














C a p i t o l o 0 9

PRODUZIONE DELL'ARIA COMPRESSA

- 9.0 Produzione dell'aria compressa
- 9.1 Centrale di compressione
- 9.2 Compressori
- 9.3 Tipi di compressori
- 9.4 Compressore alternativo a pistone
- 9.5 Compressore alternativo a membrana
- 9.6 Compressore rotativo a palette
- 9.7 Compressore rotativo a vite elicoidale
- 9.8 Compressore rotativo a lobi tipo root
- 9.9 Regolazione dei compressori
- 9.10 Impianto di produzione aria (simbologia)
- 9.11 Filtro di aspirazione
- 9.12 Refrigeratori
- 9.13 Serbatoi
- 9.14 Collocamento dei serbatoi
- 9.15 Essiccatori
- 9.16 Scelta del compressore
- 9.17 Portata del compressore

Simbologia Pneumatica

	Manometro
	Valvola di esclusione
	Linea
	Filtro
	Refrigeratore
	Separatore di condensa con spurgo automatico
	Essiccatore
	Lubrificatore
	Flusso pneumatico
	Compressore
	Sorgente di pressione o di energia
	Motore elettrico
	Serbatoio pressurizzato

9.0 Produzione dell'aria compressa

Benché la produzione dell'aria compressa e relativo trasporto non sia strettamente legato alla tecnica delle trasmissioni o tecnica circuitale, riteniamo utile dare dei cenni sulla produzione e trasporto dell'energia pneumatica.

9.1 Centrale di compressione

Per la generazione dell'aria compressa sono necessarie delle macchine che comprimano l'aria, prelevata dall'atmosfera, alla pressione di lavoro. Dette macchine si chiamano "compressori".

I compressori e le diverse apparecchiature occorrenti per la produzione dell'aria compressa (ved. fig. 9.1) sono, di norma, raggruppati in un locale apposito, possibilmente isolato acusticamente ed in diretto collegamento con l'ambiente esterno (da cui deve essere prelevata l'aria da comprimere).

E' sempre utile prevedere un impianto sovradimensionato per un eventuale ampliamento dell'utenza e un compressore di riserva per far fronte ad eventuali guasti o ai periodi di manutenzione del compressore principale.

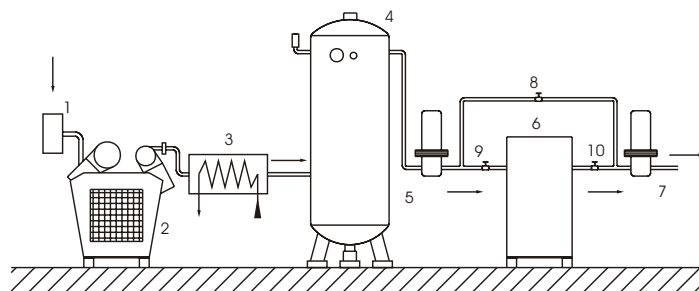


fig. 9.1 Schema di una stazione di compressione.

L'aria viene aspirata dall'ambiente esterno tramite il filtro di aspirazione **1** e viene compressa dal compressore **2**. Segue un raffreddatore **3** con relativo separatore e scaricatore automatico di condensa. Questo raffreddatore può essere ad acqua o ad aria secondo gli impianti. Un serbatoio polmone **4** serve all'accumulo di aria compressa e un filtro disoleatore **5**, dotato di scaricatore automatico, serve per la costante eliminazione dell'olio separato (tale accessorio non è presente negli impianti che usano compressori non lubrificati).

Con **6** è indicato un essiccatore che serve all'eliminazione del residuo vapore d'acqua. L'essiccatore è fornito di valvole di esclusione **9** e **10** e di linea di by-pass **8**.

Vi è infine un filtro finale **7** che ha lo scopo di trattenere polveri e particelle aspirate o prodotte nel sistema stesso.

La costruzione di una centrale di compressione richiede delle spese d'installazione non indifferenti per tubazioni, linee elettriche, fissaggio dei basamenti dei compressori e degli accessori, spese che sono completamente perse in caso di spostamento dell'impianto.

Tutto questo viene evitato se il compressore e i gruppi accessori (fino al serbatoio e al filtro disoleatore) sono montati in un'unica unità su basamento (package) che non richiede fissaggio al terreno e che può essere trasferito con facilità.

Questa soluzione porta ad avere unità di compressione completamente autonome, che possono anche essere silenziate da pannelli isolanti e piazzate senza problemi negli stessi luoghi di utilizzazione.



fig. 9.2 Unità di essiccazione.

9.2 Compressori

I compressori si possono definire come macchine atte a produrre aria compressa.

Fra le caratteristiche dei compressori sono da evidenziare:

- il rapporto di pressione che è dato dal rapporto tra la pressione assoluta di mandata **Pa1** e la pressione assoluta di aspirazione **Pa0** ed è indicato con **β**:

$$\beta = \frac{Pa1}{Pa0}$$

- la portata teorica che è data dal prodotto della cilindrata (area del pistone per la sua corsa) per il numero dei giri al minuto dell'albero motore e può essere espressa in:

$$m^3/min \quad nL/min$$

- la portata effettiva la cui massima dipendenza è data dal coefficiente di riempimento del cilindro (rendimento volumetrico), è la portata che realmente il compressore fornisce e viene espressa come indicato per la portata teorica.

- la pressione che va distinta in:

- pressione d'esercizio - che è la pressione dell'aria nel serbatoio che dovrà alimentare le tubazioni della rete di distribuzione e che, normalmente, è fissata in un campo che va da 0,7 MPa a 1,4 MPa (7-14 bar).
- pressione di lavoro che è la pressione necessaria alla utilizzazione; normalmente è di 0,6 MPa (6 bar) essendo questa la pressione richiesta per il funzionamento dei componenti pneumatici.

La pressione di lavoro non è una caratteristica del compressore.

All'utilizzatore interessa la portata effettiva, che può essere influenzata dalle condizioni di aspirazione aria.

9.3 Tipi di compressori

I compressori possono essere classificati in:

- DINAMICI
- VOLUMETRICI

I compressori DINAMICI impartiscono all'aria velocità e pressione, non sono d'interesse per il campo d'impiego che si sta trattando.

I compressori VOLUMETRICI si suddividono in alternativi e rotativi e possono essere:

ALTERNATIVI

a pistone, a membrana

ROTATIVI

a palette, a vite elicoidale,
a lobi tipo Root

I suddetti compressori sono usati in quelle applicazioni industriali in cui la pressione d'aria è compresa fra 0,6 e 1,4 MPa (6-14 bar), come ad esempio nelle automazioni pneumatiche.

9.4 Compressore alternativo a pistone

E' il tipo di compressore più usato.

Si adatta alle generazioni di pressione basse, medie e anche alte (ved. fig. 9.3).

Per la generazione di alte pressioni si utilizzano, normalmente, compressori a più stadi:

- fino a 1 bar a uno stadio
- fino a 15 bar a due stadi
- oltre i 15 bar a tre o più stadi.

I compressori alternativi a pistoni possono essere costruiti con raffreddamento sia ad aria che ad acqua.

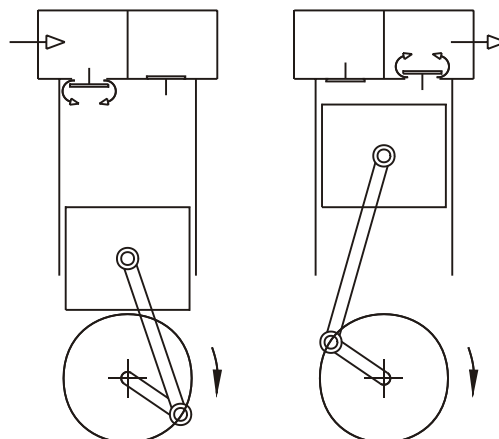


fig. 9.3 Schema compressore alternativo a pistone.

9.5 Compressore alternativo a membrana

Nei compressori a membrana (ved. fig. 9.4) si usa un cilindro con una membrana elastica al posto del pistone. Sono impiegati per piccole portate. Per la sua costruzione, l'aria compressa risulta priva di olio, pertanto è utilizzato nell'industria alimentare, farmaceutica e chimica.

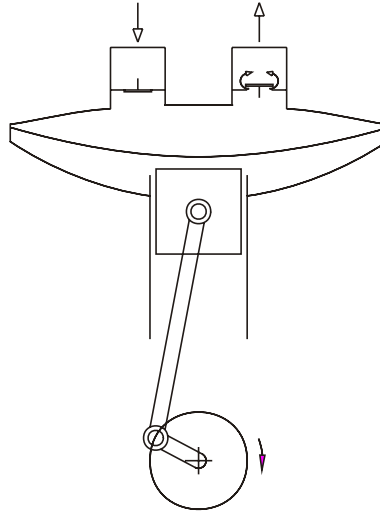


fig. 9.4 Schema compressore alternativo a membrana.

9.6 Compressore rotativo a palette

I compressori rotativi a palette (ved. fig. 9.5), sono costituiti da un involucro cilindrico nell'interno del quale ruota eccentricamente un tamburo sul cui corpo sono praticate delle scanalature radiali. In dette scanalature scorrono sottili lamine di acciaio tenute a contatto dalla forza centrifuga che si sviluppa durante la rotazione. Hanno minimo ingombro nonché un funzionamento silenzioso. Questo principio di funzionamento ha trovato ampia applicazione nei motori pneumatici. I compressori rotativi hanno il vantaggio di non avere valvola sia sull'aspirazione sia sulla mandata.

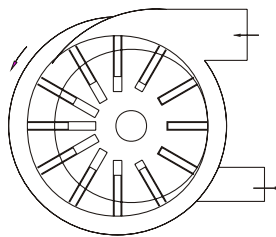


fig. 9.5 Schema compressore rotativo a palette.

9.7 Compressore rotativo a vite elicoidale

Sono costituiti (ved. fig. 9.6) da due rotori che si intersecano uno nell'altro (stesso passo ma inclinazione diversa del profilo della vite).

È richiesta la lubrificazione per raffreddare l'unità durante il suo esercizio.

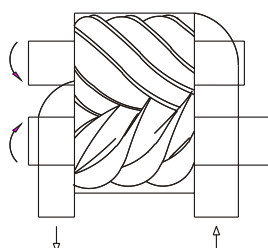


fig. 9.6 Schema compressore rotativo a vite elicoidale.

9.8 Compressore rotativo a lobi tipo Root

In questi tipi di compressori l'aria viene trasportata da un lato all'altro senza che sia modificato il volume (ved. fig. 9.7).

La tenuta è assicurata dal mantenimento dei giochi minimi, tra parte fissa e parte mobile. Non abbisognano di lubrificazione, pertanto l'aria non è contaminata dall'olio.

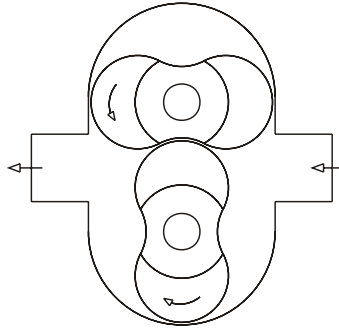


fig. 9.7 Schema compressore rotativo a lobi tipo Root.

9.9 Regolazione dei compressori

Un'installazione di compressione è costituita da uno o più compressori che mandano aria compressa in uno o più serbatoi, i quali alimentano una rete di distribuzione dell'aria ai diversi punti di utilizzazione.

Se il consumo della rete è inferiore alla portata del compressore (o dei compressori) la pressione in rete tende a salire; nel caso contrario essa discende.

E' pertanto necessario che i compressori siano equipaggiati con un sistema di regolazione che agisca sulla loro portata, in modo da mantenere la pressione del serbatoio fra due limiti, uno superiore e l'altro inferiore.

Tali sistemi utilizzano la pressione esistente nel serbatoio come segnale di comando (ved. fig. 9.8). Essi provocano una diminuzione della portata quando la pressione cresce ed un aumento quando cala.

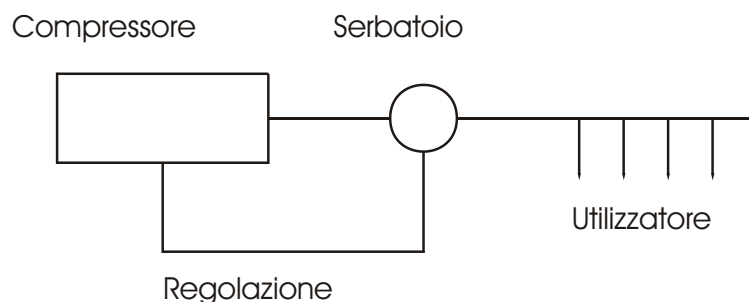


fig. 9.8 Schema della regolazione dei compressori.

9.10 Impianto di produzione aria (simbologia)

Un impianto di produzione di aria compressa è, di norma, costituito dai dispositivi illustrati, con le relative simbologie, nella fig. 9.9.

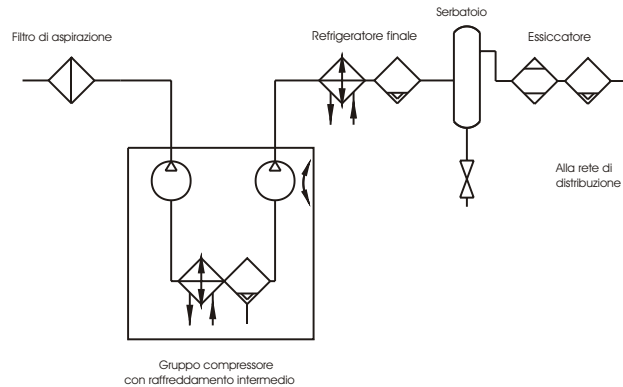


fig. 9.9 Simbologia impianto produzione aria compressa.

9.11 Filtro di aspirazione

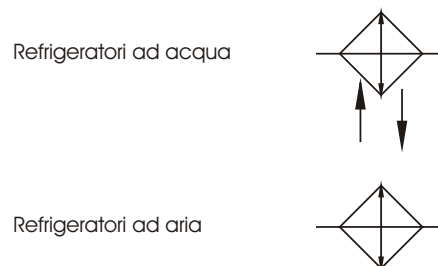
L'aria aspirata dai compressori contiene polvere, sporcizia e umidità che sotto l'azione del calore, in fase di compressione, si mescolano all'olio del compressore.

Occorrono 7 m³ di aria alla pressione atmosferica (0,1 MPa) per formare 1 m³ di aria alla pressione assoluta di 0,7 MPa (7 bar) per cui tutte le sostanze estranee contenute in 7 m³ vengono compresse fra loro in un solo metro cubo.

Ne deriva che il ruolo del filtro di aspirazione è di primaria importanza.

9.12 Refrigeratori

Simbologia:



Durante la compressione, la temperatura dell'aria aumenta ad un valore tale da assumere una capacità di assorbimento al di sopra della quantità di vapore di acqua contenuto in essa.

I compressori a più stadi sono muniti di refrigeratori interstadio con i separatori di condensa collocati tra i vari stadi di compressione ma la deumidificazione non è completa essendo l'aria compressa dello stadio finale ancora ad una temperatura alta.

Se l'aria calda s'immette direttamente nella rete di distribuzione, poiché lungo il percorso si raffredda, il punto di saturazione si abbassa ed il vapore d'acqua condensandosi in quantità considerevoli, scorre entro le tubazioni raggiungendo gli apparecchi di utilizzazione.

Quindi si deve cercare di eliminare la maggiore quantità di acqua possibile, prima che l'aria venga immessa nella rete di distribuzione.

L'eliminazione può ottenersi raffreddando l'aria in appositi apparecchi chiamati **refrigeratori finali** che vengono installati tra il compressore e il serbatoio di aria.

I refrigeratori possono essere:
 - a circolazione d'acqua (ved. fig. 9.10).
 - a circolazione d'aria (ved. fig. 9.11).

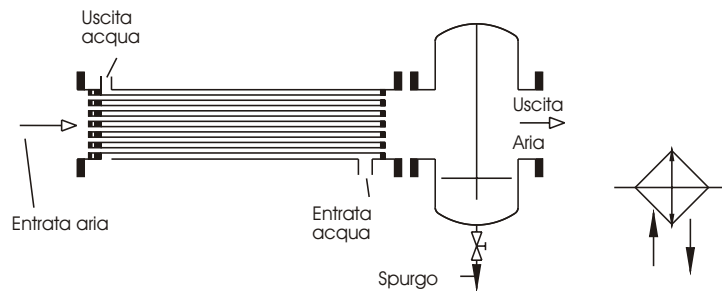


fig. 9.10 Refrigeratore ad acqua.

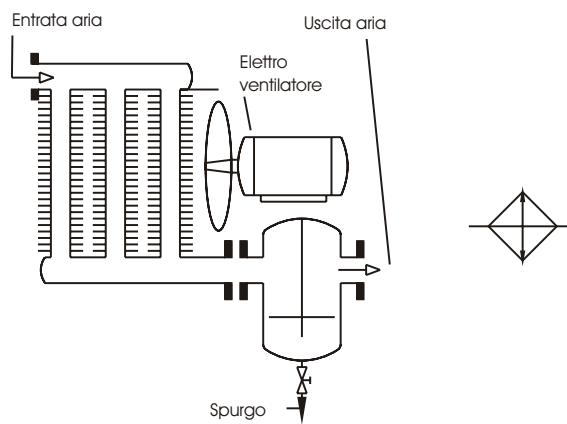



fig. 9.11 Refrigeratore ad aria.

9.13 Serbatoi

Simbologia: 

Dopo il raffreddamento effettuato col refrigeratoro, l'aria si raccoglie in serbatoi che provocano un ulteriore raffreddamento. La condensa che si forma nei serbatoi viene anch'essa raccolta ed espulsa all'esterno dai separatori che devono essere installati nei punti più bassi.

I serbatoi oltre a provocare la condensazione del vapore d'acqua fungono anche da accumulatori di aria necessari quando si verifica una richiesta maggiore della potenzialità del compressore.

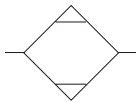
I serbatoi per l'aria compressa devono avere la valvola di sicurezza ed essere in accordo con le vigenti leggi antinfortunistiche.

9.14 Collocamento del serbatoio

Il serbatoio dev'essere abbastanza vicino al compressore in modo che la condotta di regolazione non risulti di lunghezza eccessiva.

Talvolta viene raccomandato d'installare il serbatoio all'aperto. In tale maniera si ottiene una separazione parziale delle condense, dovuta al fatto che il serbatoio posto all'esterno dell'officina si trova ad una temperatura di solito più bassa di quell'ambiente all'interno. Vi sono però gli inconvenienti dovuti al gelo. La suddetta raccomandazione poteva essere valida quando non venivano impiegati i refrigeratori intermedi.

9.15 Essiccatori

Simbologia: 

Per ottenere deumidificazioni più spinte si utilizzano gli essiccatori, i quali impiegano sostanze ad alto potere assorbente (gel di silice). Detti essiccatori, detti ad **adsorbimento** (ved. fig. 9.12), si collocano dopo il serbatoio.

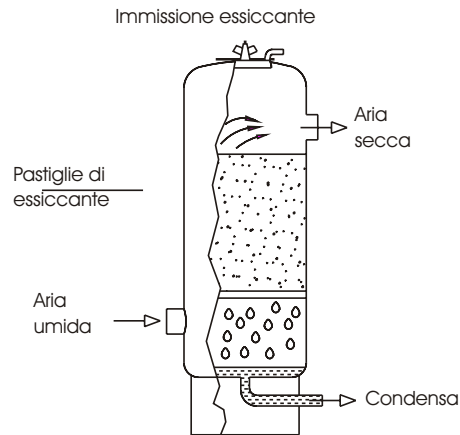


fig. 9.12 Essiccatore ad adsorbimento.

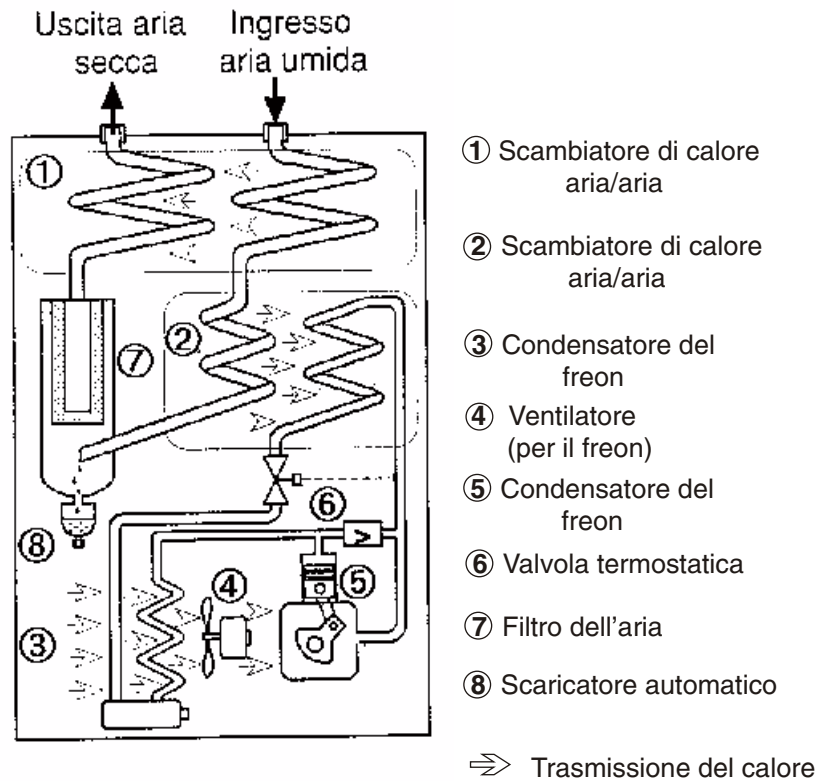


fig. 9.13 Essiccatore a ciclo frigorifero.

9.16 Scelta del compressore

La scelta del compressore da impiegare per le automazioni pneumatiche è limitata al tipo alternativo a pistoncini ed a quello rotativo a vite elicoidale.

Il tipo a vite elicoidale è preferito quando le portate assorbite sono notevoli e abbastanza costanti. In generale però la preferenza è data ai compressori a pistoncini perchè hanno un rendimento elevato (metri cubi di portata per ogni kW assorbito); larga possibilità di regolazione; servizio prolungato per parecchi anni e sempre in eccellenti condizioni di sicurezza.

9.17 Portata del compressore

La stima della portata totale dei compressori si effettua addizionando i consumi previsti delle macchine che impiegano l'aria compressa.

Nella tabella di fig. 9.14 sono dati i consumi per diversi tipi di utensili.
Per il consumo dei cilindri vedere il cap. 13.17.

Il consumo indicato rappresenta il consumo medio per un funzionamento continuo ma ciò non avviene mai avendosi, nella maggiore parte dei casi, un funzionamento intermittente che però è diverso da apparecchiatura a apparecchiatura.

Per tener conto del suddetto funzionamento discontinuo si moltiplica il valore dato per un coefficiente empirico (cioè ricavato praticamente) detto "fattore di uso", il cui valore è riportato nella tabella di fig. 9.14.

La stima del consumo totale risultante deve essere aumentata di un margine di sicurezza dell'ordine del 20-30% per piccole e medie installazioni (cioè fino a 100 kW). Per insediamenti più grandi il margine di sicurezza può essere diminuito, ma senza scendere al disotto del 10%.

Il margine di sicurezza è indispensabile affinché l'installazione possa rispondere alle punte di consumo senza che il buon funzionamento o il rendimento degli utensili venga ad essere compromesso da un abbassamento di pressione.

Determinata la portata totale necessaria rimane da scegliere il numero di unità da installare ossia la loro portata unitaria.

Abitualmente ci si orienta a suddividere la portata in due compressori per garantire la portata al 50% in caso di avaria di uno di essi, ed eventualmente si aggiunge un terzo compressore di riserva così da garantire sempre la portata al 100%.

Apparecchio	Consumo nm ³ /h	Fattore d'uso	Apparecchio	Consumo nm ³ /h	Fattore d'uso
Avvitatori dritti:		0,25	Rettificatrici:		0,3
per viti M10	18		diametro mola 8 mm	10	
" " M12	20		" " 15 "	25	
Avvitatori a pistola:		0,25	" " 20 "	35	
per viti M5	9		" " 25 "	40	
" " M6	15		" " 35 "	50	
" " M8	20		Cesoie:		0,2
" " M10	30		spess. allum. 2,5 mm	24	
Avvitatori ad impulso:		0,25	" " 4,5 "	55	
per viti M10	18		Roditrici:		0,3
" " M16	30		spess. allum. 2 mm	24	
" " M18	35		" " 3 "	55	
" " M24	55		Seghe:		0,4
" " M36	75		spess. allum. 15 mm	55	
Trapani per fori in acciaio:		0,25	" " 40 "	160	
diametro 6 mm	16		Scalpellatori:		0,3
" 12 "	30		leggeri	18	
" 19 "	72		medi	20	
" 23 "	80		pesanti	35	
" 30 "	96		Ribaditori per rivetti:		0,5
" 32 "	115		diametro 16 mm	30	
Motori pneumatici:		0,3	" 20 "	36	
kW 0,12	14		Martelli schiodatori	36	0,15
" 0,3	25		Martelli sterratori		0,8
" 1,46	115		utensile diam. 60 mm	40	
" 2,20	170		" " 75 "	60	
" 3	220		Perforatrici pesanti	200	0,85
" 4,5	310		Pestelli	30	0,55
Maschiatrici per fori:		0,2	Vibratori per calcestruzzo	120	1
M5-M8	20		Sabbiatrici:		0,85
Smerigliatrici radiali:		0,3	diametro ugello 5 mm	90	
diametro mola 80 mm	50		" " 6 "	120	
" " 100 "	120		" " 8 "	200	
" " 125 "	130		Pistole di soffiaggio:		0,15
" " 150 "	195		diametro ugello 1 mm	5	
Smerigliatrici verticali:		0,3	" " 2 "	15	
diametro mola 130 mm	75		" " 3 "	30	
" " 200 "	120		Pistole per verniciatura	20	0,7
" " 230 "	190		Cacciaviti	25	0,1

fig. 9.14 Consumi medi degli apparecchi pneumatici