

# Gestione dei gas compressi

## Generalità

### Cosa sono i gas compressi

Con gas compressi ci si riferisce ai gas che hanno una temperatura critica superiore ai  $-10^{\circ}\text{C}$  e che per ragioni di trasporto, stoccaggio e utilizzo sono immagazzinati in recipienti a pressione superiore a quella atmosferica.

Esempi di gas compressi:  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ , Ar, He,  $\text{CH}_4$ , ecc



## Generalità

### Pericoli legati alla tipologia di gas

**Gas inerti (come azoto, argon ed elio):** si tratta di gas non tossici che non supportano la respirazione umana e interagiscono in minima misura con altre sostanze.

La concentrazione di ossigeno nell'aria ideale è pari al 21% e un luogo di lavoro sicuro deve avere ossigeno tra il 19,5% e il 23%. La possibile sovra o sotto-ossigenazione porta al rischio di asfissia.

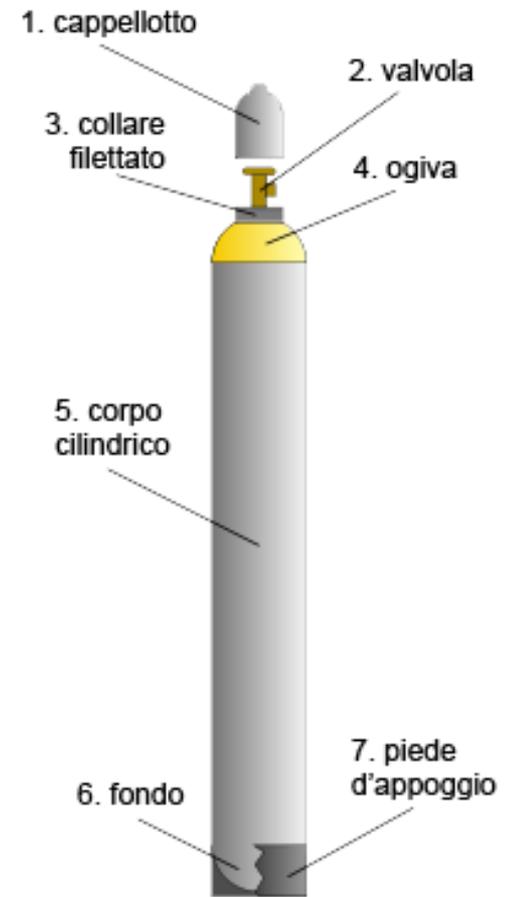
**Gas tossici:** sono i gas che, se inalati, portano lesioni acute o croniche e per ogni sostanza sono previsti i valori di concentrazione massima nell'ambiente.

**Gas infiammabili o combustibili:** si tratta di gas compressi che se miscelati con l'aria danno origine a una atmosfera esplosiva. Il gas infiammabile è caratterizzato da una concentrazione minima di esplosibilità, per la quale se immesso nell'aria non genera esplosioni.

## Generalità

### Bombole

- Le bombole sono essenzialmente costituite da:
- un cappello che racchiude la valvola di erogazione
- una valvola
- un collare filettato
- un'ogiva
- un corpo cilindrico
- un fondo
- un piede d'appoggio
- La funzione del cappello è quella di proteggere la valvola di erogazione, che è il punto più debole della bombola, da rotture in caso di ribaltamenti o urti accidentali.



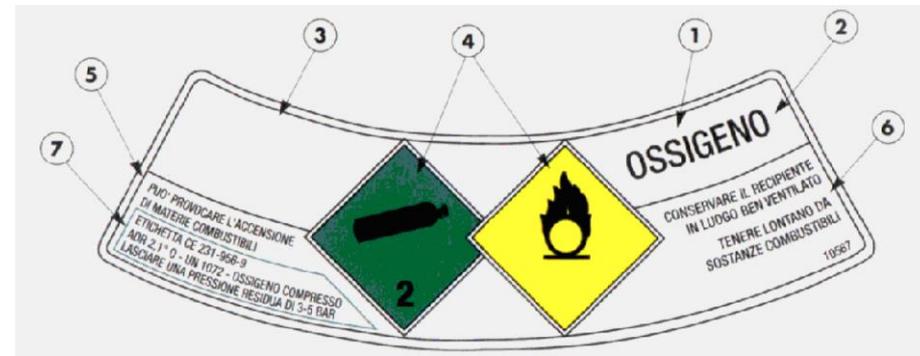
## Generalità

### Identificazione del contenuto della bombola

Il contenuto della bombola si identifica in tre modi:

- dall'etichettatura;
- dal colore dell'ogiva che identifica il rischio principale associato al gas;
- dalla punzonatura dell'ogiva (opzionale).

1. numero ONU e denominazione del gas;
2. composizione del gas o della miscela;
3. generalità produttore o primo importatore;
4. simboli di pericolo;
5. frasi di rischio;
6. consigli di prudenza;
7. numero CE della sostanza contenuta.



## Generalità

### Colorazione dell'ogiva

La colorazione distintiva dovrà essere applicata sull'ogiva della bombola, che dovrà essere verniciata con i colori di identificazione e l'eventuale lettera "N", come dettagliatamente specificato sulla norma UNI EN 1089 - 3 dell'ottobre 1997.

**Il colore dell'ogiva, in generale, identifica il rischio principale associato al gas, e non il gas stesso, solo per i gas più comuni sono previsti colori specifici.**

Il corpo cilindrico delle bombole non è interessato alla codifica e può essere colorato per altri scopi, purché non comporti il pericolo di errore e interpretazioni del rischio associato al colore dell'ogiva.

Tuttavia sono fatte salve le disposizioni del decreto ministeriale 3 gennaio 1990, relativo alle bombole per uso medicale.

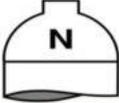
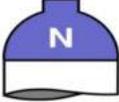
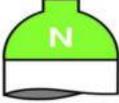
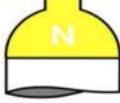
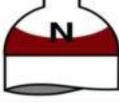
# COLORI IDENTIFICATIVI PER LE BOMBOLE DI GAS COMPRESI, LIQUEFATTI O DISCIOLTI

DECRETO DEL MINISTERO DEI TRASPORTI E NAVIGAZIONE DEL 7 GENNAIO 1999 IN CONFORMITA' ALLA NORMA UNI EN 1089-3

## IDENTIFICAZIONE DEL RISCHIO PRINCIPALE ASSOCIATO AL GAS

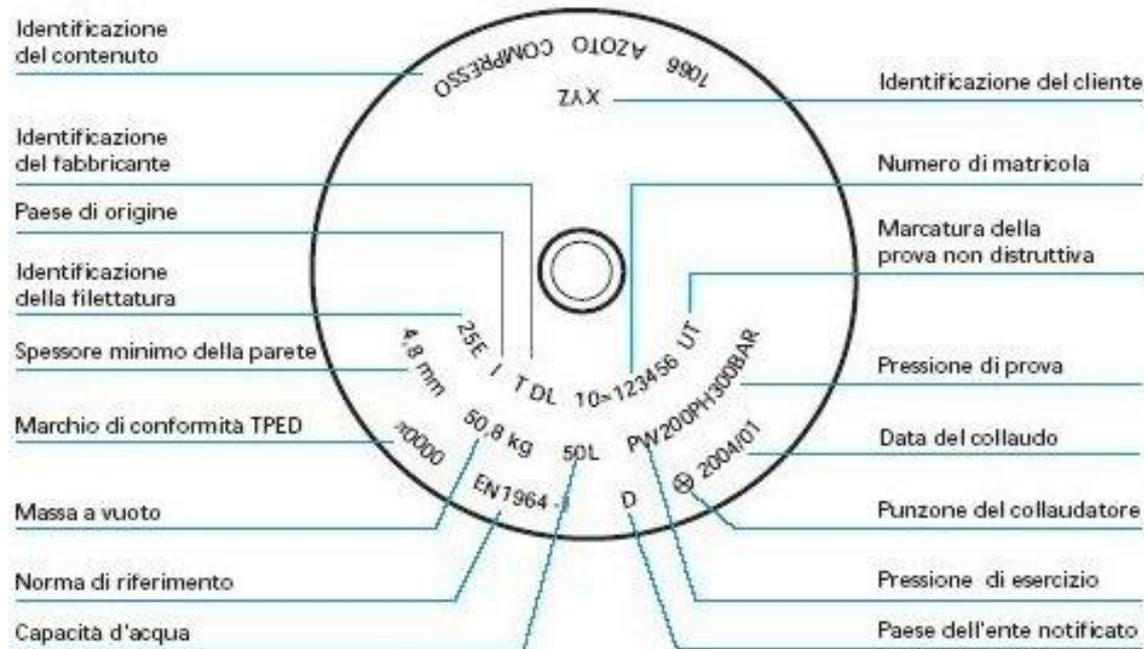
TIPO DI PERICOLO	INERTE	INFIAMMABILE	OSSIDANTE	TOSSICO E/O CORROSIVO	TOSSICO E INFIAMMABILE	TOSSICO O OSSIDANTE
COLORE	 VERDE CHIARO	 ROSSO	 BLU CHIARO	 GIALLO	 GIALLO + ROSSO	 GIALLO + BLU CHIARO

## COLORI SPECIFICI PER I GAS PIU' COMUNI

TIPO DI GAS	COLORAZIONE	TIPO DI GAS	COLORAZIONE
ACETILENE $C_2H_2$	 MARRONE ROSSICCIO	ETILENE $C_2H_4$	 ROSSO
AMMONIACA $NH_3$	 GIALLO	IDROGENO $H_2$	 ROSSO
ANIDRIDE CARBONICA $CO_2$	 GRIGIO SCURO	OSSIGENO $O_2$	 BIANCO
ARGON $Ar$	 VERDE SCURO	PROTOSSIDO D'AZOTO $N_2O$	 BLU
AZOTO $N_2$	 NERO	ARIA AD USO INDUSTRIALE	 VERDE CHIARO
CLORO $Cl_2$	 GIALLO	ARIA RESPIRABILE	 BIANCO + NERO
ELIO $He$	 MARRONE	MISCELA ELIO-OSSIGENO AD USO RESPIRATORIO	 BIANCO + MARRONE

# Generalità

## Punzonatura dell'ogiva



## Costruzione

I gas aventi temperatura critica inferiore a  $-10$  °C (la quasi totalità di quelli comunemente utilizzati) non sono liquefacibili a temperatura ambiente, perciò per ridurre il volume è necessario aumentare di molto la pressione.

Le bombole destinate a questi gas operano a pressione di 200-220 bar, perciò devono essere costruttivamente robuste.

Sono realizzate in acciaio senza saldatura e presentano un piede d'appoggio sulla parte inferiore per migliorarne la stabilità.



## Sicurezza

Per utilizzare il gas è sempre necessario installare sulla valvola un riduttore di pressione adatto al prodotto.

Le norme prevedono che la filettatura della valvola sia diversa a seconda della tipologia del gas, evitando così sostituzioni accidentali con prodotti incompatibili



**Colorazione delle Bombole a Norma UNI EN 1089-3:2011 e  
Connessioni d'Uscita Valvole a Norma UNI 1144:2005  
Classificazione delle Miscele a Norma UNI EN ISO 10156:2010**

Gruppo I - 1H-UNI 1144 Gas: H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO, Mix Inflamm. Gruppo I - 1P-UNI 1144 Gas: GPL Valvola: W 20 x 3/8" Sx M Ogiva: RAL 9010 (R6B 167,41,32) Fusto: Qualsiasi	Miscele Binarie Inflammabili [%]				
	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Ar	CO <sub>2</sub>	He
	≥ 5,6	≤ 94,4			
	≥ 3,2		≤ 96,8		
	≥ 8,1			≤ 91,9	
	≥ 5,0				≤ 95,0

Gruppo II - 2-UNI 1144 Gas: O <sub>2</sub> Industriale Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 9010 (R6B 241,236,225) Fusto: Qualsiasi	Miscele Binarie Comburenti [%]				
	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Ar	CO <sub>2</sub>	He
	≥ 23,6	≤ 76,4			
	≥ 14,5		≤ 85,5		
	≥ 31,6			≤ 68,4	
	≥ 21,7				≤ 78,3

Gruppo II - 2-UNI 1144 Gas: CO <sub>2</sub> Industriale Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 7037 (R6B 122,123,122) Fusto: Qualsiasi	Miscele Binarie Comburenti [%]				
	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Ar	CO <sub>2</sub>	He
	≥ 23,6	≤ 76,4			
	≥ 14,5		≤ 85,5		
	≥ 31,6			≤ 68,4	
	≥ 21,7				≤ 78,3

Gruppo II - 2-UNI 1144 Gas: Mix Ind. O <sub>2</sub> (< 31,5%) + CO <sub>2</sub> Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 6018 (R6B 97,153,59) Fusto: Qualsiasi	Gruppo II - 2-UNI 1144 Gas: Mix Ossidanti Industriali Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 5012 (R6B 0,137,182) Fusto: Qualsiasi				
					

Gruppo II - 2-UNI 1144 Gas: Mix Ind. O <sub>2</sub> (> 23,5%) + N <sub>2</sub> Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 5012 (R6B 0,137,182) Fusto: Qualsiasi	Gruppo II - 2-UNI 1144 Gas: Mix Ossidanti Industriali Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 5012 (R6B 0,137,182) Fusto: Qualsiasi				
					

Gruppo II - 2-UNI 1144 Gas: Mix Ind. O <sub>2</sub> (> 21,6%) + He Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 5012 (R6B 0,137,182) Fusto: Qualsiasi	Gruppo II - 2-UNI 1144 Gas: Mix Medicinale O <sub>2</sub> (> 23,5%) + N <sub>2</sub> Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 5012 (R6B 0,137,182) Fusto: RAL 9010 (R6B 241,236,225)				
					

Gruppo II - 2-UNI 1144 Gas: Mix Ind. O <sub>2</sub> (< 31,5%) + CO <sub>2</sub> Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 5012 (R6B 0,137,182) Fusto: Qualsiasi	Gruppo II - 2-UNI 1144 Gas: Mix Medicinale O <sub>2</sub> (> 21,6%) + He Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 9010 (R6B 241,236,225) + RAL 8008 (R6B 114,74,37) Fusto: RAL 9010 (R6B 241,236,225)				
					

Gruppo II - 2-UNI 1144 Gas: Mix Ind. O <sub>2</sub> + N <sub>2</sub> O Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 5012 (R6B 0,137,182) Fusto: Qualsiasi	Gruppo II - 2-UNI 1144 Gas: Mix Medicinale O <sub>2</sub> (> 31,5%) + CO <sub>2</sub> Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 9010 (R6B 241,236,225) + RAL 7037 (R6B 122,123,122) Fusto: RAL 9010 (R6B 241,236,225)				
					

Gruppo III - 3-UNI 1144 Gas: N <sub>2</sub> Valvola: W 30 x 3/8" Sx M Ogiva: RAL 1018 (R6B 250,202,48) Fusto: Qualsiasi	Gruppo II - 2-UNI 1144 Gas: Mix Ind. O <sub>2</sub> + N <sub>2</sub> O Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 5012 (R6B 0,137,182) Fusto: Qualsiasi				
					

Gruppo IV - 4-UNI 1144 Gas: Cl, F, Mix Tossiche e/o Corrosive Valvola: W 1" x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 1018 (R6B 250,202,48) Fusto: Qualsiasi	Gruppo II - 2-UNI 1144 Gas: Mix Medicinale O <sub>2</sub> + N <sub>2</sub> O Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 9010 (R6B 241,236,225) + RAL 5010 (R6B 0,79,124) Fusto: RAL 9010 (R6B 241,236,225)				
					

Gruppo V - 5-UNI 1144 Gas: N <sub>2</sub> Industriale Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx F Ogiva: RAL 9005 (R6B 14,14,16) Fusto: Qualsiasi	Gruppo V - 5-UNI 1144 Gas: N <sub>2</sub> Dispositivo Medico Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx F Ogiva: RAL 9005 (R6B 14,14,16) Fusto: RAL 9010 (R6B 241,236,225)	
		

Gruppo V - 5-UNI 1144 Gas: Miscele Inerti a Base di N <sub>2</sub> Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx F Ogiva: RAL 6018 (R6B 97,153,59) Fusto: Qualsiasi	Gruppo V - 5-UNI 1144 Gas: N <sub>2</sub> + NO (< 1000 ppm) D. M. Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx F Ogiva: RAL 6018 (R6B 97,153,59) Fusto: RAL 9010 (R6B 241,236,225)	
		

Gruppo V - 5-UNI 1144 Gas: O <sub>2</sub> Medicinale Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx F Ogiva: RAL 6018 (R6B 97,153,59) Fusto: Qualsiasi	Gruppo V - 5-UNI 1144 Gas: Mix O <sub>2</sub> (< 20%) + N <sub>2</sub> Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx F Ogiva: RAL 6018 (R6B 97,153,59) Fusto: RAL 9010 (R6B 241,236,225)	
		

Gruppo VI - 6-UNI 1144 Gas: Aria Industriale Valvola: W 30 x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 6018 (R6B 97,153,59) Fusto: Qualsiasi	Gruppo VI - 6-UNI 1144 Gas: Aria Respir. (20% ≤ O <sub>2</sub> ≤ 23,5%) Valvola: W 30 x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 9010 (R6B 241,236,225) + RAL 9005 (R6B 14,14,16) Fusto: Qualsiasi	
		

Gruppo VII - 7F-UNI 1144 Valvola: G 3/8" Sx F Gruppo VII - 7S-UNI 1144 Valvola: Racc. a Staffa φ 20 x φ 10 Gas: C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Ogiva: RAL 3009 (R6B 109,52,45) Fusto: Qualsiasi	Gruppo VI - 6-UNI 1144 Gas: Aria Medic. (20% ≤ O <sub>2</sub> ≤ 23,5%) Valvola: W 30 x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 9010 (R6B 241,236,225) + RAL 9005 (R6B 14,14,16) Fusto: RAL 9010 (R6B 241,236,225)	
		

Gruppo VIII - 8-UNI 1144 Gas: Ar Industriale Valvola: W 24,51 x 3/8" Dx F Ogiva: RAL 6001 (R6B 54,103,53) Fusto: Qualsiasi	Gruppo VIII - 8-UNI 1144 Gas: Ar Dispositivo Medico Valvola: W 24,51 x 3/8" Dx F Ogiva: RAL 6001 (R6B 54,103,53) Fusto: RAL 9010 (R6B 241,236,225)	
		

Gruppo VIII - 8-UNI 1144 Gas: He Industriale Valvola: W 24,51 x 3/8" Dx F Ogiva: RAL 8008 (R6B 114,74,37) Fusto: Qualsiasi	Gruppo VIII - 8-UNI 1144 Gas: He Dispositivo Medico Valvola: W 24,51 x 3/8" Dx F Ogiva: RAL 8008 (R6B 114,74,37) Fusto: RAL 9010 (R6B 241,236,225)	
		

Gruppo VIII - 8-UNI 1144 Gas: Mix Inerti a Base di Ar/He Valvola: W 24,51 x 3/8" Dx F Ogiva: RAL 6018 (R6B 97,153,59) Fusto: Qualsiasi	Gruppo VIII - 8-UNI 1144 Gas: Mix Medic. O <sub>2</sub> (20-21,6%) + He Valvola: W 24,51 x 3/8" Dx F Ogiva: RAL 9010 (R6B 241,236,225) + RAL 8008 (R6B 114,74,37) Fusto: RAL 9010 (R6B 241,236,225)	
		

Gruppo VIII - 8-UNI 1144 Gas: Mix Ind. O <sub>2</sub> (< 20%) + He Valvola: W 24,51 x 3/8" Dx F Ogiva: RAL 6018 (R6B 97,153,59) Fusto: Qualsiasi	Gruppo VIII - 8-UNI 1144 Gas: Mix Medic. O <sub>2</sub> (> 31,5%) + CO <sub>2</sub> Valvola: W 21,7 x 3/8" Dx M Ogiva: RAL 9010 (R6B 241,236,225) + RAL 7037 (R6B 122,123,122) Fusto: RAL 9010 (R6B 241,236,225)	
		

Gruppo IX - 9-UNI 1144 Gas: N <sub>2</sub> O Industriale Valvola: G 3/8" A Dx M Ogiva: RAL 5010 (R6B 0,79,124) Fusto: Qualsiasi	Gruppo IX - 9-UNI 1144 Gas: N <sub>2</sub> O Medicinale Valvola: G 3/8" A Dx M Ogiva: RAL 5010 (R6B 0,79,124) Fusto: RAL 9010 (R6B 241,236,225)	
		

Gruppo X - 10-UNI 1144 Gas: CO <sub>2</sub> Dispositivo Medico Valvola: W 27 x 2 ISO 5145 Dx M Ogiva: RAL 7037 (R6B 122,123,122) Fusto: RAL 9010 (R6B 241,236,225)	Gruppo X - 10-UNI 1144 Gas: CO <sub>2</sub> Dispositivo Medico Valvola: W 27 x 2 ISO 5145 Dx M Ogiva: RAL 7037 (R6B 122,123,122) Fusto: RAL 9010 (R6B 241,236,225)	
		

**Connessioni Coniche di Entrata UNI 1144**  
17E -> W 17,28 x 3/8" (Uscite M o F)  
25E -> W 25,68 x 1/2" (Uscite M o F o Staffa)  
28,3 -> W 28,3 x 3/8" (Uscite F o Staffa)  
34 -> M 34 x 2 (Uscite F o Staffa)

Preparato da Ing. Luigi MARCHESE  
Rev. 6 del 07/06/2018

## Sicurezza

Un recipiente di gas deve essere messo in uso solo se il suo contenuto risulta chiaramente identificabile.

Il contenuto va quindi identificato nei modi seguenti:

- colorazione dell'ogiva (testa della bombola), secondo il colore codificato dalla normativa di legge;
- nome commerciale del gas, scritte indelebili, etichette autoadesive, decalcomanie poste sul corpo del recipiente, oppure cartellini di identificazione attaccati alla valvola o al cappello di protezione (vedi esempio di etichettatura);
- raccordo di uscita della valvola, in accordo alle normative di legge;
- tipi e caratteristiche dei recipienti.

**E' importante quindi che l'utilizzatore non cancelli o renda illeggibile scritte, non asporti etichette, decalcomanie, cartellini applicati sui recipienti dal fornitore per l'identificazione del gas contenuto.**

## Sicurezza

I recipienti contenenti gas devono essere stoccati in luoghi e modi adatti:

- non devono essere esposti all'azione diretta dei raggi del sole, né tenuti vicino a sorgenti di calore o comunque in ambienti in cui la temperatura possa raggiungere o superare i 50 °C, i recipienti non devono essere esposti ad una umidità eccessiva, né ad agenti chimici corrosivi.
- Non bisogna immagazzinare in uno stesso luogo recipienti contenenti gas tra loro gas incompatibili. È necessario altresì evitare lo stoccaggio dei recipienti in luoghi ove si trovino materiali combustibili o sostanze infiammabili.
- Nei luoghi di deposito devono essere tenuti separati i recipienti pieni da quelli vuoti, utilizzando adatti cartelli murali per contraddistinguere i rispettivi depositi di appartenenza.
- Durante l'uso o nei luoghi di deposito i recipienti devono essere tenuti in posizione verticale ed assicurati alle pareti o a un qualsiasi supporto solido con catenelle od altro mezzo idoneo, per evitarne il ribaltamento, salvo che la forma del recipiente ne assicuri la stabilità.

## Sicurezza



## Sicurezza

Devono essere adoperate con le seguenti precauzioni:

- Soltanto una volta assicurato il recipiente si può togliere il cappello di protezione della valvola.
- Le valvole dei recipienti devono essere sempre tenute chiuse, tranne quando il recipiente è in utilizzo.
- L'apertura della valvola dei recipienti deve avvenire gradualmente e lentamente.
- Non usare mai chiavi od altri attrezzi per aprire o chiudere valvole munite di volantino. Per le valvole dure ad aprirsi o grippate per motivi di corrosione, o qualora la valvola o il raccordo appaiono danneggiati, contattare il fornitore per istruzioni ed evitare di utilizzare il gas.
- La lubrificazione delle valvole non è necessaria. È assolutamente vietato usare olio, grasso od altri lubrificanti combustibili sulle valvole dei recipienti contenenti ossigeno e altri gas ossidanti.

## Sicurezza

- I recipienti devono essere maneggiati con cautela evitando gli urti violenti tra di loro o contro altre superfici, cadute o altre sollecitazioni meccaniche che possano comprometterne l'integrità e la resistenza. I recipienti non devono essere sollevati dal cappello, né trascinati né fatti rotolare o scivolare sul pavimento. La loro movimentazione, anche per brevi distanze, deve avvenire mediante carrello a mano od altro opportuno mezzo di trasporto. Per sollevare i recipienti non devono essere usati elevatori magnetici né imbracature con funi o catene. Eventuali sollevamenti a mezzo gru, paranchi o carrelli elevatori devono essere effettuati impiegando esclusivamente le apposite gabbie, o cestelli metallici, o appositi pallets.
- I recipienti non devono mai essere collocati dove potrebbero diventare parte di un circuito elettrico. Quando un recipiente viene usato in collegamento con una saldatrice elettrica, non deve essere messo a terra. Questa precauzione impedisce al recipiente di essere danneggiato dall'arco elettrico.

# Sicurezza

## Apertura

L'apertura delle valvole delle bombole a pressione deve avvenire gradualmente e lentamente. Si ricorda che la sequenza da seguire nell'apertura delle valvole è la seguente:

1. aprire in senso anti-orario la valvola posta sulla bombola;
2. aprire in senso orario la valvola a spillo del riduttore;
3. aprire in senso anti-orario la manopola di erogazione.

Prima di restituire una bombola vuota, l'utilizzatore deve assicurarsi che la valvola sia ben chiusa, quindi avvitare l'eventuale tappo cieco sul bocchello della valvola ed infine rimettere il cappello di protezione. Si consiglia di lasciare sempre una leggera pressione positiva all'interno della bombola.

# Sicurezza

## Revisione periodica

Le attuali normative prevedono prescrizioni molto rigide per garantire un utilizzo sicuro delle bombole destinate al trasporto e allo stoccaggio dei gas compressi, disciolti e liquefatti.

I recipienti devono, pertanto, essere corredati da un certificato che attesti la conformità del recipiente alle normative vigenti all'atto della sua costruzione. Questo certificato è elaborato dal produttore delle bombole e deve essere conservato dal proprietario dei cilindri fino allo smaltimento.

I recipienti devono essere periodicamente revisionati e collaudati da parte di organismi autorizzati: in caso contrario, non possono essere utilizzati né trasportati.

# Sicurezza

## Revisione periodica

La revisione e il controllo periodico sono un requisito essenziale per consentirne l'utilizzo continuativo nel tempo. Il grado di sicurezza di una bombola è generalmente eccellente ed è "il risultato di adeguata progettazione, fabbricazione e dei successivi processi di manutenzione.

La periodicità dipende dalla dimensione e/o dal materiale del recipiente e dal gas ivi contenuto.

**Normalmente tutte le bombole vanno revisionate ogni 10 anni;**

L'esito positivo della verifica periodica consente la prosecuzione dell'esercizio dell'attrezzatura verificata.

# Sicurezza



E' pericoloso:



Sdraiare le bombole di Acetilene...

Utilizzare l'Ossigeno per pulirsi...



# Sicurezza

## RICORDATI DI.....

Definire sempre il luogo idoneo dove depositare le bombole.

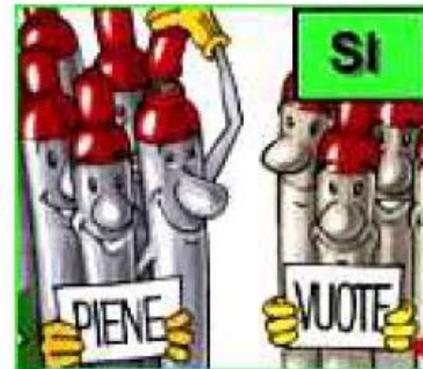


# Sicurezza



LE BOMBOLE IN DEPOSITO DEVONO ESSERE RIPARATE DAI RAGGI DIRETTI DEL SOLE.

MANTENERE SEPARATI I RECIPIENTI PIENI DA QUELLI VUOTI...



MANTENERE SEPARATI I GAS COMBUSTIBILI DA QUELLI COMBURENTI...

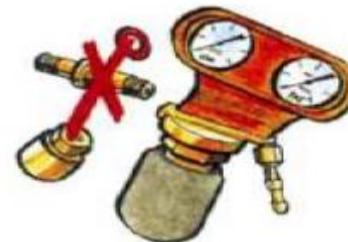
# Sicurezza

Quando si apre la valvola o si agisce sul riduttore, farlo sempre lentamente e porsi sempre dalla parte opposta al senso di uscita del gas!!!



**ATTENZIONE:  
UN TUBO FLESSIBILE NON  
CORRETTAMENTE COLLEGATO, O  
CHE SI ROMPE, DIVENTA UNA  
FRUSTA!**

E' vietato utilizzare raccordi intermedi sulle bombole di gas!



## Sicurezza

### Energia immagazzinata in una bombola

$$W_{A \rightarrow B} = \int_A^B p(V) dV$$

$$p(V) = \frac{nRT}{V}$$

$$W_{A \rightarrow B} = nRT * \ln\left(\frac{V_B}{V_A}\right) = nRT * \ln\left(\frac{P_A}{P_B}\right)$$

Es.: **bombola da 40 l, caricata a 200 bar.**

Vmol: 22.414 [l/mol] @ TPN

R = 8.314 [J/(mol\*K)]

Un kg di TNT, esplodendo, sviluppa un'energia dell'ordine dei 4 MJ

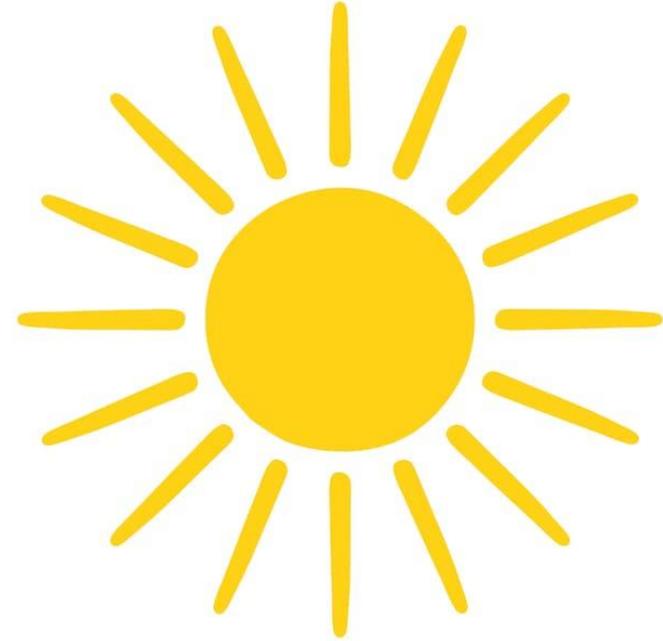


## Sicurezza

### Aumento di temperatura

$$\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B}$$

$$p_B = p_A * \frac{T_B}{T_A}$$



Es.: bombola da 40 l, caricata a 200 bar.

$$T_A = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_B = 70 \text{ }^\circ\text{C}$$