

## Approfondimento

# Produzione dell'aria compressa

L'**aria compressa** è aria atmosferica a cui è stato conferito con un compressore un aumento di pressione accompagnato da una riduzione di volume, per essere immagazzinata in un serbatoio o all'interno di bombole in pressione oppure per essere utilizzata immediatamente.

L'**impiego dell'aria compressa** è ampiamente diffuso negli stabilimenti e nelle officine, in particolare per il comando e la regolazione di macchine e apparecchiature (macchine utensili, trasporti pneumatici, martelli pneumatici, pistole a spruzzo ecc.), per azionare utensili pneumatici, gonfiare pneumatici degli autoveicoli, verniciare a spruzzo, ripulire da polvere o limatura metallica ecc.

Le misurazioni della pressione sono effettuate con manometri analogici o digitali.

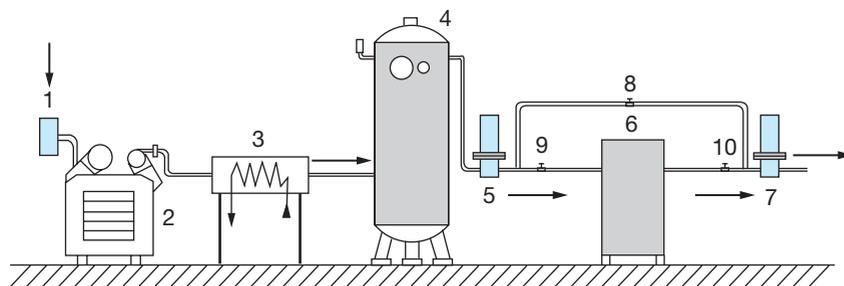
## Simbologia

Nel settore pneumatico la descrizione dei circuiti è effettuata con simboli unificati; di seguito sono riprodotti i simboli utilizzati specialmente con riferimento all'impianto di produzione.

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

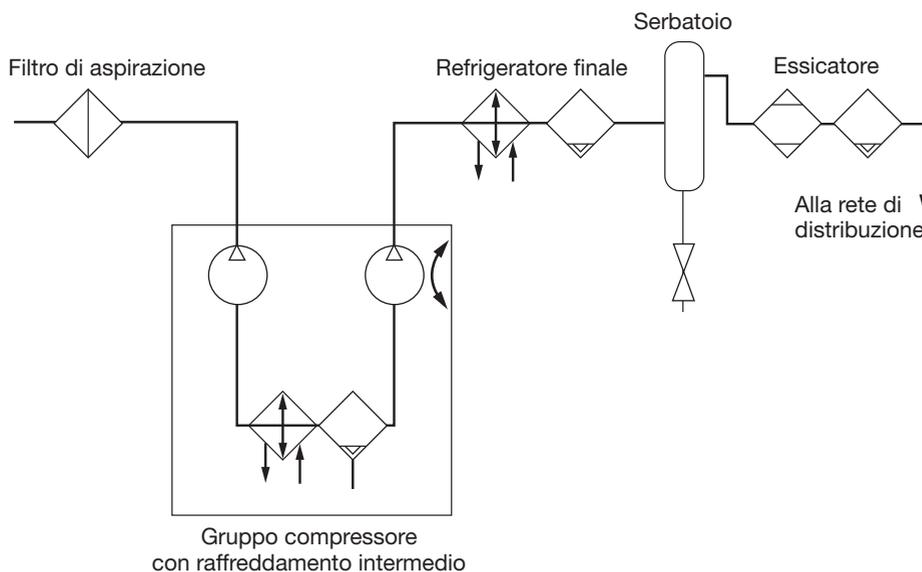
# Produzione dell'aria compressa

Nella figura sottostante è rappresentato lo schema di una stazione di compressione.



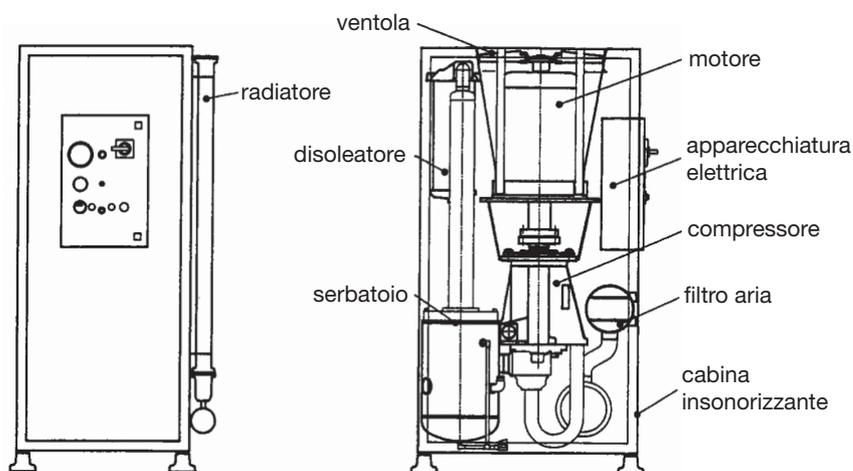
- 1 Filtro di aspirazione
- 2 Compressore
- 3 Trattamento (raffreddatore, separatore e scaricatore automatico di condensa)
- 4 Serbatoio di accumulo
- 5 Filtro e scaricatore automatico dell'olio
- 6 Essiccatore
- 7 Filtro polveri e particelle
- 8 Linea di by-pass
- 9-10 Valvole di esclusione

Utilizzando la simbologia pneumatica, l'impianto può essere schematizzato come segue:



La costruzione di una centrale di compressione richiede spese di installazione non indifferenti, che vanno completamente perse in caso di spostamento dell'impianto; i compressori e i gruppi accessori di trattamento dell'aria sono quindi spesso montati come unità dotata di proprio basamento (package), che non richiede fissaggio al terreno e può essere facilmente spostata (figura nella pagina successiva).

Si ottengono quindi unità di compressione autonome eventualmente racchiuse dentro appositi contenitori fonoisolanti per attutire gli effetti della rumorosità e collocate in prossimità dei siti di utilizzazione.



Si utilizzano usualmente i **compressori volumetrici**:

- *alternativi*: a pistone o a membrana;
- *rotativi*: a palette, a vite elicoidale, a lobi tipo Roots.

### Volume normale (Nm<sup>3</sup>)

Il volume dell'aria dipende dalle condizioni di pressione e temperatura.  
Condizioni normali:

- temperatura  $T_0 = 0\text{ °C} = 273\text{ K}$ ;
- pressione assoluta  $p_0 = 101\,325\text{ Pa}$ .

In base alla legge dei gas, tra il volume  $V_1$  in condizioni 1 e il volume normale  $V_0$  in condizioni normali vale la relazione:

$$V_1 = V_0 \cdot \frac{T_1}{T_0} \cdot \frac{p_0}{p_1}$$

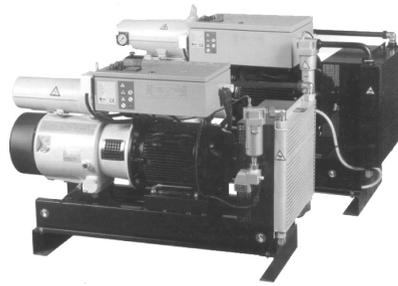
Le caratteristiche principali sono:

- il *rapporto di compressione*:  $\pi = \frac{p_2}{p_1}$   
 $p_2$  = pressione assoluta di mandata;  
 $p_1$  = pressione assoluta di aspirazione;
- la *portata effettiva*, espressa in Nm<sup>3</sup>/h. La previsione della portata in fase progettuale è effettuata sulla base dei consumi medi degli utilizzatori previsti, maggiorando il totale con un'opportuna percentuale di sicurezza. La portata è spesso suddivisa tra due o più compressori per eventuali avarie e manutenzioni;
- *pressione di esercizio*, presente nel serbatoio (usualmente 0,7-1,4 MPa);
- *pressione di lavoro*, necessaria nella specifica utilizzazione. Per i componenti pneumatici normalmente è di 0,6 MPa.

La tabella a pagina seguente fornisce valori indicativi per il campo di impiego di alcuni tipi di compressore.

Compressori		Pressione (MPa)	Portata (Nm <sup>3</sup> /h)
Alternativi	monostadio	0,7-1	< 1200
	multistadio	> 2	
A palette		0,2-1	< 6000
A vite	Lubrificati: monostadio bistadio	0,3-1,3 < 2	< 4200
	A secco: monostadio multistadio	< 0,4 0,4-1	< 6000
A lobi (Roots)	monostadio	< 0,1	< 18 000
	bistadio	< 0,25	

Nella figura sottostante è visibile un'installazione compatta per la produzione di aria compressa con compressore a palette.



L'aria aspirata dal compressore contiene contaminanti solidi e liquidi, consistenti principalmente in:

- polveri;
- umidità e olio.

Olio e acqua formano emulsioni e possono provocare depositi o condense all'interno della tubazione; inoltre favoriscono la formazione di agglomerati delle polveri e conseguente adesione alla superficie.

Sull'aspirazione viene quindi inserito un **filtro**.

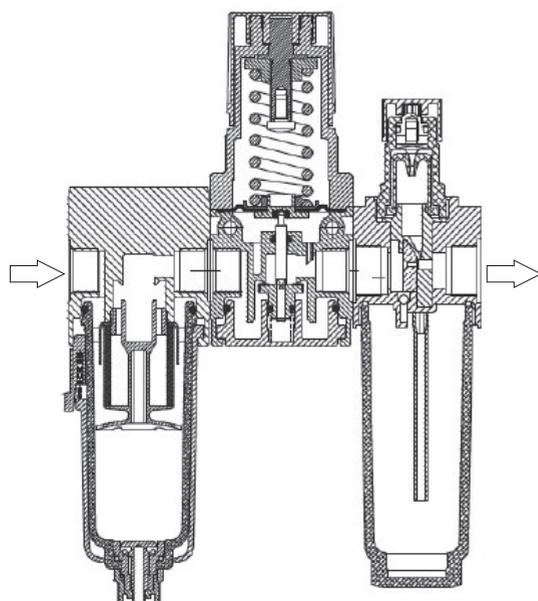
La quantità di particelle solide presenti nell'atmosfera è stimabile attorno a 150 milioni per ogni metro cubo; le particelle con dimensioni minori di 10 micron non possono essere trattenute dai filtri in aspirazione e quindi vengono immesse nel circuito dell'aria compressa. Possono essere presenti particelle metalliche (ruggine e scaglie) e alcuni solidi possono avere un effetto catalitico e generare corrosione.

### Rimozione dei contaminanti

Solidi	Olio (aerosol)
<ul style="list-style-type: none"> <li>– separatori inerziali</li> <li>– filtri particellari</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– filtri coalescenti a elevata efficienza</li> </ul>
Umidità	Olio (vapore)
<ul style="list-style-type: none"> <li>– condensazione con separazione</li> <li>– essiccatori frigoriferi</li> <li>– adsorbimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– adsorbimento</li> </ul>

Nel corso della compressione aumenta la temperatura dell'aria e con essa la capacità di assorbire vapore acqueo; se l'aria calda è immessa nella rete di distribuzione con il suo contenuto di umidità, potrà subire un processo di condensazione lungo il percorso e negli utilizzatori, a causa del raffreddamento che abbassa la pressione di saturazione. Si cerca quindi di ridurre il più possibile il contenuto di umidità prima dell'immissione nella rete mediante **refrigeratori** e **scaricatori di condensa**, posizionati a monte del serbatoio e funzionanti come scambiatori con circolazione d'acqua o con circolazione d'aria.

Un regolatore di pressione con filtro e uno scaricatore di condensa costituiscono spesso un gruppo integrato (figura sottostante).



Nei compressori bistadio viene effettuata una refrigerazione intermedia; in tal modo si riduce anche il lavoro di compressione, avvicinandosi dalla compressione adiabatica alla isoterma:

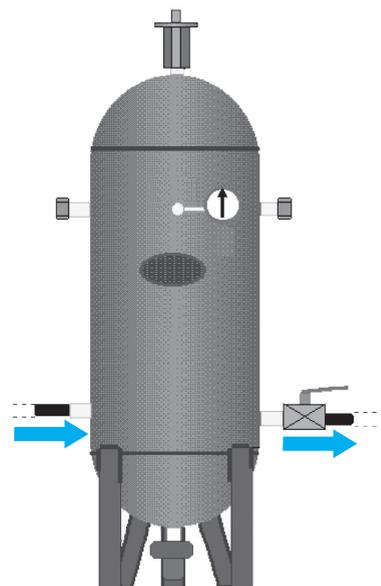
$$L_{ad} = \frac{k}{k-1} \cdot R \cdot T_1 \cdot \left( 1 - \pi^{\frac{k-1}{k}} \right)$$

$$L_{is} = R \cdot T_1 \cdot \ln \pi$$

Anche nel **serbatoio** (nella figura a fianco) la condensa viene raccolta ed espulsa nella parte bassa; il serbatoio, munito di valvola di sicurezza, svolge una funzione di accumulo per:

- compensare gli sbalzi nella richiesta di fluido, assicurando alla rete una portata d'aria e una pressione quasi costanti e limitando gli interventi di regolazione;
- permettere interruzioni di funzionamento del motore del compressore, realizzando risparmi di energia.

Quando è necessario accentuare la deumidificazione, si impiega un **essiccatore ad adsorbimento**, in cui l'umidità residua è sot-



tratta all'aria sfruttando il forte potere assorbente di apposite sostanze (*gel di silice*).

Dal serbatoio la **distribuzione** avviene con tubature di plastica o di rame verso i regolatori di pressione e i rubinetti con valvola a sfera, dai quali è prelevata l'aria compressa con tubazioni flessibili per le varie utilizzazioni; in corrispondenza del serbatoio e dei rubinetti di distribuzione sono inseriti manometri per il controllo della pressione e valvole di sicurezza. Eventuali nebulizzatori d'olio lubrificano i meccanismi degli utensili grazie al trasporto di minute goccioline attraverso l'aria.