

## Avviso di sicurezza

### La gestione dell'anidride carbonica CO<sub>2</sub>

#### Anidride carbonica

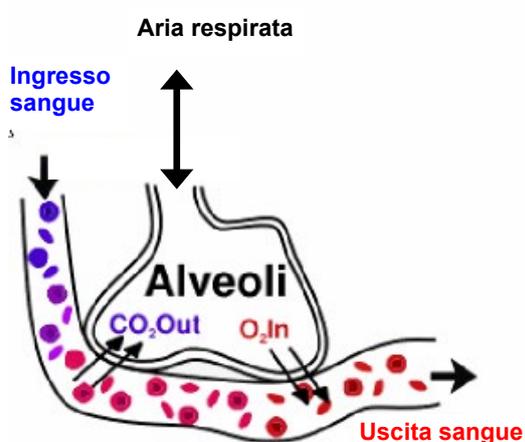
L'anidride carbonica è un gas incolore e fondamentalmente inodore e insapore. Per questa ragione non può praticamente essere percepito dai sensi umani. L'anidride carbonica non è tossica. Non è una sostanza pericolosa ai sensi dell'ordinanza sulle sostanze pericolose. L'aria che respiriamo contiene circa lo 0,04% vol. di anidride carbonica. Questa concentrazione è vitale perché stimola il nostro centro respiratorio e controlla il volume e la velocità di respirazione.

Chi punta a una gestione sicura dell'anidride carbonica deve conoscere le proprietà di questo gas e prendere le misure di sicurezza adeguate. Queste istruzioni per la sicurezza sono raccomandazioni tratte dall'esperienza pratica. Esse non sostituiscono ma integrano le norme vincolanti in materia di sicurezza. Spesso, nell'uso quotidiano, l'anidride carbonica viene chiamata acido carbonico. Nelle istruzioni per la sicurezza il termine "acido carbonico" viene usato solo se si tratta dell'anidride carbonica in soluzione acquosa (CO<sub>2</sub> in H<sub>2</sub>O).

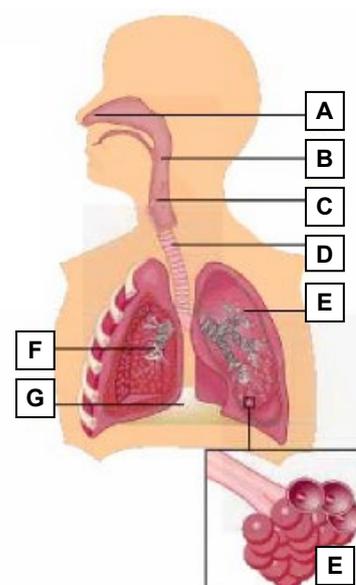
#### Effetto fisiologico (che cosa succede se inspiriamo CO<sub>2</sub>?)

In concentrazioni superiori a quella naturale (0,04% vol.) l'anidride carbonica può influire negativamente sulla salute. L'effetto fisiologico dannoso della concentrazione eccessiva di CO<sub>2</sub> non deriva quindi dalla mancanza di ossigeno, ma dall'azione diretta dell'anidride carbonica. Quando durante la respirazione l'aria raggiunge i polmoni, essa attraversa un labirinto di tubuli sempre più piccoli fino a raggiungere gli alveoli. Qui di norma una sottile membrana cede l'ossigeno (O<sub>2</sub>) dell'aria ambiente al sangue, mentre l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) del sangue viene trasferita all'aria. Durante l'espiazione questa CO<sub>2</sub> viene quindi espulsa dall'organismo.

Se, tuttavia, l'aria respirata contiene un eccesso di CO<sub>2</sub>, al posto dell'ossigeno improvvisamente è la CO<sub>2</sub> ad essere ceduta al sangue e lo scambio di ossigeno è compromesso.



- A Fossa nasale
- B Faringe
- C Laringe
- D Trachea
- E Alveoli
- F albero bronchiale
- G Diaframma



A seconda della concentrazione di CO<sub>2</sub> (percentuale vol. in aria), gli effetti sull'uomo possono essere di diverso tipo.

1-1,5 Vol.-% CO <sub>2</sub>	Si verifica un lieve effetto sul metabolismo dopo diverse ore.
3-5 Vol.-% CO <sub>2</sub>	Cefalee, disturbi della respirazione e malessere (al massimo dopo 30 minuti d'esposizione)
8-10 Vol.-% CO <sub>2</sub>	Con questa concentrazione possono verificarsi convulsioni, svenimenti, arresto respiratorio e morte. La percentuale d'ossigeno dell'aria respirata sarebbe all'incirca pari al 19% vol. e sarebbe quindi sufficiente.
10-100 Vol.-% CO <sub>2</sub>	In presenza di concentrazioni di anidride carbonica superiori al 10%, la perdita di coscienza subentra in meno di un minuto. Senza un intervento immediato, questa situazione condurrebbe alla morte.

Per questa ragione per la CO<sub>2</sub> è prevista una concentrazione massima tollerata sul posto di lavoro (valore MAK) di 0,5% vol. (⇒ SUVA "Valori limite sul posto di lavoro" / Codice di ordinazione nr. 1903.d)



**Attenzione: la CO<sub>2</sub> non solo è asfissiante, ma agisce direttamente sul nostro metabolismo anche se l'aria ambiente contiene ancora abbastanza ossigeno. La concentrazione di CO<sub>2</sub> deve essere monitorata con una misurazione della CO<sub>2</sub>; il controllo dell'ossigeno darebbe una falsa sicurezza.**

Attenzione, rischio di asfissia

L'anidride carbonica può danneggiare l'uomo anche a causa dell'azione del freddo. Quando la CO<sub>2</sub> raffreddata per depressurizzazione incontra la pelle umana sotto forma di neve, può dare luogo a dolorose "ustioni da freddo". I tessuti particolarmente sensibili quali la cornea sono particolarmente a rischio. Le ustioni da freddo di ampia dimensione sono pericolose per la vita. Anche la formazione di ghiaccio nei tubi e flessibili o sulle valvole può produrre un rischio meccanico per le persone che operano nelle immediate vicinanze.



**Si raccomanda di seguire attentamente le istruzioni operative per lavorare con la CO<sub>2</sub>. Proteggere bene la pelle con l'apposito abbigliamento e i guanti di protezione. Un paio di occhiali di protezione garantisce una protezione efficace della cornea contro le ustioni da freddo.**

Attenzione freddo

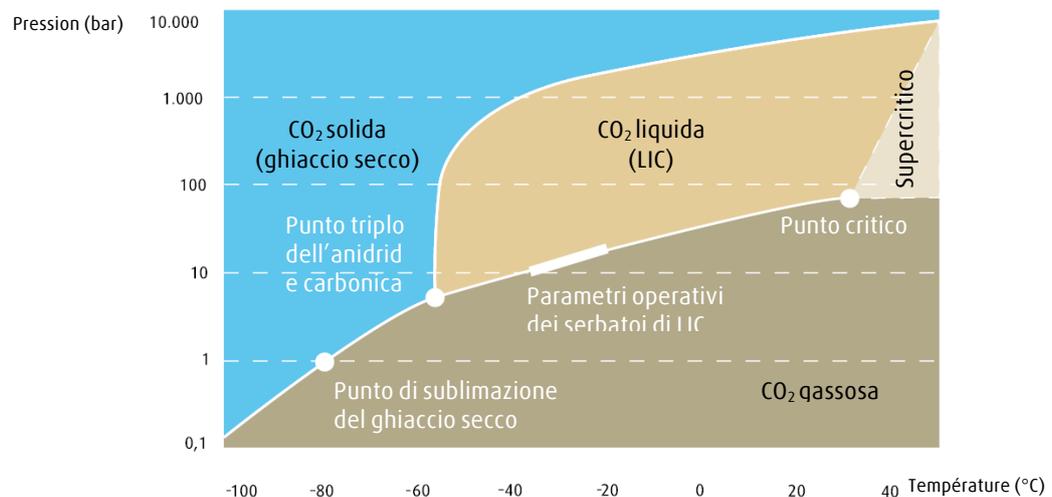
## Proprietà dell'anidride carbonica

L'anidride carbonica è incombustibile, chimicamente stabile in condizioni atmosferiche e poco reattiva. Le reazioni di combustione vengono inibite o completamente soppresse dall'anidride carbonica. L'anidride carbonica può avere reazioni forti con determinate sostanze quali l'ammoniaca o le ammine. L'anidride carbonica è solubile in acqua formando acido carbonico che presenta una reazione debolmente acida ed è corrosivo per gli acciai al carbonio e alcune leghe leggere.

L'anidride carbonica sotto forma di gas in condizioni atmosferiche è circa 1,5 volte più pesante dell'aria. Per questa ragione la CO<sub>2</sub> scende prevalentemente verso il basso e si può raccogliere in pozzi, cantine o depressioni del terreno. Quando la circolazione dell'aria è scarsa, questi accumuli di CO<sub>2</sub> possono perdurare per molte ore.

Gli stati di aggregazione che dipendono dalla pressione e dalla temperatura richiedono una particolare attenzione:

- In condizioni atmosferiche la CO<sub>2</sub> è **gassosa**.
- A temperature comprese tra -56,6 e +31,1°C e pressioni di almeno 5,2 bar, la CO<sub>2</sub> può assumere la **forma liquida**. A pressione atmosferica (1 bar) l'anidride carbonica non può assumere la forma liquida.
- A temperature inferiori a -56,6°C la CO<sub>2</sub> può assumere la **forma solida**.
- Tutti e tre gli stati di aggregazione sono possibili solo in corrispondenza del cosiddetto punto triplo (-56,6°C, 5,2 bar).



Nella bombola la CO<sub>2</sub> è presente in forma liquida, vale a dire "liquefatta sotto pressione". La pressione del liquido nella bombola di gas è di circa 57 bar a 20°C.

Prelevando la CO<sub>2</sub> dalla bombola di gas con un riduttore di pressione la cui pressione è inferiore a 5,2 bar, si ottiene una CO<sub>2</sub> gassosa. In questa fase, quando 1 kg di liquido espandendosi raggiunge la pressione atmosferica, vengono generati circa 550 litri di gas. In determinate condizioni, la CO<sub>2</sub> può essere prelevata dalla bombola anche in forma liquida. Se la CO<sub>2</sub> liquida viene improvvisamente depressurizzata durante il prelievo, essa si raffredda intensamente producendo una miscela di gas e neve di CO<sub>2</sub>.



Pericolo generale

Gli stati di aggregazione della CO<sub>2</sub> possono facilmente cambiare in funzione della pressione e della temperatura. Pertanto anche il suo volume e le caratteristiche fisiche possono cambiare repentinamente.

## La gestione delle bombole di CO<sub>2</sub>

Le norme generali per la manipolazione delle bombole a gas devono essere assolutamente osservate; oltre a queste, per le bombole di CO<sub>2</sub> va considerato quanto segue:

- Il travaso non autorizzato di anidride carbonica da una bombola all'altra è rischioso. Le bombole a gas devono avere certi requisiti per resistere con sicurezza alla pressione. Solo il personale adeguatamente istruito di un'azienda autorizzata di imbottigliamento è in grado di dire se una bombola a gas può essere caricata o meno. Inoltre il controllo e la limitazione della quantità di prodotto ricaricato tramite pesatura è indispensabile. In base all'ordinamento sui serbatoi pressurizzati è consentito il caricamento di max. 0,75 kg di CO<sub>2</sub> per litro di volume della bombola. Questo fattore di ricarica garantisce che la pressione nella bombola di CO<sub>2</sub> raggiunga la pressione di prova di 250 bar solo se portata ad una temperatura di 65°C. Superando il fattore di ricarica consentito, la pressione nella bombola aumenta già se questa viene leggermente riscaldata. Una bombola di CO<sub>2</sub> sovraccarica può scoppiare anche solamente riscaldata dal sole.
- La pressione in una bombola di CO<sub>2</sub> dipende solo dalla temperatura. A 20°C, ad esempio, la pressione è di 57 bar. Anche una bombola di CO<sub>2</sub> quasi vuota ha una pressione di 57 bar a 20°C se contiene gas liquido.
- Lo stato di carica di una bombola di CO<sub>2</sub> può essere stabilito solo tramite pesatura e non tramite misurazione della pressione.
- Le bombole di CO<sub>2</sub> sono normalmente di acciaio al carbonio. Questo materiale viene corrosivo dall'acido carbonico (CO<sub>2</sub> in H<sub>2</sub>O), il che conduce ad una pericolosa riduzione della resistenza. Per questa ragione l'acqua o i liquidi acquosi (birra, limonata) devono essere tenuti lontano dalle bombole di CO<sub>2</sub>. Prima dell'imbottigliamento, l'azienda deve controllare le bombole di CO<sub>2</sub> per escludere la presenza di acqua ed eventualmente asciugarle. Anche gli utenti dovrebbero escludere che qualche liquido possa penetrare nella bombola di CO<sub>2</sub>. Una possibile misura di protezione è l'installazione di una valvola antiritorno. Le bombole di CO<sub>2</sub> dovrebbero essere vuotate solo fino ad una pressione residua di circa 5 bar e le valvole dalla bombola devono essere chiuse dopo la svuotamento. In questo modo si impedisce che l'aria umida possa penetrare nella bombola di CO<sub>2</sub>.
- Le valvole delle bombole di CO<sub>2</sub> posseggono spesso una protezione contro le alte pressioni sotto forma di un disco di rottura fissato alla valvola con un dado a risvolto. Questo dispositivo non deve assolutamente essere manomesso per evitare la fuoriuscita occasionale e pericolosa di CO<sub>2</sub>.



Attenzione bombole di gas

Si sconsiglia decisamente di travasare l'anidride carbonica (sovrappressione in caso di variazioni della temperatura). Se necessario, il contenuto della bombola di CO<sub>2</sub> deve essere determinato tramite pesatura. Accertarsi che l'umidità non possa penetrare nella bombola. La manomissione delle valvole è estremamente pericolosa.

## La gestione dell'anidride carbonica CO<sub>2</sub> (solida / liquida / gassosa).

⇒ Anidride carbonica solida (ghiaccio secco)



Ghiaccio secco con contenitore idoneo per la conservazione

Il ghiaccio secco è composto da neve di CO<sub>2</sub> compattata prodotta tramite espansione della CO<sub>2</sub> liquida. Alla pressione atmosferica il ghiaccio secco ha una temperatura di -79°C. Quando il ghiaccio secco si riscalda a pressione atmosferica, esso non fonde ma evapora ("sublima") senza residui in anidride carbonica (per questo anche il nome di ghiaccio secco). A seconda del grado di compattazione, da un kg di ghiaccio secco si ottengono 300-400 litri di gas CO<sub>2</sub>. Per questa ragione, se il ghiaccio secco evapora in un contenitore a perfetta tenuta, la risalita della pressione può essere notevole.

A causa della sua temperatura molto bassa e della formazione di CO<sub>2</sub> gassosa, per la manipolazione del ghiaccio secco sono necessarie alcune misure di sicurezza:

- Il ghiaccio secco non è un ghiaccio alimentare. E' vietato ingerirlo o aggiungerlo direttamente a una bibita. Il freddo e la pressione che si genera possono provocare serie lesioni al corpo umano.
- Il ghiaccio secco deve essere tenuto fuori dalla portata dei bambini.
- A causa della sua bassa temperatura, il ghiaccio secco non deve essere toccato con le mani. La manipolazione con i guanti o con una pinza adatta protegge dalle ustioni da freddo.
- Se il ghiaccio secco viene frantumato a mano con un utensile adatto, gli occhi devono essere protetti con un paio di occhiali di protezione contro le schegge di ghiaccio secco.
- Il ghiaccio secco non deve essere conservato o trasportato in contenitori chiusi a tenuta. La pressione che nasce a seguito dell'evaporazione potrebbe fare scoppiare il contenitore.
- L'accesso delle persone agli ambienti in cui il ghiaccio secco viene conservato è consentito solamente se la CO<sub>2</sub> gassosa che si genera viene evacuata tramite una ventilazione adeguata.
- Il ghiaccio secco può essere trasportato solamente su pianali di carico che sono separati a tenuta di gas dalla cabina o dal vano passeggeri.

⇒ Anidride carbonica liquida (GAC)



Bombole di CO<sub>2</sub> con tubo pescante (con tubo montante o ad immersione)

La bombola di CO<sub>2</sub> con tubo montante contiene al suo interno un tubo montante o ad immersione che va dalla valvola fino a poco sopra il fondo della bombola. Da una bombola a tubo montante la CO<sub>2</sub> viene necessariamente (fino a quando è in piedi) prelevata in forma liquida.

In fase d'uso vanno considerati i seguenti aspetti:

- Le bombole di CO<sub>2</sub> con tubo montante vengono identificate come tali dall'azienda di imbottigliamento, hanno un simbolo a freccia (↓) sulla valvola e un'etichetta rotonda "Tubo pescante". L'utente deve essere consapevole del fatto che ha a che fare con una bombola di CO<sub>2</sub> con tubo montante.
- Le bombole di CO<sub>2</sub> con tubo montante possono essere utilizzate solo se si intende prelevare anidride carbonica in forma liquida.
- Le bombole di CO<sub>2</sub> con tubo montante non devono essere equipaggiate con un riduttore di pressione perché, a causa della caduta della pressione, l'anidride carbonica liquida si trasformerebbe in neve e bloccherebbe il riduttore di pressione, rendendolo inefficace.
- In fase di prelievo, le bombole di CO<sub>2</sub> con tubo montante devono essere messe in posizione verticale perché l'apertura del tubo ad immersione rimanga sempre sotto il livello del liquido CO<sub>2</sub>. Solo in queste condizioni quasi l'intero contenuto della bombola può essere prelevato in forma liquida.
- Da una bombola di CO<sub>2</sub> con tubo montante l'anidride carbonica viene prelevata con tutta la pressione della bombola. Pertanto, il dispositivo di prelievo deve essere resistente all'alta pressione ed essere idoneo per la CO<sub>2</sub> liquida (un sistema per bevande non è adatto in nessun caso).
- Le tubazioni chiudibili per CO<sub>2</sub> liquida devono essere equipaggiate con una valvola di sicurezza.
- Quando l'anidride carbonica liquida prelevata da una bombola a tubo montante viene espansa a pressione atmosferica si forma neve di CO<sub>2</sub>. Per questa ragione le bombole a tubo montante vengono utilizzate soprattutto per la produzione di neve di CO<sub>2</sub> (p. es. per raffreddare prodotti alimentari).
- La neve di CO<sub>2</sub> può essere pericolosa in vari sensi. Quando il getto uscente colpisce la pelle umana esiste il rischio di ustioni da freddo. Per questa ragione la pelle dovrebbe essere protetta con un abbigliamento idoneo e gli occhi con occhiali di protezione. La neve di CO<sub>2</sub> può intasare il dispositivo di prelievo. Quando un tappo di neve di CO<sub>2</sub> si allenta improvvisamente, p. es. dopo un urto contro il tubo di prelievo, tutto il liquido CO<sub>2</sub> di accumulato si espande improvvisamente. Il movimento o lo scoppio del tubo di prelievo potrebbero ferire delle persone o provocare danni materiali. **Attenzione:** Potrebbe essere difficile chiudere correttamente la valvola della bombola quando questa è gelata. Per ragioni di sicurezza occorre attendere fino a quando la valvola non si è scongelata. E' severamente vietato avvitarla sulla bombola perché, in seguito alla formazione di ghiaccio secco e di neve, questa può essere pressurizzata e durante la sua manipolazione il rischio di danni alle persone sarebbe elevato.

- Un rischio particolare può nascere quando la CO<sub>2</sub> viene utilizzata per inertizzare gas o vapori combustibili. In un flusso di miscela di gas e neve di CO<sub>2</sub>, i "fiocchi di neve" possono accumulare cariche elettrostatiche e, scaricandosi, le scintille potrebbero incendiare la miscela esplosiva di gas e aria. Per questa ragione la CO<sub>2</sub> non deve in alcun caso essere soffiata in una nuvola di gas o vapori infiammabili. Questo avviso importante vale per bombole di CO<sub>2</sub> con o senza tubo montante.

⇒ Anidride carbonica gassosa



Bombola di CO<sub>2</sub> per il prelievo gassoso (senza tubo montante)

Nel caso delle bombole di CO<sub>2</sub> senza tubo montante, l'anidride carbonica viene prelevata direttamente dalla testa della bombola. All'apertura della valvola diminuisce la pressione all'interno della bombola di gas. La CO<sub>2</sub> evapora continuamente dalla fase liquida e fuoriesce in forma gassosa.

Per l'utilizzo dell'anidride carbonica in fase gassosa vanno considerati i seguenti punti:

- Per il prelievo del gas, le bombole di CO<sub>2</sub> senza tubo montante devono essere usate con un riduttore di pressione in grado di portare la pressione al valore idoneo per la specifica applicazione.
- Per il prelievo del gas, anche le bombole di CO<sub>2</sub> senza tubo montante devono essere mantenute in posizione verticale. Da una bombola in posizione orizzontale, la CO<sub>2</sub> uscirebbe in forma liquida con conseguente intasamento del dispositivo di prelievo con neve di CO<sub>2</sub>.
- La velocità di prelievo dalle bombole di CO<sub>2</sub> senza tubo montante è limitata perché la CO<sub>2</sub> deve evaporare dalla fase liquida. A questo scopo viene assorbito il calore ambientale; questo significa che la bombola di gas e soprattutto la valvola possono congelare a causa di questo raffreddamento. Questa condizione mette a rischio il funzionamento della valvola. Per evitare ciò, quando il fabbisogno di CO<sub>2</sub> è elevato si consiglia di mettere in parallelo diverse bombole di gas oppure di riscaldare la bombola di gas con acqua calda (non superiore a 50°C). In nessun caso la bombola di gas può essere riscaldata con una fiamma.

## Accorgimenti sul posto di lavoro

E' consigliabile adottare le seguenti misure di sicurezza:

- Informare i propri collaboratori dei particolari rischi della CO<sub>2</sub>.
- I collaboratori che lavorano con applicazioni della CO<sub>2</sub> devono essere adeguatamente formati e istruiti per essere in grado di interpretare correttamente gli allarmi e diverse situazioni.
- Creazione di una descrizione dettagliata della mansione e di un'analisi dei rischi per le aree in cui si lavora con l'anidride carbonica.
- Gli impianti di CO<sub>2</sub> devono essere sempre a tenuta; le eventuali perdite devono essere immediatamente ripristinate.
- I gas CO<sub>2</sub> fuoriuscenti da un impianto applicativo o da una valvola di sicurezza devono essere evacuati all'esterno.
- Gli ambienti contenenti impianti a CO<sub>2</sub> devono disporre di una ventilazione efficace, soprattutto ai livelli bassi. Questi impianti di ventilazione devono essere periodicamente controllati e sottoposti a manutenzione.
- Negli ambienti con impianti di CO<sub>2</sub> va installato un sistema di monitoraggio e allarme anidride carbonica. I sistemi di monitoraggio e di allarme vanno controllati regolarmente; periodicamente va previsto un intervento di manutenzione a cura dell'azienda installatrice.
- In caso di improvvisa fuoriuscita di CO<sub>2</sub> occorre abbandonare immediatamente soprattutto gli ambienti bassi (pozzi, cantine) perché qui il rischio di accumulo di CO<sub>2</sub> è particolarmente elevato.
- L'accesso agli ambienti in cui si è accumulata una grande quantità di CO<sub>2</sub> è consentito solamente con l'autorespiratore. Lo stesso dicasi quando in questo ambiente delle persone sono coinvolte in un incidente ed hanno urgente bisogno di aiuto.
- Gli estintori a CO<sub>2</sub> stazionari possono essere usati a scopo di test o di intervento serio solamente se tutte le persone sono state allontanate dalla zona a rischio. Quando l'anidride carbonica può giungere in altri ambienti attraverso canali, aperture nei muri, impianti di ventilazione o di condizionamento, anche questi appartengono alle zone di pericolo.

## Considerazione finale

L'anidride carbonica in tutte le sue forme può essere utilizzata per numerosi scopi. Si tratta di utilizzarla correttamente per ottenere gli effetti desiderati ed escludere ogni genere di rischio.

Bibliografia:

- EUROPEAN INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION (EIGA) / Safety Info 24/11/E
- Schede di sicurezza Linde / 12 - La gestione dell'anidride carbonica CO<sub>2</sub>