

Gas inerti

- Il rapido rilascio di gas inerti può ridurre o eliminare la presenza di ossigeno nell'ambiente in cui ha luogo.
- L'aria che respiriamo contiene il 21% di ossigeno. Se questa percentuale decresce per un rapido rilascio di gas inerte occorre evacuare immediatamente l'ambiente perché il rischio di asfissia è molto alto.

Pericoli dei gas inerti

- Si è in **pericolo di vita** dopo:
 - 3 settimane senza mangiare
 - 3 giorni senza bere
 - 3 minuti in apnea
 - 3 inspirazioni senza ossigeno
- La sottossigenazione può essere causata:
 - Evaporazione gas liquefatti: 1 litro di N_2 produce 703 litri di gas a 25 °C e 1 bar.
 - Sfiati di tubi o serbatoi di gas
 - Travasi in prossimità di impianti di ventilazione

Sottossigenazione

I SENSI UMANI NON RILEVANO LA SOTTOSSIGENAZIONE

21% concentrazione normale dell'ossigeno nell'aria

19% sbadigli, stanchezza

14% polso rapido, malessere, vertigini

10% nausea, svenimento rapido

8% coma dopo 40 s, arresto respiratorio, morte

0% coma e arresto respiratorio dopo tre inspirazioni

Sottossigenazione

- Il tenore di O₂ presente in un ambiente può essere rilevato solo da strumenti idonei
- La sottossigenazione può portare ad una attenuazione dell'attenzione, ad una deformazione del giudizio e, in breve tempo, a lesioni cerebrali
- La perdita di conoscenza e il decesso sopravvengono senza nessun preavviso o sensazione di allarme
- I sintomi come sonnolenza, fatica, errori di valutazione possono essere mascherati da uno stato di euforia che induce un falso senso di sicurezza e benessere

Rischio di sottossigenazione

- Il rischio di sottossigenazione è presente nei seguenti casi:
 - **Spazi chiusi:** cunicoli, tombini, serbatoi etc.
 - **Spazi semichiusi:** parti interne di fabbricati, laboratori, fosse sotto i macchinari, canalette etc.
 - **Fughe di gas:** da un recipiente, da una tubazione, da una valvola, da un riduttore etc.
 - **Vaporizzazione gas criogenico**

Precauzioni gas inerti

- Precauzioni

- Se si avverte una fuga di gas
- Se si vedono vapori di freddo (umidità dell'aria che condensa)
- Se si ha un malessere
- Se un collega ha un malessere

**VALUTARE IL RISCHIO E SE SI HA UN DUBBIO
DARE L'ALLARME ED EVACUARE LA ZONA PERICOLOSA**

- In alcuni Dipartimenti sono presenti armadi con autorespiratori.
- Le maschere antigas non sono efficaci

Precauzioni gas inerti

- Il rischio è presente non appena la percentuale di ossigeno nell'aria scende sotto il 17%
- Tenute stagne: evitare fughe nell'ambiente
- Portare sfiati all'esterno
- Ventilare ambienti chiusi
- Segnalare la possibile presenza di atmosfere sotto ossigenate
- Sensori

Criogenici

- Alcune sostanze gassose a temperatura ambiente vengono liquefatte ad alta pressione per ottenere dei liquidi criogenici.
- I gas generalmente impiegati per produrre liquidi criogenici sono *azoto*, *argon*, *elio* ed *anidride carbonica*.

Criogenico	Punto di ebollizione (K)
Azoto	77
Argon	87
Elio	4
Biossido di carbonio (s)	195 (sublimazione)

Criogenici

caratteristiche e pericoli

I pericoli potenziali manipolando i criogenici derivano dalle seguenti caratteristiche:

- **sono estremamente freddi** (l'elio è il più freddo),
- **piccolissime quantità di liquido vengono convertite in grandi volume di gas** (ad esempio 1 litro di azoto liquido si espande, in condizioni standard, in circa 700 litri di gas)

Rischi nell'uso dei criogenici

- Contatto di parti del corpo con la sostanza criogenica. Si producono delle **lesioni da congelamento** che possono portare a danni permanenti.
- Riduzione della quantità di ossigeno nell'aria ambiente e conseguente rischio di **asfissia**. Questi rischi sono superiori a quelli che si hanno con i gas compressi.
- **Esplosioni** se il criogenico è contenuto in un recipiente chiuso.

Criogenici

Lesioni da congelamento

- Ogni contatto di un criogenico con la pelle o gli occhi crea dei danni dovuti al congelamento del tessuto.
- La pelle che viene a contatto con un materiale raffreddato con il criogenico ci si attacca e rimuoverla può essere molto doloroso.
- Il tessuto congelato all'inizio non fa male, ma quando si riscalda il dolore può essere molto forte e c'è il rischio di infezioni, edema e coaguli di sangue

Criogenici esplosioni

- L'evaporazione di un criogenico porta alla formazione di molti volumi di gas. Per questo i criogenici non devono mai essere sigillati in contenitori che non sopportino le grandi pressioni che si formerebbero con la loro evaporazione.
- I criogenici possono provocare la liquefazione di gas più altobollenti in contenitori sigillati che vengono raffreddati, che poi esplodono quando il contenitore raggiunge la temperatura di ebollizione del gas. Un caso tipico è quello della liquefazione dell'ossigeno (p.e. 90 K) alla temperatura dell'azoto liquido (p.e. 77 K).
- Siamo in questi casi in presenza di una BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*) senza incendio successivo.

Criogenici asfissia

- Uno sversamento di liquido criogenico con successiva (rapida) evaporazione può portare ad un abbassamento della percentuale di ossigeno con rischio di asfissia.
- Un litro di criogenico può produrre 600-1200 litri di gas.
- I criogenici non vanno utilizzati in sottosuoli, scantinati, negli ascensori ed in ambienti confinati in genere.
- Spesso negli ambienti in cui si usano criogenici vengono installati sensori di ossigeno.

Evaporazione gas liquefatti

Gas liquefatto	Densità liquido (kg · m⁻³)	Litri gas evaporato a 20 °C e 1 bar
He	125	761
H ₂	71	856
N ₂	809	703
CO	792	689
F ₂	1502	963
Ar	1393	849
O ₂	1141	869

Calcolo percentuale ossigeno

Volume stanza	$V = \text{larghezza} \times \text{lunghezza} \times \text{altezza}$ (se la stanza è un parallelepipedo)
Moli aria presenti nella stanza	$n_{aria} = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$
Volume liquido, densità liquido	V_{liq}, d_{liq}
Moli gas evaporato	$n_{ev} = \frac{V_{liq} \cdot d_{liq}}{PM}$
Percentuale ossigeno dopo evaporazione	$\% O_2 = \frac{n_{aria} \cdot 0,21}{n_{aria} + n_{ev}}$
Densità azoto (g/ml)	0,808
Densità argon (g/ml)	1,4
Densità elio (g/ml)	0,18

Criogenici

Misure di prevenzione

- **evitare il contatto accidentale** con liquidi criogenici o gas evaporati che si trovano ancora a temperature molto basse, in quanto può provocare ustioni altrettanto gravi di quelle causate da temperature elevate,
- mantenere i contenitori dei liquidi criogenici in **aree ben ventilate** in quanto, pur non essendo sostanze tossiche, possono provocare asfissia, in funzione delle dimensioni del locale.
- In funzione delle dimensioni del locale e della quantità di gas criogenico conservata può essere necessario predisporre un **rilevatore del livello di ossigeno in aria**, collegato ad un sistema di allarme

Criogenici

Misure di prevenzione

- **Non usare ascensori.**
- le operazioni di travaso dei criogenici devono essere fatte da operatori opportunamente informati sui rischi potenziali associati alla manipolazione.
- Durante le operazioni di travaso:
 - indossare i **dispositivi di protezione** idonei quali guanti resistenti al freddo e se necessario visiera o occhiali,
 - evitare ogni **contatto diretto** con le sostanze criogeniche,
 - mantenere attivo l'impianto di **areazione** o spalancare le aperture verso l'esterno