

# Manuale dell'aria compressa

---



# Manuale dell'aria compressa



Questa edizione in lingua italiana  
pubblicata da Atlas Copco Italia S.p.A.,  
sulla base del "Compressed Air Manual"  
realizzato dall'Atlas Copco Compressor AB di Stoccolma.  
Project Manager: Paul Lindeberg.

La riproduzione, totale o parziale, del contenuto di questa  
pubblicazione senza previo permesso scritto rilasciato  
dall'Atlas Copco Compressor AB, è proibita in conformità  
con le leggi sui diritti d'autore. Ciò è valido per qualsiasi  
forma di riproduzione per mezzo di stampa, duplicazione,  
copie fotostatiche, registrazione, ecc.

Traduzione: Ing. Mario Silvano

Preparazione grafica: Eugraf di Uggeri & C. snc  
Stampa: Grafiche Somalia snc - Maggio 2000

**Atlas Copco Italia S.p.A.**  
Via F.lli Gracchi, 39  
20092 Cinisello Balsamo - Milano  
Telefono 02.617991

# Introduzione

Questo manuale è una risorsa per coloro che desiderano aumentare ulteriormente le loro conoscenze relative all'aria compressa. Questa edizione è sotto molti aspetti ampliata, aggiornata e migliorata in confronto alle precedenti, l'ultima delle quali è stata pubblicata nel 1977. Naturalmente si sono verificati molti eventi durante questo periodo, tuttavia le basi rimangono e costituiscono il nocciolo di questo manuale, che è stato desiderato e richiesto da molti.

Il manuale tratta gli argomenti teorici e pratici, essenziali affrontati da tutti coloro che lavorano quotidianamente con l'aria compressa, dalle relazioni teoriche fondamentali ai consigli più pratici. La principale aggiunta a questa edizione è un maggiore impegno su aspetti ambientali, problemi relativi alla qualità dell'aria, risparmio di energia ed economia di aria compressa. Tuttavia noi concludiamo presentando esempi di calcoli, tabelle con informazioni utili, ed un indice analitico. Gli argomenti del manuale sono trattati dai nostri tecnici più esperti e ci auguriamo che i diversi capitoli servano come libro di testo per i principianti e come libro di consultazione per gli utilizzatori più esperti.

E' nostra convinzione che questo manuale sarà utile e forse, anche, riuscirà gradito a molti che operano nell'ambito dell'industria. Molti problemi possono certamente essere risolti con l'aiuto di questo testo mentre altri problemi richiederanno ulteriori ricerche. In quest'ultimo caso pensiamo che il lettore possa anche ricevere un aiuto tramite il supporto e la struttura della nostra società per continuare una discussione che ha avuto inizio dal manuale. Con questa certezza, ogni lettore potrà sempre contattarci per avere risposte ai problemi non risolti.

Atlas Copco Italia S.p.A.  
Divisione Compressori

## Capitolo 1

### Teoria

<b>1.1 Fisica. Nozioni generali</b>	10
1.1.1 Struttura della materia	10
1.1.2 La molecola ed i diversi stati della materia	10
<b>1.2 Unità di misura fisiche</b>	11
1.2.1 Pressione	11
1.2.2 Temperatura	12
1.2.3 Capacità termica	13
1.2.4 Lavoro	13
1.2.5 Potenza	13
1.2.6 Portata in volume	14
<b>1.3 Termodinamica</b>	14
1.3.1 Principi principali	14
1.3.2 Leggi dei gas	14
1.3.3 Trasmissione del calore	15
1.3.4 Cambiamenti di stato	16
1.3.4.1 Processo isocoro	16
1.3.4.2 Proc. isobarico	17
1.3.4.3 Proc. isotermico	17
1.3.4.4 Proc. adiabatico	18
1.3.4.5 Proc. politropico	18
1.3.5 Flusso di un gas attraverso un ugello	18
1.3.6 Flusso di un gas nei tubi	19
1.3.7 Strozzamento di un flusso	19
<b>1.4 L'aria</b>	20
4.1.1 L'aria in generale	20
4.1.2 L'aria umida	20
<b>1.5 Tipi di compressore</b>	21
1.5.1 Due principi fondamentali	21
1.5.2 Compressori volumetrici	21
1.5.3 Diagramma del compressore per i compressori volumetrici	23
1.5.4 Compressori dinamici	24
1.5.5 Compressione multistadio	24
1.5.6 Confronto fra compressori volumetrici e compressori centrifughi	25
<b>1.6 Elettricità</b>	25
1.6.1 Terminologia e definizioni fondamentali	25
1.6.2 Legge di Ohm per la corrente	

alternata	26
1.6.3 Sistema trifase	27
1.6.4 Potenza	27
1.6.5 Il motore elettrico	28
1.6.5.1 Veloc. di rotazione	28
1.6.5.2 Rendimento	28
1.6.5.3 Classi di isolam.	28
1.6.5.4 Classi di protez.	28
1.6.5.5 Metodi di raffreddamento	29
1.6.5.6 Metodo di instal.	28
1.6.5.7 Collegamenti a stella (Y) ed a triangolo ( $\Delta$ )	28
1.6.5.8 Coppia	31

## Capitolo 2

### Compressori ed equipaggiamento ausiliario

<b>2.1 Compressori volumetrici</b>	34
2.1.1 Compressori volumetrici in generale	34
2.1.2 Compressori a pistone	34
2.1.3 Compressori a pistone non lubrificati	37
2.1.4 Compressori a membrana	37
2.1.5 Compressori a vite	37
2.1.5.1 Compressore a vite non lubrificati	39
2.1.5.2 Compressore a vite a iniez. di liquido	39
2.1.6 Compressore a camme	41
2.1.7 Compressore a spirale	41
2.1.8 Compressore a palette	43
2.1.9 Compressore ad anello liquido	43
2.1.10 Soffiante	44
<b>2.2 Compressori dinamici</b>	44
2.2.1 Compressori dinamici in generale	44
2.2.2 Compressori centrifughi	45
2.2.3 Compressori assiali	46
<b>2.3 Altri compressori</b>	47
2.3.1 Pompe a vuoto	47
2.3.2 Surpressori	47

2.3.3	Moltiplicatore di pressione	48	(diffusore)	60	
<b>2.4</b>	<b>Trattamento dell'aria compressa</b>	48	2.5.3.4	Riduzione della pressione	60
2.4.1	Essiccazione dell'aria compressa	48	2.5.3.5	A carico - a vuoto - arresto	60
2.4.1.1	Refrigeratore finale	50	2.5.3.6	Regolazione della velocità	62
2.4.1.2	Essiccatore a refrigerazione	50	2.5.4	Controllo e monitoraggio	62
2.4.1.3	Sovracompressione	51	2.5.4.1	Principi generali	62
2.4.1.4	Essiccazione per assorbimento	51	2.5.4.2	A carico - a vuoto - arresto	62
2.4.1.5	Essiccazione per assorbimento	52	2.5.4.3	Controllo della velocità	63
2.4.2	Filtri	54	2.5.5	Controllo e monitoraggio	63
<b>2.5</b>	<b>Sistemi di controllo e regolazione</b>	56	2.5.5.1	Misurazione della temperatura	63
2.5.1	La regolazione in generale	56	2.5.5.2	Misurazione della pressione	64
2.5.2	Principi della regolazione dei compres. volumetrici	57	2.5.5.3	Monitoraggio	64
2.5.2.1	Limitazione della pressione	57	2.5.6	Sistema di controllo complessivo	65
2.5.2.2	By-pass	57	2.5.6.1	Selettore di sequenza degli avviamenti	66
2.5.2.3	Strozzamento dell'aspirazione	58	2.5.7	Controllo centrale	66
2.5.2.4	Limitazione della pressione con aspirazione strozzata	58	2.5.8	Monitoraggio a distanza	67
2.5.2.5	Avviamento/arresto	58			
2.5.2.6	Regolazione della velocità	58			
2.5.2.7	Bocca di mandata variabile	59			
2.5.2.8	Messa a vuoto della valvola di aspirazione	59			
2.5.2.9	Volume dello spazio nocivo	59			
2.5.2.10	A carico - a vuoto - arresto	60			
2.5.3	Principi della regolazione dei compressori dinamici	60			
2.5.3.1	Strozzamento dell'aspirazione	60			
2.5.3.2	Palette di guida sull'aspirazione	60			
2.5.3.3	Palette di guida sulla mandata				

## Capitolo 3 Calcolo delle installazioni di compressori

<b>3.1</b>	<b>Calcolo delle installazioni di compressori</b>	70
3.1.1	Principi generali	70
3.1.1.1	Calcolo della pres. di esercizio	70
3.1.1.2	Calcolo del fabbisogno di aria compressa	71
3.1.1.3	Misurazione del fabbisogno di aria compressa	73
3.1.2	Centralizzazione o decentralizzazione	73
3.1.2.1	Concetti generali	73
3.1.2.2	Installazioni	

	di compressori centralizzati	73		3.4.3.2 Sistemi con raffreddam. ad aria	89
3.1.2.3	Installazioni di compressori decentralizzati	74		3.4.3.3 Sistemi con raffred. ad acqua	90
3.1.3	Dimensionamento alle alte altitudini	74	<b>3.5 Il locale dei compressori</b>		91
3.1.3.1	Concetti generali	74	3.5.1	Concetti generali	91
3.1.3.2	L'effetto su un compressore delle condizioni ambientali	75	3.5.2	Installazione e progetto	92
3.1.3.3	Fonte di energia	76	3.5.3	Fondazione	92
3.1.3.3.1	Motori elettrici	76	3.5.4	Aria di aspirazione	93
3.1.3.3.2	Motori a combust.	76	3.5.5	Ventilazione del locale dei compressori	93
<b>3.2</b>	<b>Trattamento dell'aria compressa</b>	77	<b>3.6 Struttura della rete dell'aria compressa</b>		96
3.2.1	Concetti generali	77	3.6.1	Concetti generali	96
3.2.2	Vapore d'acqua nell'aria compressa	78	3.6.1.1	Serbatoio dell'aria compressa	96
3.2.3	Olio nell'aria compressa	79	3.6.2	Progettazione della rete dell'aria compressa	98
3.2.4	Microorganismi nell'aria compressa	79	3.6.3	Dimensionamento della rete dell'aria compressa	99
3.2.5	Filtri	80	3.6.4	Misurazione della portata	101
3.2.6	Refrigeratore finale	81	<b>3.7 Compressori mobili</b>		101
3.2.7	Separatore di condensa	81	3.7.1	Concetti generali	101
3.2.8	Olio sotto forma di piccole gocce	82	3.7.2	Rumore ed emissioni gassose	101
<b>3.3</b>	<b>Sistema di raffreddamento</b>	82	3.7.3	Gamma di pressioni	102
3.3.1	Compressori raffreddati ad acqua	82	<b>3.8 Impianto elettrico</b>		102
3.3.1.1	Concetti generali	82	3.8.1	Concetti generali	102
3.3.1.2	Sistema aperto, senza ricircolazione d'acqua	82	3.8.2	Motori elettrici	102
3.3.1.3	Sistema aperto con ricircolazione d'acqua	83	3.8.3	Metodi di avviamento	103
3.3.1.4	Sistema chiuso	84	3.8.4	Tensione di controllo	104
<b>3.4</b>	<b>Recupero di energia</b>	85	3.8.5	Protezione contro i cortocircuiti	104
3.4.1	Concetti generali	85	3.8.6	Cavi elettrici	104
3.4.2	Calcolo della potenzialità di recupero	87	3.8.7	Compensazione dello sfasamento	105
3.4.3	Metodi di recupero	88	<b>3.9 Suono</b>		106
3.4.3.1	Concetti generali	88	3.9.1	Concetti generali	106
			3.9.2	Pressione sonora efficace	106
			3.9.3	Assorbimento	106
			3.9.4	Costante dell'ambiente	106
			3.9.5	Riverberazione	107
			3.9.6	Relazione tra potenza sonora e pressione sonora	107
			3.9.7	Misurazione del suono	108
			3.9.8	Interazione di varie sorgenti sonore	108

3.9.9	Attenuazione acustica	109
3.9.10	Rumore con installazioni di compressori	
3.10	Unificazioni, leggi e provvedimenti	110
3.10.1	Concetti generali	110
3.10.2	Unificazioni	110

## Capitolo 4 Economia

<b>4.1</b>	<b>Economia</b>	112
4.1.1	Costi di produzione dell'aria compressa	112
4.1.1.1	Concetti generali	112
4.1.1.2	Suddivisione dei costi	113
<b>4.2</b>	<b>Possibilità di risparmiare</b>	113
4.2.1	Fabbisogno di potenza	113
4.2.2	Pressione di esercizio	114
4.2.3	Consumo di aria compr.	115
4.2.4	Metodo di regolazione	116
4.2.5	Qualità dell'aria compr.	117
4.2.6	Recupero di energia	118
4.2.7	Manutenzione	119
4.2.7.1	Pianificazione della manutenzione	119
4.2.7.2	Equipaggiamento ausiliario	120
<b>4.3</b>	<b>Altri fattori economici</b>	120
4.3.1	Concetti generali	120
4.3.2	LCC	120

## Capitolo 5 Calcoli

<b>5.1</b>	<b>Esempi di dimensionamento di installazioni di aria compressa</b>	124
<b>5.2</b>	<b>Dati di immissione</b>	125
5.2.1	Fabbisogno	125
5.2.2	Condizioni ambientali (dimensionamento)	125
5.2.3	Varie	125
<b>5.3</b>	<b>Scelta dei componenti</b>	126

5.3.1	Dimensionamento del compressore	127
5.3.2	Assunzione di dati per i calcoli successivi	127
5.3.3	Dimensionamento del volume del serbatoio dell'aria	128
5.3.4	Dimensionamento dell'essiccatore	129
5.3.5	Assunzione di dati per i successivi calcoli	129
5.3.6	Calcoli di controllo	130
<b>5.4</b>	<b>Altri dimensionamenti</b>	131
5.4.1	Calcolo della quantità di condensa	131
5.4.2	Fabbisogno di ventilazione del locale del compressore	132
<b>5.5</b>	<b>(Appendice 1) Alta altitudine</b>	133
<b>5.6</b>	<b>(Appendice 2) Mandata intermittente</b>	134
<b>5.7</b>	<b>(Appendice 3) Recupero di energia tramite acqua</b>	135
5.7.1	Dati assunti	136
5.7.2	Calcolo della portata dell'acqua di raffreddamento nel circuito di recupero di energia	136
5.7.3	Bilancio energetico attraverso lo scambiatore di calore	137
5.7.4	Compilazione della risposta	137
<b>5.8</b>	<b>(Appendice 4) Caduta di pressione nei tubi</b>	138

## Capitolo 6 Quantità, unità di misura e simboli

<b>6.1</b>	<b>Il sistema SI</b>	140
<b>6.2</b>	<b>Simboli per disegni</b>	143
<b>6.3</b>	<b>Diagrammi e tabelle</b>	145
<b>6.4</b>	<b>Unificazioni e norme d'uso corrente</b>	150
6.4.1	Regolamenti e unificazioni relativi alla sicurezza	150
6.4.1.1	Requisiti di sicurezza	

	delle macchine	150
6.4.1.2	Sicurezza in presenza di pressione	150
6.4.1.3	Ambiente	150
6.4.14	Sicurezza contro i rischi dovuti all'elettricità	151
6.4.2	Unificazioni e norme relative alla tecnologia	151
6.4.2.1	Unificazione	151
6.4.2.2	Misurazioni	151
<b>Indice analitico</b>		<b>152</b>