperta la C. Il pistone si sposta verso sinistra fino ad aprire la luce collegata alla valvola C: ciò avviene in quanto la superficie lato olio è maggiore di quella lato freon.

Per ottenere il 75% del carico, viene chiusa la valvola C e aperta la valvola B. Il pistone si sposta a sinistra fino alla luce relativa alla valvola B.

Infine, per ottenere il 100% del carico vengono chiuse tutte le tre valvole. In tale modo, non essendo in alcun punto il lato olio a contatto con l'aspirazione, il cassetto si sposta completamente a sinistra.

### Possibilità di funzionamento con refrigeranti alternativi al R22

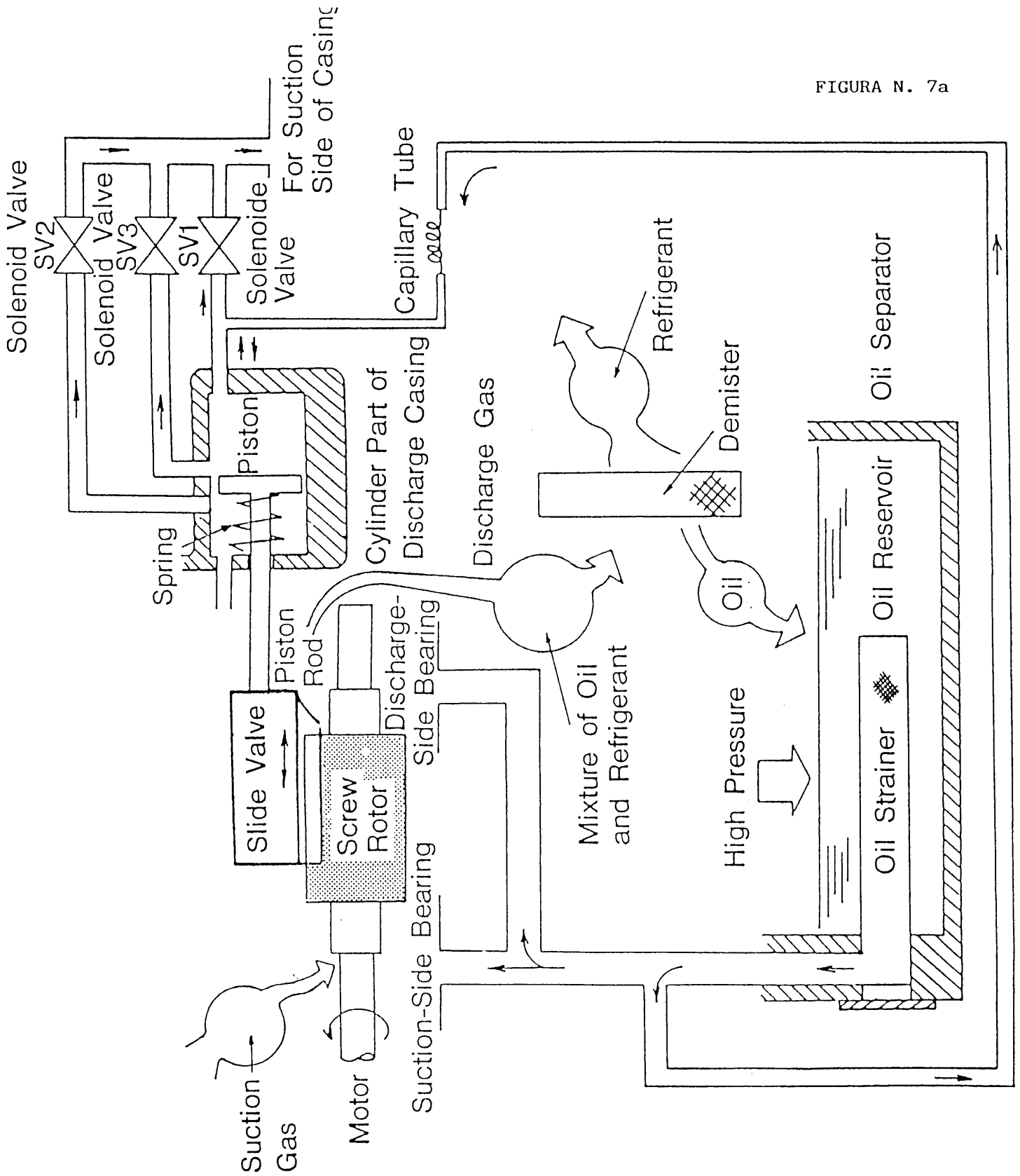
Come è noto, il parlamento italiano ha appena approvato una legge che vieta la produzione e l'utilizzo del R22 dalla fine di questo decennio. Allo stato attuale sono in commercio dei gruppi frigoriferi funzionanti a R134a, fluido privo di cloro.

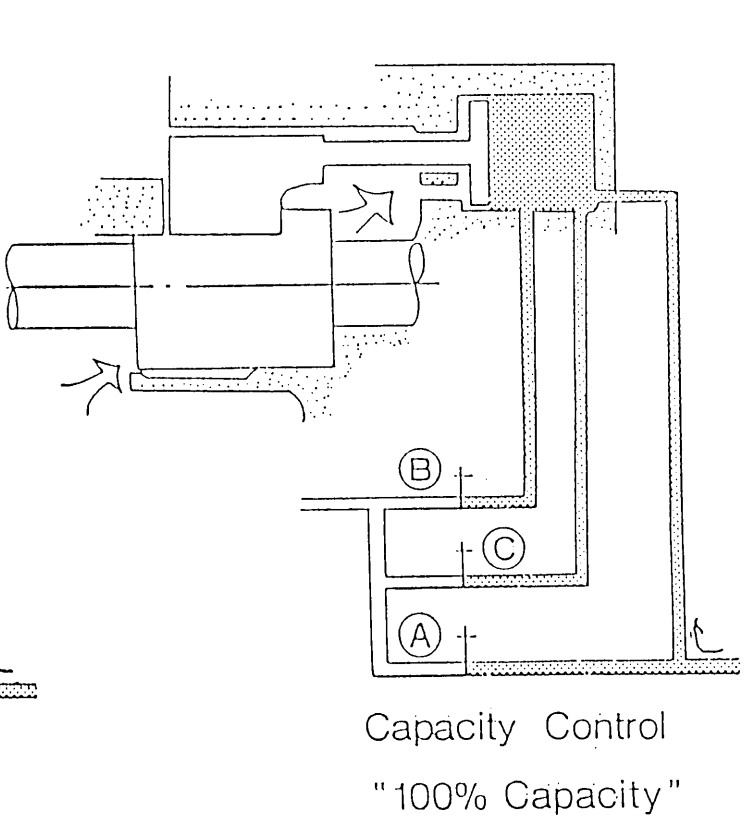
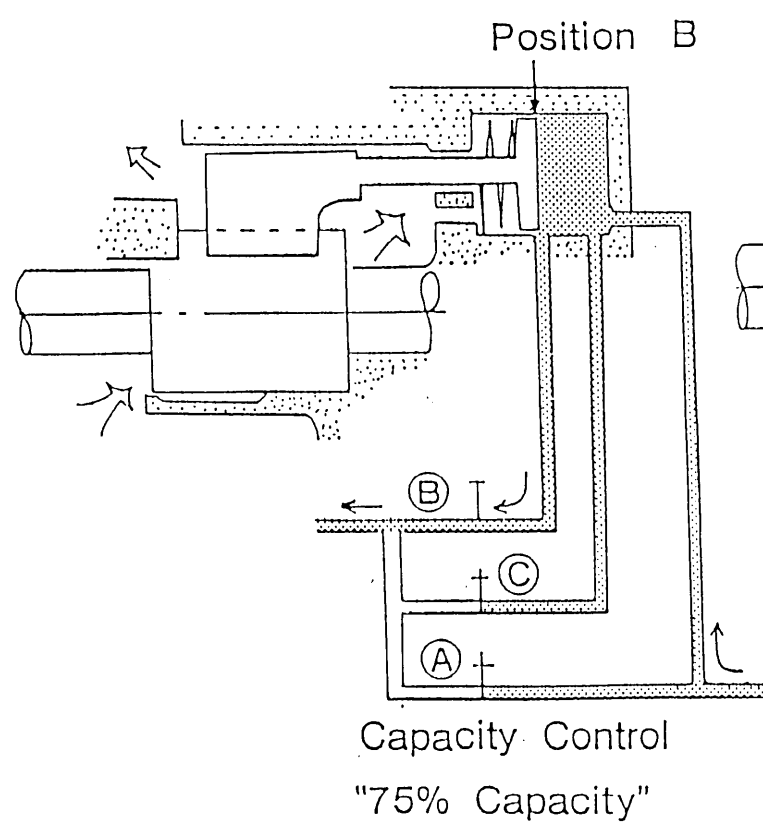
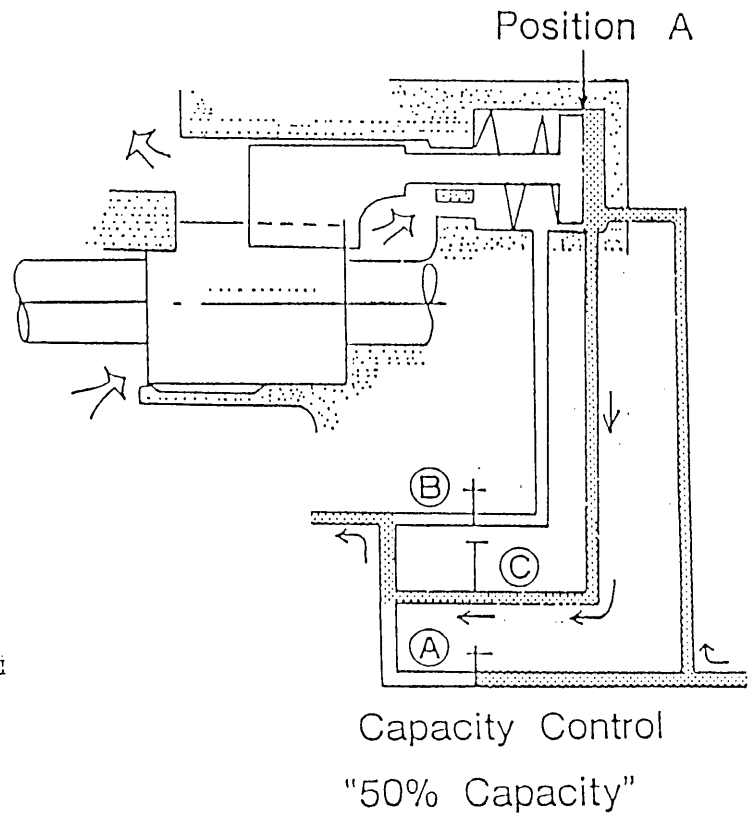
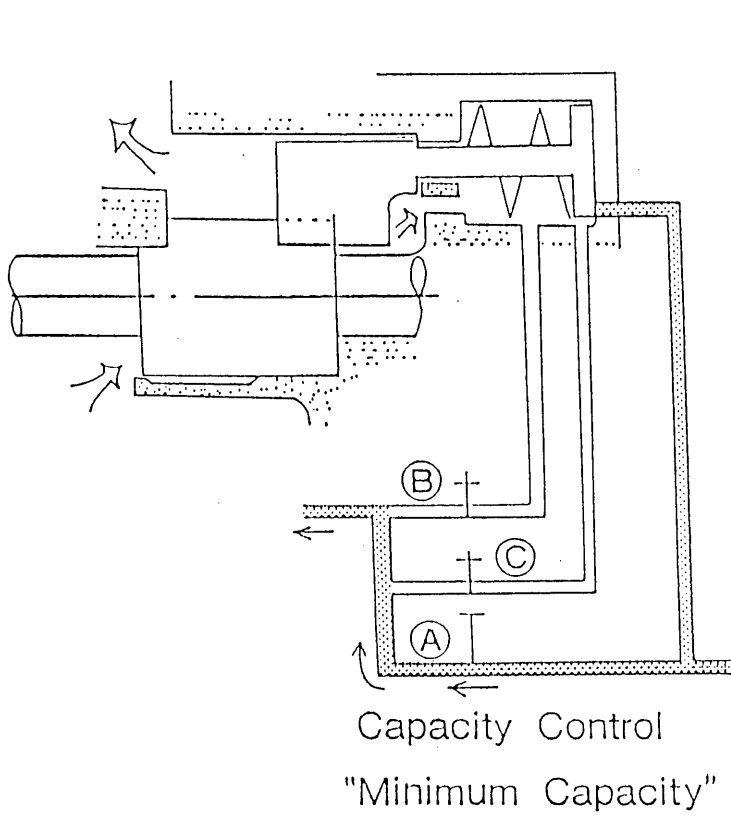
Il limite principale del R134a è quello di essere un ottimo sostitutivo al R12, ricalcandone in pieno le caratteristiche: ciò comporta, a parità di potenza frigorifera richiesta, un volume di fluido spostato decisamente maggiore e, di conseguenza, compressori e gruppi più grandi. Mediamente si ha un incremento di circa due taglie sulle grandezze delle macchine, con ovvio aumento dei costi di acquisto e installazione. Le prestazioni termodinamiche (EER e COP) rimangono sostanzialmente invariate, in quanto l'aumento di portata al compressore è compensata da un minor gradiente di temperature di esercizio rispetto al R22.

Da quanto sopra si deduce come questo fluido rappresenti solamente una soluzione transitoria, fintantoché non si abbia il sostitutivo al R22. Sostitutivo già individuato ed attualmente in prova presso i maggiori costruttori di componenti del mondo, tra i quali anche la Climaveneta.

I compressori a vite hanno la caratteristica di adattarsi perfettamente al nuovo refrigerante che dovrebbe entrare in commercio nel giro di un paio d'anni. Vale la pena, pertanto, non prevedere un'unità a R134a, decisamente più costosa, ma piuttosto installare un gruppo con i compressori a vite che potranno essere convertiti (retrofit) senza alcun problema ai nuovi fluidi refrigeranti.

FIGURA N. 7a





## I GRUPPI A VITE CLIMAVENETA CON COMPRESSORI HITACHI

Climaveneta ha ultimamente chiuso un contratto con Hitachi per la fornitura in esclusiva dei compressori a vite della casa giapponese, compressori universalmente riconosciuti tra i più tecnologicamente avanzati ed affidabili attualmente nel mercato.

La gamma dei gruppi frigoriferi Climaveneta è molto ampia, andando da potenze di 100 fino a 1500 kW, a partire da 1 fino a 8 compressori.

Tranne per i primi modelli a 1 compressore, la filosofia costruttiva della Climaveneta è protesa verso il frazionamento della potenza frigorifera su un numero elevato di compressori. Tale scelta comporta una serie di benefici sia energetici che a livello di gestione nel comune utilizzo della macchina.

I vantaggi energetici dipendono da quanto detto più sopra a proposito del sistema di parzializzazione del vite: utilizzando, di serie, la riduzione a gradini, viene sfruttato il sistema fino a quando consente dei risultati energeticamente apprezzabili (50%), quindi viene escluso il compressore.

Dal punto di vista gestionale il frazionamento spinto consente una maggiore riserva in caso di rottura di un compressore.

Rispetto ai gruppi frigoriferi con compressore tradizionale, le unità Climaveneta a vite Hitachi presentano tutti i vantaggi ricordati nel capitolo precedente ed in particolare:

1. elevate prestazioni energetiche
2. elevata affidabilità
3. bassi costi di manutenzione
4. ottime prestazioni acustiche (limitata emissione sonora per via aerea)
5. vibrazioni strutturali estremamente contenute (limitate emissioni sonore per via strutturale)

## VANTAGGI ECONOMICI NELL'UTILIZZO DEL COMPRESSORE A VITE

L'utilizzo di gruppi frigoriferi Climaveneta con compressori Hitachi permette dei risparmi economici che consentono un ritorno dell'investimento in tempi estremamente contenuti a seconda dell'utilizzo previsto.

Nelle figure 8 sono visibili i confronti per le città di Torino (per il nord Italia), Roma (per il centro Italia) e Palermo (per il sud Italia) tra un gruppo a vite monocompressore da 200 kW (SRAT 1020) ed il corrispettivo a compressori alternativi. Lo stesso confronto viene fatto per potenze superiori tra un gruppo a 4 compressori da 750 kW a vite (SRAT 4075) ed il corrispettivo a compressori tradizionali.

Le destinazioni d'uso sono quattro a titolo di esemplificazione:

Ospedale: utilizzo continuo a 24 ore giornaliere a partire da temperature esterne di 20°C

Centro Commerciale: utilizzo dalle 8 alle 23 a partire da temperature esterne di 16 °C

Banca: utilizzo dalle 8 alle 17 nei giorni festivi a partire da temperature esterne di 20°C

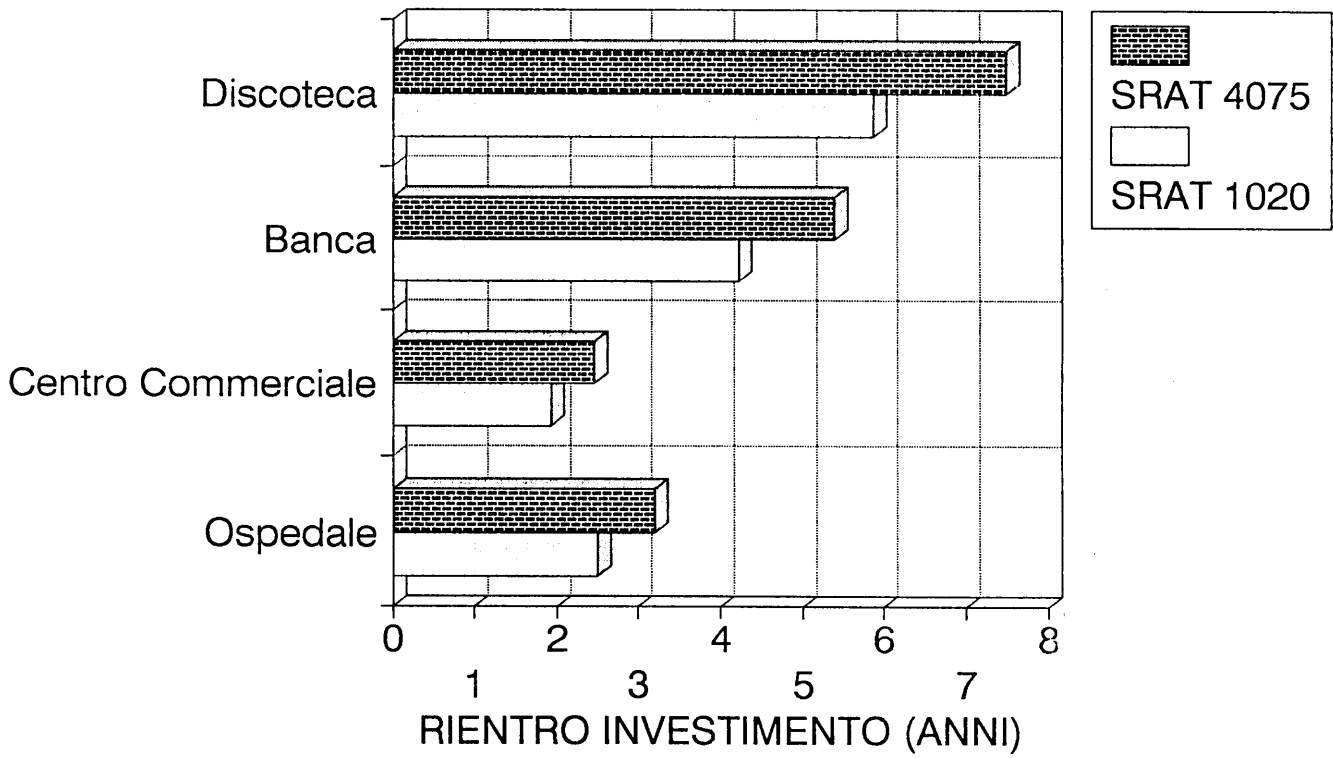
Discoteca: utilizzo dalle 22 alle 4 a partire da temperature esterne di 16 °C

Si può osservare che i tempi di rientro in tutte le città sono decisamente rapidi nei primi due casi, mentre ovviamente si differenziano negli altri, essendo minore il tempo di utilizzazione.

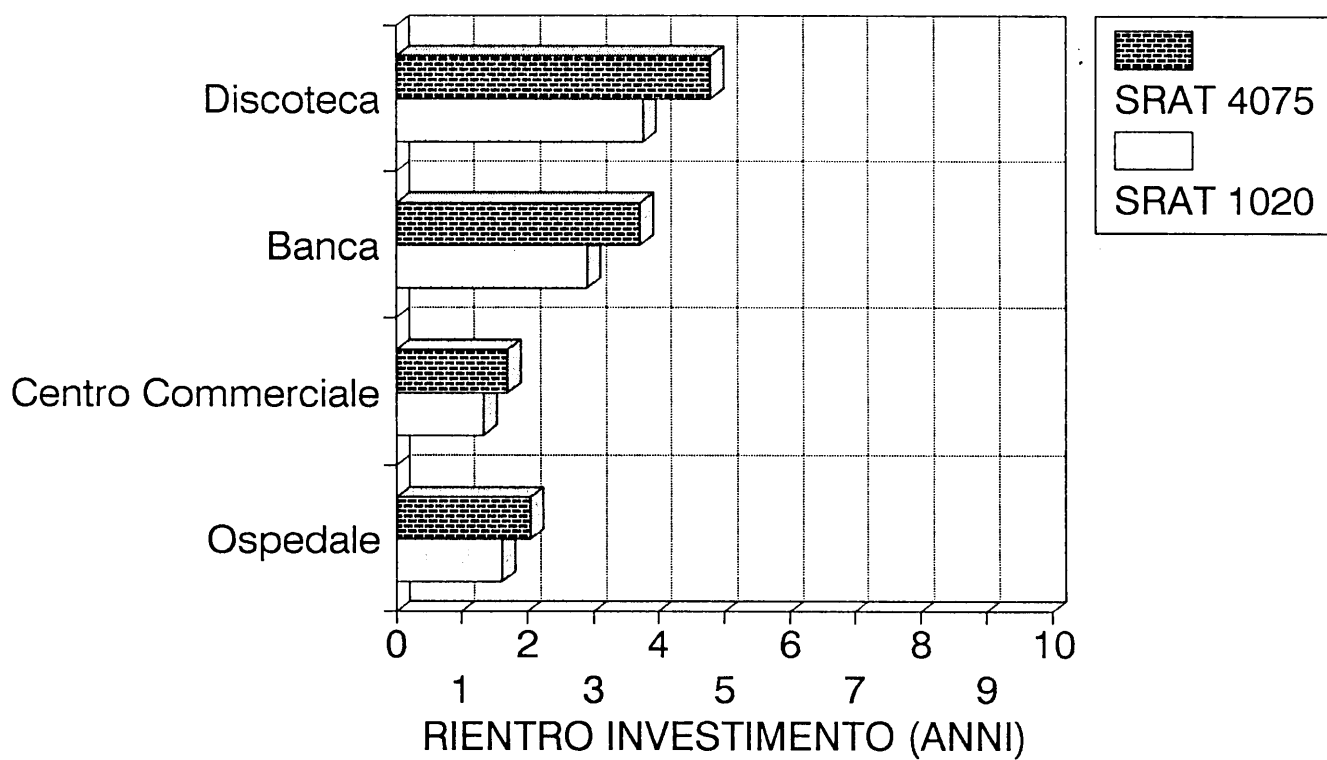
Risultati estremamente positivi danno invece i vite se confrontati con macchine di pari potenza a R134a, in quanto, oltre alla miglior efficienza energetica, il costo delle due macchine è favorevole per le unità con i vite.



## CONFRONTO VITE-ALTERNATIVO TORINO



## CONFRONTO VITE-ALTERNATIVO ROMA



# CONFRONTO VITE-ALTERNATIVO PALERMO

